

**EL CORAZÓN HUMANO: ESTUDIO MORFOFISIOLÓGICO DE SU
ESTRUCTURA EN EL MANTENIMIENTO DE LA HOMEOSTASIS, COMO
PROBLEMA DE CONOCIMIENTO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS
NATURALES**

**CRISTHIAN GUSTAVO VALENZUELA ARAQUE
HENRY ANDRES ORTIZ GALVIS**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
BOGOTÁ, D.C.
2022**

**EL CORAZÓN HUMANO: ESTUDIO MORFOFISIOLÓGICO DE SU
ESTRUCTURA EN EL MANTENIMIENTO DE LA HOMEOSTASIS, COMO
PROBLEMA DE CONOCIMIENTO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS
NATURALES**

**Trabajo de Grado como requisito para optar por el título como Magister en
Docencia de las Ciencias Naturales**

Asesorado por:

**STEINER VALENCIA VARGAS
INGRID VERA OSPINA
ANDREA TOLEDO ARANDA**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
BOGOTÁ, D.C.
2022**

NOTA DE ACEPTACIÓN

JURADO

JURADO

AGRADECIMIENTOS

A mi compañero de tesis Cristhian Valenzuela, quien, desde su formación profesional, pero sobre todo desde su calidad como ser humano aportó demasiado en la consolidación de este trabajo. Le deseo las mejores bendiciones en su nueva etapa de padre. A mi familia, de la cual me siento profundamente orgulloso y he sentido un apoyo incondicional en todo momento. A mis amigos, quienes confiaron en que podría llevar a cabo mis metas. Al sector público, del cual fui estudiante y ahora soy docente, lo cual ha generado en mi un gran sentido de pertenencia. A mis estudiantes y sus familias, quienes aportaron con su tiempo, esfuerzo, recursos y dedicación, aun cuando no era un espacio obligatorio y estaban limitados en la contingencia sanitaria. Finalmente, y no menos importante a nuestros asesores Ingrid Vera, Steiner Valencia y Andrea Toledo quienes aportaron bastante, su dedicación y esfuerzo hicieron posible todo esto.

Henry Andrés Ortiz Galvis

Agradezco a Dios por ser mi guía, por darme la fortaleza para no abandonar este proceso, a mi esposa Natalia e hijo Samuel, por ser la inspiración para escribir cada una de estas páginas, por su apoyo y amor incondicional, a mi Madre María y Padre Jaime por su amor fraternal, por ser ejemplo de lucha digna en la vida, a mi compañero y gran amigo Henry Ortiz, por acompañarme durante más de 15 años, por su amistad, humanidad, hermandad, por ser el ejemplo de un espléndido ser humano, a mis asesores, la maestra Ingrid Vera, al profesor Steiner Valencia y la profesora Andrea Toledo, por su paciencia, entrega y dedicación, a mis estudiantes de grado tercero del Colegio San Bernardino, por motivarme, y hacerme recordar que es posible continuar soñando, finalmente, a mis amigos y a todas aquellas personas que directa o indirectamente apoyaron mi proceso de constante formación como maestro y humano.

Cristhian Gustavo Valenzuela Araque

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	9
CONTEXTO PROBLEMÁTICO	13
Concepto de organización en la comprensión del corazón humano.....	13
Comprensión de la circulación antes y después de Harvey.	15
DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	17
Dinámica del corazón como objeto de estudio en la educación Básica y la práctica docente.....	17
Reflexiones derivadas de los espacios del programa de MDCN.....	23
OBJETIVOS	27
GENERAL	27
ESPECÍFICOS	27
JUSTIFICACIÓN	28
PROCEDER METODOLÓGICO	30
Contexto de profundización.....	32
Fases de desarrollo	33
Origen y delimitación del problema de estudio	33
Fundamentación teórica en la consolidación de un cuerpo explicativo	34
Propuesta de intervención de aula – sistematización.....	36
Producción discursiva	38
PROFUNDIZACIÓN TEÓRICA	40
Elementos de orden histórico relacionados con la comprensión del corazón humano.....	40
Elementos técnicos relacionados con la comprensión del corazón humano.....	51
Dinámica del corazón, morfofisiología cardiaca	54
Problemas de conocimiento.....	84
Referentes epistemológicos.....	85
Referentes pedagógicos.....	86
Referentes didácticos:.....	87
El papel de la representación, como parte de la condición humana.....	88
La actividad experimental.....	91
INTERVENCIÓN DE AULA Y RECUPERACIÓN DE LA EXPERIENCIA.	94
Recuperación de la experiencia relatos de los estudiantes.....	100
Sesión número uno – fase uno:.....	100

Sesión número dos – fase uno:.....	111
Sesión número tres – fase dos	126
Sesión número cinco de la práctica de laboratorio en casa – fase tres	137
Análisis de los registros en el cuaderno Apuntes en el cuaderno y actividades elaboradas en las sesiones.....	142
Sesión seis – Fase Tres	142
Sesión siete infografías – fase tres.....	146
Sesión ocho – Fase cuatro.....	150
PRODUCCION DISCURSIVA	156
El papel de la profundización teórica en la actividad del maestro de ciencias ..	156
La dinámica del corazón como problema de conocimiento y su aporte en la enseñanza de las ciencias.	157
La recuperación de la experiencia y el rol del docente de ciencia	160
Limitantes y recomendaciones para el desarrollo de intervenciones en el aula centradas en la dinámica del corazón	162
BIBLIOGRAFÍA	165
ANEXOS	170

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Imagen 1 Representación modelo de la circulación sanguínea.....	43
Imagen 2 Ilustración de los experimentos sobre la dirección del flujo sanguíneo.	50
Imagen 3 Representación grafica ubicación en la cavidad torácica del corazón, .	55
Imagen 4 Fotografía de la cavidad pericárdica.....	56
Imagen 5 Diagrama sobre la relación anatómica de las capas del corazón.	57
Imagen 6 Fotografía de las arterias coronarias.	58
Imagen 7 Ilustración de la cara anterior del corazón.....	59
Imagen 8 lados derecho e izquierdo del corazón separados artificialmente.	61
Imagen 9 Fotografía del corazón humano.....	63
Imagen 10 Representación grafica de la disposición del esqueleto fibroso.....	64
Imagen 11 Fotografía corte sagital de la pared posterior del ventrículo izquierdo	66
Imagen 12 Representación del Esqueleto fibroso del corazón.....	67
Imagen 13 Fotografía de la disección de la aurícula izquierda.....	69
Imagen 14 Fotografía de la disección del corazón de cerdo vista superior.....	70
Imagen 15 Micrografía corte longitudinal del músculo cardíaco humano.....	71
Imagen 16 Ilustración del corazón y el sistema de conducción eléctrico.....	75
Imagen 17 Ilustración de la organización del nódulo auriculoventricular (AV).	77
Imagen 18 Representación de la transmisión del impulso cardíaco en el corazón	80
Imagen 19 Captura de pantalla de la grabación de la sesión.	101
Imagen 20 Nombres de algunas aplicaciones para la medición de la FC.....	105
Imagen 21 Grafica sobre los valores de la frecuencia cardiaca en reposo.	108
Imagen 22 Fotografía tomada durante la ejemplificación de la actividad.....	112
Imagen 23 GIF sobre el proceso ventilatorio.....	115
Imagen 24 GIF de la representación del corazón en sístole y diástole.....	120
Imagen 25 Fotografía de un neonato con la periferia bucal levemente azul.....	122
Imagen 26 Captura de pantalla en la que se representan vasos sanguíneos.....	125
Imagen 27 Fotografía de una arteria con un proceso aterosclerótico.	127
Imagen 28 Representacion de los recorridos circulatorios arteriales y venosos.	130
Imagen 29 GIF de un ecocardiograma transtorácico.....	132
Imagen 30 Ecocardiograma transtorácico.....	133
Imagen 31 Representación de la patología congénita Tetralogía de Fallot.....	135
Imagen 32 Práctica de laboratorio disección del corazón de pollo.	140
Imagen 33 Representación de los recorridossanguíneos con hilos de colores..	141
Imagen 34 Fotografías de los cuadernos.....	143
Imagen 35 Fotografía cuaderno estudiante.Representación gráfica válvulas.	144
Imagen 36 Modelo en plastilina.....	145
Imagen 37 Modelo en plastilina del proceso de hematosis.....	146
Imagen 38 Extracto de las infografías.....	147
Imagen 39 Fotografías infografías concepto de homeostasis.....	149
Imagen 40 Mapa corporal.	151
Imagen 41 Mapa corporal corazón y pulmones.....	153

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de documentos de referencia propuestos por el MEN.	21
Tabla 2. Flujograma del proceder metodológico del trabajo de grado.	31
Tabla 3. Flujograma organización de la propuesta de intervención de aula	98

INTRODUCCIÓN

El trabajo que se presenta a continuación titulado “El corazón humano: estudio morfofisiológico de su estructura en el mantenimiento de la homeostasis, como problema de conocimiento en la enseñanza de las ciencias naturales” emerge del interés particular de sus autores, el cual es permeado por las prácticas y experiencias en el aula, así como de las discusiones, reflexiones y problematizaciones que surgen en cada uno de los seminarios que componen el programa de Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales de la Universidad Pedagógica Nacional.

El programa de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales, es el escenario donde las formas particulares de relacionarse, entender y explicar la realidad, se reconfiguran desde la problematización de la naturaleza y los fenómenos que en ella se dan, la interacción que propician los espacios académicos, termina enriqueciendo la forma en la que los autores como sujetos de conocimiento innovan su quehacer y ser como maestros desde las relaciones con la ciencia, el lenguaje y el conocimiento.

Es precisamente este escenario social y cultural de interacción, junto con las prácticas, experiencias en el aula y motivaciones particulares de cada autor, lo que posibilita la construcción de una problematización sobre el corazón y su dinámica en el mantenimiento de la homeostasis, desde la profundización, teórica, histórica y epistemológica de los principales elementos que permiten la comprensión de aspectos de orden morfofisiológico, que hacen del corazón un objeto de estudio y conocimiento en las ciencias naturales.

Teniendo en cuenta estas particularidades la problemática de este trabajo de profundización es: *¿Cuáles son las condiciones técnicas y teóricas que permiten la comprensión y explicación del corazón humano como una estructura dinámica que favorece la homeóstasis?*

Este problema es la emergencia del estudio sistémico que se realiza de las políticas públicas en educación, en las cuales se excluye la actividad del corazón, como una función integradora de los organismos, pero también surge de la reflexión en torno a las prácticas de aula, en las cuales el corazón para los

estudiantes es un órgano que se ubica en el pecho, bombea sangre y generalmente no sufre modificaciones estructurales, es decir se mantiene estático e inmutable en el tiempo.

Para desarrollar el problema central del presente trabajo, se realiza un capítulo de profundización teórica desde cinco ámbitos, dos de corte disciplinar y tres pedagógicos, los cuales se resumen a continuación:

El primer eje es **el corazón como un objeto de estudio** para la biología, en el cual se reflexiona sobre los elementos históricos, técnicos, teóricos y epistemológicos que hacen del corazón una estructura de múltiples relaciones, que favorece la homeostasis.

El segundo ámbito se titula **morfofisiología cardíaca**, en el cual se realiza una documentación y reflexión de la morfología, interna y externa del corazón, en la que se abordan elementos que permiten establecer relaciones morfológicas y fisiológicas con otras estructuras, en este ámbito se abordan elementos histológicos, que posibilitan entender la estructura y función de las células del tejido cardíaco. Por otra parte, en este ámbito se establecen relaciones de interdependencia entre el corazón con otras estructuras, resaltando su importancia en la homeostasis del organismo.

En la profundización disciplinar y pedagógica se configura como **eje central a los problemas de conocimiento** concebidos como una categoría a través de la cual se pone de manifiesto elementos como la experiencia y su reconfiguración en el aula, esta última entendida como, un sistema de relaciones a partir de la cual el docente se percibe como agente transformador que posibilita las condiciones necesarias que le permiten al estudiante construir conocimiento a partir de la problematización de diferentes objetos de estudios. En la cual docente - estudiante se ven mutuamente influenciados enriqueciendo constantemente sus procesos a través del diálogo, el análisis, la controversia y reflexión en el aula.

Lo anterior representa los elementos centrales del análisis de los problemas de conocimiento, sin embargo, se entiende que los problemas de conocimiento

poseen muchos más elementos de análisis que permiten apreciar la enseñanza de la ciencia como un proceso dinámico y complejo.

El cuarto eje es **el papel del experimento en la enseñanza de las ciencias naturales**, donde el fenómeno se reconfigura en tanto el sujeto modifica las formas de comprenderlo. En este sentido el experimento se concibe como la posibilidad de construir conocimiento desde la problematización, manipulación y reordenamiento del fenómeno en sí mismo, de una manera guiada, sin que por ello se limiten las posibilidades de los estudiantes a preguntarse, indagarlo y explorarlo de formas alternativas, a las inicialmente propuestas. Desde los problemas de conocimiento el experimento es uno de los elementos de orden pedagógico (didáctico) que le permite al docente construir condiciones de aula para que el estudiante construya explicaciones que le permitan relacionarse y comprender el fenómeno.

El quinto eje de análisis es **el concepto de "representación"**, el cual de acuerdo a Hacking (1996), puede ser entendido como un elemento central de la condición humana. Es desde las representaciones que se puede interpretar la manera en la que los estudiantes pueden entender y relacionarse con el mundo, reconstruyendo y resignificando sus experiencias en la producción de conocimiento.

Esta profundización teórica, junto con la construcción del proceder metodológico y el contexto de origen, permiten la configuración de una propuesta de aula titulada ***inmersos en la dinámica del corazón, un viaje por la morfofisiología cardiovascular***, implementada de forma virtual en ocho sesiones de clase, gracias a la participación de un grupo de 12 estudiantes pertenecientes a grado séptimo del Colegio Integrado de Soacha Cundinamarca. Esta propuesta se incluye junto con la reconstrucción de la misma en un capítulo mixto, que integra la propuesta de aula, la reconstrucción y sistematización de la experiencia.

Lo anterior permite la emergencia del capítulo denominado producción discursiva, en la cual se reflexiona no sólo sobre las limitaciones y alcances del presente trabajo, también se realizan cuestionamientos sobre: 1. El papel de la profundización teórica en la actividad del maestro de ciencias. 2. La dinámica del

corazón como problema de conocimiento y su aporte en la enseñanza de las ciencias. 3.La recuperación de la experiencia y el rol del docente de ciencia. 4.Limitantes y recomendaciones para el desarrollo de intervenciones en el aula centradas en la dinámica del corazón, en donde se realizan ciertas conclusiones generadas a partir del análisis y reflexión del proceso llevado durante el trabajo de grado, dentro de lo cual se destaca la comprensión del fenómeno viviente, desde el corazón como objeto de conocimiento, así como el valor cultural del conocimiento, como constructo colectivo, el papel de las representaciones en la comprensión de lo vivo y por último, la necesidad de configurar propuestas de aula que problematicen la naturaleza, y establezcan relaciones alternativas con el conocimiento.

CONTEXTO PROBLEMATÍCO

Considerar al corazón como un objeto de estudio en la Biología, implica reflexionar y abordar aquellos elementos que le permitieron a la ciencia comprender el fenómeno viviente a partir de, su estructura, funcionamiento y relación con el ambiente, es decir, poner en práctica el concepto de organización en la comprensión de los organismos.

El corazón, es sin lugar a dudas una de las primeras estructuras internas de las cuales un individuo toma conciencia tempranamente, la respuesta a las presiones ambientales por parte del organismo, hacen evidente su constante e incesante actividad por medio de nuestros sentidos, su actividad es signo de vida, sin ella la vida del organismo, acabaría paulatinamente.

Es por ello que configurar al corazón como un objeto de estudio y conocimiento, permite no solo reconocer su morfología y fisiología, sino que también, posibilita entender y reflexionar en la actividad del corazón desde las interdependencias que se dan al interior de los organismos, es decir, el corazón y su actividad son fundamentales para el mantenimiento de la vida, pero, su actividad depende de la integridad funcional y morfológica de otras estructuras.

A continuación, se mencionan brevemente algunas de las condiciones históricas y epistemológicas que hacen del corazón y su actividad, un objeto de conocimiento y estudio en las Ciencias Naturales.

Concepto de organización en la comprensión del corazón humano

Haciendo una revisión al trabajo de Jacob (1999) “la lógica de lo viviente” se plantean elementos de corte histórico y epistemológico que, le han permitido a la ciencia entender a los seres vivos y la dinámica del corazón, como eje fundamental de su organización. Es así como se resalta el estudio de la estructura, la función, el ambiente y la unidad estructural.

En el primer elemento relacionado con la estructura, se debe mencionar que, a principios del siglo XVIII, momento en el cual la comprensión de lo vivo está

fuertemente influenciada por la física, se emplea la expresión "seres organizados" para referirse a los seres vivos, su comprensión radica en el ordenamiento de las partes que componen a estos seres organizados bajo una fuerza de atracción que permite mantener unida la estructura general. En palabras de Bonnet citado por Jacob (1999)

las fibras menores, pueden contemplarse como máquinas infinitamente pequeñas que tienen una función propia. La máquina entera, la gran máquina, resulta del conjunto de un número prodigioso de maquinillas, cuyas acciones son todas concurrentes o convergen hacia una meta común (p.57).

Esta aproximación mecanicista en la comprensión de los seres vivos le da un lugar privilegiado a las partes que componen a los organismos, sin embargo, no se contempla el vínculo que comparten en composición, función e interacción, de lo cual emergen características que van más allá de juntar estos elementos.

En la segunda mitad del siglo XVIII se da relevancia a las funciones, de acuerdo con Jacob (1999) "al analizar los cuerpos vivos no solo son importantes los órganos accesibles a la observación, sino también la forma en que se articulan entre sí, (...) si la respiración es siempre combustión, todo ser vivo debe poder procurarse oxígeno."(p.61). Es desde esta visión que la estructura visible se complementa con la comprensión de la función que cumplen las estructuras (de manera individual y en conjunto), en este punto la forma, ubicación y tamaño de las estructuras tienen una razón de ser desde la función que cumplen en el mantenimiento del organismo.

Posteriormente se considera al ambiente como un elemento fundamental en las dinámicas de los organismos, según Jacob (1999) "para que un ser se mantenga vivo, para que respire y se alimente, es necesario que se establezca un acuerdo entre los órganos encargados de estas funciones y las condiciones exteriores" (p.63). En este punto, la comprensión de los organismos trasciende los límites de la membrana y se extiende a su ambiente, con el cual mantiene una dinámica que le permite interactuar con múltiples elementos necesarios para su mantenimiento.

Finalmente, la unidad estructural, el elemento que reúne todas las características de lo vivo, presente en cada organismo, representa uno de los avances más

significativos en la comprensión de los organismos, de acuerdo a Jacob (1999) "lo que le confiere a un órgano sus propiedades ya no es solo su forma, es ante todo la naturaleza, la especificidad del tejido que lo constituye" (p.78). En este punto los seres vivos se entienden como un complejo sistema donde sus elementos comparten un estrecho vínculo desde su unidad estructural, función e interacción con elementos que inciden en él y que se encuentran en el ambiente, todo ello le confiere al organismo ciertas propiedades emergentes que lo complejizan.

Es a partir de este recorrido histórico en la comprensión de los seres vivos que surgen ciertos interrogantes que permiten asociar al corazón humano como una estructura vinculante en la comprensión del organismo en su conjunto.

Algunas de estas son: ¿Qué características de estructura, composición, y organización en general le confieren al corazón un rol determinante en el mantenimiento del organismo?, ¿Cómo entender al organismo en su complejidad a partir de las características particulares del corazón?, ¿De qué forma las condiciones del ambiente inciden en el funcionamiento y organización del corazón? Jacob (1999) menciona que "lo esencial se encuentra en lo profundo, en tanto, lo secundario se sitúa en la superficie (...) el corazón de la organización prácticamente no puede variar, porque para modificarlo hay que cambiarlo todo, hay que reemplazar este plano por otro (p. 77) El corazón tiene una importancia tal para el organismo que un cambio en el, implica su reordenamiento en conjunto.

Comprensión de la circulación antes y después de Harvey

La comprensión del corazón y la circulación tienen un antes y un después, teniendo en cuenta los aportes del médico inglés William Harvey (1578-1657), quien a través de la experimentación se atrevió a cuestionar los postulados galénicos, los cuales fueron ampliamente aceptados en su momento y cubrieron las necesidades explicativas a los cuestionamientos planteados por la ciencia, sin embargo, presentan ciertos inconvenientes que fueron refutados por Harvey.

De acuerdo con Escobar (2006) en la doctrina galénica se afirma que los alimentos después de la cocción en el estómago, en el hígado se transforman en sangre. Una parte es distribuida por las venas para convertirse en sustancia viva (parenkhima) y otra parte es llevada al corazón, el cual cumple la función de convertir esa sangre hepática en sangre espirituosa a través del calor innato producido por el corazón. En este momento histórico, la comprensión del corazón se basaba en la contemplación de los postulados más que en su refutación.

En su momento Harvey pone de manifiesto algunas incongruencias que a su modo de ver tiene la doctrina médica galénica al momento de explicar la circulación y el papel del corazón en este proceso. De acuerdo con Micheli (2005), citando el Ensayo anatómico sobre el movimiento del corazón y la sangre en animales, Harvey menciona que:

Si se supone que el ventrículo izquierdo aloja únicamente dos onzas de sangre, y que la frecuencia del pulso fuera de 72 por minuto, en una hora dicho ventrículo habría inyectado en la aorta aproximadamente 540 libras de sangre. Pero los animales tienen, cuando mucho, unas cuantas libras de sangre en el cuerpo; habría que preguntarse, entonces, ¿de dónde provenía esa sangre y adónde iba? (p.237)

El anterior fragmento del ensayo evidencia los avances derivados del trabajo de Harvey en términos experimentales y cuantificables. Por un lado, la experimentación, disección y manipulación de animales, le permitió cuestionar los postulados galénicos que estaban tan arraigados en la ciencia y en las explicaciones de medicina y fisiología.

Las reflexiones alrededor de la comprensión de la circulación y el corazón desde Galeno y Harvey, permite plantearse preguntas como: ¿Cuál es el papel que juega la experimentación en la comprensión del corazón como una estructura interdependiente en los organismos?, ¿Qué tipo de condiciones se pueden establecer para promover el análisis del corazón desde múltiples enfoques que permitan ampliar el conocimiento del fenómeno viviente?

Como se resalta en párrafos anteriores y desde el análisis de algunas de las condiciones históricas y epistemológicas que configuran al corazón como un

objeto de conocimiento y de estudio en las ciencias naturales y particularmente en la biología, se puede inferir su importancia en la construcción de explicaciones sistémicas, sobre el fenómeno viviente, es así que se plantea, la configuración del corazón, como un objeto de estudio en la educación básica en Ciencias Naturales, teniendo como referente la política pública, que orienta la construcción de currículos en las instituciones del país.

DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Para la construcción de un contexto problémico, que dibuje las preocupaciones y motivaciones que llevan a pensar en el corazón como un objeto de conocimiento, se parte inicialmente del análisis de las políticas públicas en Colombia y la posterior reflexión de los aportes del programa de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales, en las formas de relacionarse, comprender y resignificar el conocimiento desde la práctica del maestro como intelectual.

Dinámica del corazón como objeto de estudio en la educación Básica y la práctica docente

Dando continuidad a lo anterior, es importante mencionar que la indagación que se realiza de los documentos de referencia y su relación con el corazón, se presenta inicialmente desde definiciones concretas de cada cuerpo documental junto con las temáticas que abordan en cada nivel y posterior a esto, se construye un análisis de la relación entre los documentos y el corazón como objeto de conocimiento, buscando construir un marco de referencia que no solo permita la crítica de estas políticas, sino que posibilite futuros planteamientos que las enriquezcan, ya que finalmente la enseñanza de las ciencias es una acción cultural, que se construye desde los encuentros y desencuentros de las formas de relacionarse e interpretar el mundo.

Posteriormente, se mencionan algunos elementos los cuales invitan a pensar en el corazón como un órgano que a diferencia de lo que se suele creer en el aula, se aleja totalmente de la inmutabilidad, el cual se modifica y remodela como

consecuencia de la interacción entre los flujos sanguíneos¹, las presiones ambientales, las actividades que se desarrollan en la cotidianidad, de las cuales depende el mantenimiento y desarrollo de los organismos.

Dentro de los Derechos Básicos de aprendizaje DBA² el corazón no aparece de manera textual en ninguno de los niveles, aunque, en el grado quinto la temática central es la nutrición, su relación con órganos y sistemas como el digestivo, circulatorio y respiratorio, se infiere que estos buscan la construcción de explicaciones y la comprensión de la nutrición **como un proceso de relaciones**, de igual forma para grado octavo el DBA número cuatro se plantea el análisis de las relaciones entre los sistemas de órganos (excretor, inmune, nervioso, endocrino, óseo y muscular) con los **procesos de regulación** de las funciones en los seres vivos.

Por otra parte, los Estándares Básicos de Competencias y de manera muy similar a los DBA no nombran de manera explícita el corazón y proponen que en los niveles de cuarto y quinto grado el estudiante **represente** los diversos sistemas de órganos del ser humano y **explique su función**, para los niveles de sexto y séptimo se espera que los estudiantes expliquen las funciones de los seres vivos desde las **relaciones entre los diferentes sistemas de órganos**. Ministerio de Educación Nacional (2007).

Continuando con el análisis preliminar de los documentos de referencia, es necesario dar un breve vistazo a los lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales, los cuales buscan orientar criterios nacionales sobre la construcción de los currículos.

De esta forma, en palabras del Ministerio de Educación Nacional (1998) se propone que para cuarto, quinto y sexto los siguientes núcleos teóricos, procesos

¹ En este sentido es importante mencionar que, al hablar del flujo sanguíneo, también se hace referencia a las sustancias que se encuentran presentes en él, como, por ejemplo, glúcidos, minerales, lípidos, entre otros.

² Para los autores son entendidos como un documento que busca e intenta que independientemente del contexto los estudiantes tengan la posibilidad de acceder a unos mínimos en relación a las Ciencias Naturales, estos según las motivaciones propias de los maestros, los instrumentos y los recursos disponibles serán profundizados en mayor o en menor medida.

vitales y organización de los seres vivos, así como, la **identificación de algunos sistemas** (órganos y aparatos) de los seres vivos y la función que ellos cumplen.

Por otra parte, para los grados de séptimo, octavo y noveno se abordan los siguientes núcleos temáticos: respiración, excreción, crecimiento, nutrición, reproducción, fotosíntesis, los de intercambio de materia y energía de un sistema con su entorno: homeóstasis y metabolismo. **El sistema nervioso y el sistema endocrino como sistemas integradores del organismo.**

Finalmente, se analizan las Matrices de referencia ICFES de ahora en adelante MDRI, las cuales plantean la evaluación desde el análisis de las competencias y componentes desarrolladas en el área de Ciencias Naturales, a continuación se mencionan las evidencias de aprendizaje que pueden guardar relación, aunque no explícita con el corazón en cada nivel, ordenadas de la siguiente forma por el ICFES, (2015) para grado quinto: comprende que los seres vivos dependen del **funcionamiento e interacción de sus partes**, para grado séptimo: establece relaciones entre los órganos de un sistema y entre los sistemas de un ser vivo para el **mantenimiento** de una función vital (nutrición, respiración, circulación, fotosíntesis), para grado noveno: analizar el funcionamiento de los seres vivos en términos de sus estructuras y procesos. Finalmente, para el grado once: analiza la dinámica interna de los organismos y da razón de cómo funcionan sus componentes por separado y en conjunto para **mantener** la vida en el organismo.

Es así como, desde la práctica en el aula y los documentos de referencia, es evidente que estos intentan orientar la construcción del currículo en las instituciones del país, y aunque buscan en lo posible que todos los estudiantes tengan la posibilidad de acceder a unos mínimos independientemente de la innegable desigualdad que se presenta en la distribución de los recursos dentro del territorio³.

³ Desigualdad que fue visible durante el evento pandémico ocasionado por el virus SARS-COV2, durante el año 2020 y el cual se extiende inclusive en la actualidad del año 2022.

Por otra parte, como se observa en la tabla 1, los contenidos que se abordan en los niveles de 4° a 11° están orientados según los documentos de referencia, nombrándose de forma recurrente a la comprensión de funciones e interacciones entre sus partes, se puede observar que los Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales para los niveles de 7° a 9° menciona una serie de funciones vitales y excluye a la circulación, mientras que el ICFES la incluye dentro de las funciones vitales evaluadas para este nivel y otros posteriores, lo cual permite afirmar que en este nivel se rompe paulatinamente con la linealidad y relación que buscan los documentos.

G	DBA	EBC	LCCN	MDRI
4°		Represento los diversos sistemas de órganos del ser humano y explico su función.	Procesos vitales y organización de los seres vivos: Identificación de algunos sistemas (órganos y aparatos) de los seres vivos y la función que ellos cumplen: las partes de una planta; los sistemas digestivo, respiratorio, reproductor, etc., en personas y animales.	
5°	Comprende que en los seres humanos (y en muchos otros animales) la nutrición involucra el funcionamiento integrado de un conjunto de sistemas de órganos: digestivo, respiratorio y circulatorio			Comprende que los seres vivos dependen del funcionamiento e interacción de sus partes.
6°		Explico las funciones de los seres vivos a partir de las relaciones entre diferentes sistemas de órganos.	Diversos niveles de organización de los seres vivos y la célula como el mínimo sistema vivo. Los procesos vitales : respiración, excreción, crecimiento, nutrición, reproducción, fotosíntesis. Los procesos de intercambio de materia y energía de un sistema con su entorno: homeóstasis y metabolismo. El sistema nervioso y el sistema endocrino como sistemas integradores del organismo. El conocimiento de los sistemas y su fisiología al servicio de la salud.	
7°				Establece relaciones entre los órganos de un sistema y entre los sistemas de un ser vivo para el mantenimiento de una función vital (nutrición, respiración, circulación, fotosíntesis).
8°	Analiza relaciones entre sistemas de órganos (excretor, inmune, nervioso, endocrino, óseo y muscular) con los procesos de regulación de las funciones en los seres vivos.			
9°				Analizar el funcionamiento de los seres vivos en términos de sus estructuras y procesos
11°				Analiza la dinámica interna de los organismos y da razón de cómo funcionan sus componentes por separado y en conjunto para mantener la vida en el organismo.

Tabla 1. Matriz de documentos de referencia propuestos por el ministerio de educación nacional de Colombia junto con el instituto colombiano para la evaluación de la educación - ICFES.

En este nivel los lineamientos proponen al sistema nervioso y endocrino como sistemas integradores del organismo, excluyendo nuevamente al sistema circulatorio, lo cual invita a preguntarse por la manera en que estos sistemas obtienen sustancias que permiten su mantenimiento y regulación, así como, la forma en que se transportan las sustancias de desecho producto de los procesos metabólicos e incluso la forma en que hormonas endocrinas⁴ se transportan por el cuerpo, según lo anterior ¿es posible hablar de sistemas integradores excluyendo a la circulación y a la actividad cardiaca que permite el flujo de las sustancias por el sistema vascular? ya que como se verá a continuación, no se puede hablar de la circulación sin el corazón y del corazón sin la circulación, ya que son interdependientes de su actividad.

Es así como, se torna problemático hablar del corazón como una estructura que permite la comprensión y construcción de explicaciones de los organismos como unidades homeostáticamente estables⁵, en este sentido y como se evidencia en el anterior ejercicio de revisión de los documentos de referencia, se busca la comprensión de los organismos desde la interacción de algunas de sus partes, dejando de lado otros sistemas, pero además, no se plantea de forma directa a los sistemas, como la emergencia de múltiples relaciones complejas que permiten mantener al organismo en un rango de equilibrio dinámico, lo cual significa que presentan cambios, varían a lo largo del tiempo, se modifican, se reestructuran y se mantienen alejados de la inmutabilidad.

Por otra parte, la escuela busca la interacción entre los conocimientos cotidianos o tradicionales con los conocimientos científicos y es que la base de estos últimos se remonta a su raíz más cotidiana y ancestral, la cual está nutrida de una multiplicidad de dudas que posibilita la construcción de diversas

⁴ Es importante mencionar que, aunque se hablen de hormonas autocrinas y paracrinas, apoyado en Müller (2004) el sustento de las células y los tejidos es posible gracias al líquido extracelular que tiene como origen la circulación de sustancias por el sistema vascular gracias a la acción del corazón.

⁵ Por homeostasis no se hace referencia a uno de los usos que antiguamente se le daba al término, como característica de superioridad, o sinónimo de evolución, es interesante mencionar en su estudio de los mamíferos, y citando a Hill y otros (2004) quienes explican como Cannon lo implementaba para clasificar a los animales utilizando los grados de homeostasis y su complejidad, es decir la homeostasis era un signo de vida muy evolucionada. Sin lugar a duda los aportes de Cannon fueron de gran importancia en la construcción de la explicación sobre la homeostasis ya que la caracterizaba como los procesos fisiológicos coordinados que mantienen la mayoría de los estados del organismo "constantes", es precisamente en este, que se hará referencia junto con otras explicaciones que históricamente se realizaron sobre esta.

explicaciones las cuales potencian la forma en que los individuos se relacionan con la realidad y el conocimiento.

Es así como se plantea que a partir del estudio del corazón como objeto de conocimiento, los estudiantes se alejen de un conocimiento teórico que por lo general está establecido, posiblemente acabado y en ocasiones no da lugar a las preguntas, ni a las subjetividades y se relacionen con el conocimiento científico desde su experiencia, la forma en que conciben la realidad, su conocimiento cotidiano y preguntas, en este sentido, se busca que el corazón sea aquel punto de partida del cual divergen explicaciones sobre la vida y convergen reflexiones sobre las interacciones que se dan en el organismo.

Finalmente se cree pertinente desde la revisión y análisis de los documentos de referencia, aplicar el presente trabajo con estudiantes de grado séptimo, ya que para este grado se puede abordar la comprensión del cuerpo humano desde el estudio del corazón como objeto de conocimiento.

Reflexiones derivadas de los espacios del programa de MDCN

Configurar al corazón como objeto de conocimiento para las Ciencias Naturales y particularmente para la educación básica, requiere de la reflexión constante de las relaciones que se dan entre los sujetos y el conocimiento, es así como a continuación, se mencionan algunos aportes de los seminarios que configuran el programa de Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales y que permiten el paulatino posicionamiento del corazón como objeto de conocimiento.

Uno de los primeros aportes es el papel de la escuela en la construcción y reconfiguración de los modos particulares de relacionarse con el conocimiento. En ocasiones se piensa que la escuela es un lugar físico, tangible y aparentemente definido por límites estructurales de su planta física, el cual contiene salones, escritorios, tableros y laboratorios, pero en realidad sus límites si es que los hay, trascienden de este lugar, la escuela y particularmente el aula es el lugar de interacción entre el contexto familiar y social, donde los estudiantes, maestros, padres de familia y todo aquel sujeto que se relacione

con ella, aportan experiencias e interpretaciones construidas en su devenir histórico individual y colectivo que permiten la configuración de conocimiento.

Desde las construcciones realizadas en los seminarios de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales, el aula se concibe como un sistema de relaciones en el que convergen diferentes interpretaciones de la realidad y el conocimiento, esta interpretación no solo está mediada por la experiencia sensible y la traducción que realiza la mente de ella, también incide el contexto de cada individuo que conforma a la escuela, es decir, el aula se configura como un espacio tangible o intangible, de interacción de contextos, saberes y experiencias.

El aula, como sistema de relaciones, implica la construcción de prácticas que le permitan al estudiante y al maestro, cuestionar, indagar y reflexionar sobre lo que conoce, este espacio, se constituye desde la confrontación, los encuentros y desencuentros entre sus actores. En este sistema, el conocimiento que cada sujeto posee, se reconfigura desde la diversidad de interpretaciones y traducciones de la realidad que se tienen en el grupo, el aula dota de connotaciones sociales al conocimiento y a la ciencia en la escuela.

Pensar en el conocimiento y en la manera en que los demás conocen, se puede tornar un ejercicio que, aunque emocionante, presenta innumerables retos, ya que cada sujeto conoce desde las formas tempranas en las que se relaciona con el mundo y posteriormente las reestructura, desde la experiencia y las interacciones con el otro.

Hablar del conocimiento implica intentar comprender la relación entre la experiencia y la realidad, es por esto que, a continuación, se abordarán algunos elementos que se pueden considerar estructurantes de la experiencia y la realidad.

La experiencia puede ser tomada desde diferentes puntos de vista, tanto como un constructo individual, como colectivo, pero que sin importar la situación siempre estará constituida desde la interacción directa o indirecta con el otro, es

decir, aunque no se tenga una interacción directa o cercana con otro ser vivo, los sentidos permiten analizar las formas en que los organismos se relacionan con el ambiente, basta con ver un animal consumir una planta y que al poco tiempo este muera para decidir no comerla.

En este sentido, la experiencia posibilita la supervivencia o el éxito en ciertas actividades, pero también se puede convertir en hábitos concretos y prácticos que ayudan a la solución de situaciones cotidianas, sin preguntarse en algunos casos, por los factores que llevan a tal éxito, puesto que como afirma Bachelard (1987), al no sufrir crítica alguna estas experiencias pasan sin tamizar a convertirse en verdades primarias frente a las que es imposible crear nuevos conocimientos que vayan en contra de las mismas.

Por otra parte, la realidad puede ser analizada como la forma en que se interpreta desde los sentidos diferentes elementos que la componen, en términos de Morin (1994) lo que se ve del mundo son representaciones, conceptos, ideas, teorías y finalmente la realidad es una traducción del mundo. También puede ser vista como la relación que tienen los sujetos con ella, es decir, la experiencia media en los modos en que los individuos y las sociedades se relacionan e interpretan determinado elemento que compone el ambiente y por ende la realidad.

Es por esto, que hablar de la realidad implica pensar en las formas en que el otro y desde su experiencia, observa, interpreta, traduce, representa y dota de significados los elementos de su realidad.

Se cree que este espíritu científico se puede construir en el aula desde varias aproximaciones y perspectivas, pero en este trabajo se resalta la importancia de los problemas de conocimiento, como ejercicio de pensamiento complejo, el cual a partir de la relación sujeto-objeto y como contraposición a las miradas reduccionistas y mecanicistas que suelen considerar los fenómenos naturales como hechos aislados⁶, busca en términos de Valencia y otros (2003) la

⁶ Al igual que sucede con el corazón al ser visto como aquel órgano estático e inmutable, pero el cual, en realidad, se remodela en respuesta a variaciones que pongan en riesgo el mantenimiento de la homeostasis del organismo.

constitución de una dimensión renovada en la que adquieren sentido nociones como las de relación, emergencia y sistema.

En este sentido, se busca que, a partir de los problemas de conocimiento, junto con el aula como sistema de relaciones, no solo permita la interacción de contextos, saberes, experiencias y subjetividades que surgen desde el devenir histórico individual y colectivo de su relación con la realidad, sino que también posibilite la construcción de conocimiento y espíritu científico. Ya que como lo explica Valencia y otros (2003) los problemas de conocimiento ponen en juego diferentes estrategias para construir explicaciones a situaciones del mundo natural y social; dichas estrategias se pueden describir en términos de: el cuestionamiento de la experiencia básica, la artificialización del mundo natural y la complejización de las relaciones.

Por lo tanto, se espera que, con el actual trabajo, la profundización teórica sobre el corazón, así como las rutas o actividades que se plantean más adelante, permitan la construcción de conocimiento y espíritu científico, en relación al corazón como objeto de conocimiento, y como una estructura que favorece la homeostasis.

Partiendo de la anterior revisión de los documentos de referencia, los aportes de del programa en Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales, y los intereses particulares de los autores se configura la siguiente pregunta problema.

¿Cuáles son las condiciones técnicas y teóricas que permiten la comprensión y explicación del corazón humano como una estructura dinámica que favorece la homeóstasis?

OBJETIVOS

GENERAL

Documentar histórica y disciplinariamente las condiciones técnicas y teóricas que permiten la comprensión y explicación del corazón humano como una estructura dinámica, que favorece la homeóstasis.

ESPECÍFICOS

- Determinar las condiciones técnicas y teóricas que permiten la comprensión y explicación del corazón humano como una estructura dinámica.
- Caracterizar las relaciones de orden estructural y funcional del corazón humano que favorecen la homeóstasis.
- Diseñar, implementar y sistematizar una intervención en el aula acerca de la dinámica del corazón humano y sus relaciones funcionales y estructurales con otros órganos y sistemas.

JUSTIFICACIÓN

Basta con observar las estadísticas de las principales causas de muerte a nivel mundial, para sorprenderse del gran porcentaje de seres humanos que mueren diariamente por eventos cardiovasculares, los cuales en su mayoría son el resultado de una vida llena de excesos y desbalance, sin desconocer, claro está, el gran número dentro de este porcentaje, que presenta enfermedades congénitas que acaban o deterioran la vida del organismo en muy tempranas edades.

Paralelamente, en la escuela y en particular en los niveles iniciales, es evidente la curiosidad innata de los estudiantes por la actividad del corazón, es habitual escuchar en los patios y pasillos de las escuelas, las expresiones no puedo más, siento el corazón acelerado, se me va a salir del pecho, o estoy nervioso. La vida es percibida entonces por los sentidos, al sentir los cambios en la actividad cardíaca, se toma conciencia nuevamente de la vida.

Al avanzar por cada nivel escolar, se hace evidente particularmente desde la experiencia en el aula de los autores del presente trabajo, que esta curiosidad se detiene paulatinamente, la información que los circunda y las dinámicas cotidianas que los envuelve, termina transformando al corazón en un órgano, que se ubica en el pecho, que es estático e inmutable y que solo se infarta sino se come bien, desconociendo los eventos *in situ* y sistémicos que implica un proceso isquémico de este tipo.

Basta con documentar históricamente las condiciones técnicas y teóricas que hacen del corazón lo que actualmente es hoy en la ciencia y la sociedad, retomar la controversia de Harvey y Galeno, da un vistazo general a las connotaciones incluso místicas que se tenían de la actividad del corazón y es que, en este la sangre ahora era dotada de espíritu. Los planteamientos de Harvey, ejemplifican el papel de la duda, la curiosidad y la investigación, lo cual lo llevan a intentar explicar aquel fenómeno circulatorio, desde la experimentación y la confrontación de los cuerpos teóricos de la época.

Es así como entonces, en el presente trabajo, se realiza un estudio acerca de cómo el corazón se constituyó en objeto de conocimiento en las ciencias

naturales, particularmente en la Biología, esto, requiere de un ejercicio reflexivo de documentación y profundización teórica, de las condiciones, históricas, técnicas, teóricas y epistemológicas, que constituyen al corazón como una estructura que favorece la homeostasis.

El corazón como objeto de conocimiento, junto con la profundización teórica que se realiza de este, posibilita su transición en la escuela de lo estático a lo dinámico, es decir, una estructura, que se remodela en respuesta a las presiones del ambiente, la cual presenta una multiplicidad de relaciones con el organismo. Esta reconfiguración del corazón, implica la ejecución de una propuesta de aula titulada ***inmersos en la dinámica del corazón, un viaje por la morfofisiología cardiovascular***, la cual plantea formas alternativas de problematizar y buscar explicaciones en torno al fenómeno viviente y al corazón como objeto de conocimiento en las ciencias naturales y la educación básica.

Este trabajo pretende, mostrar al corazón como una estructura que favorece la homeostasis, y que responde a condiciones externas e internas, las cuales modifican tanto su morfología, como su fisiología. Se espera que la propuesta de aula, permita desde la construcción colectiva de conocimiento, practicar hábitos saludables que reduzcan desde la comprensión e interpretación del corazón como objeto de conocimiento, la incidencia de enfermedades cardiovasculares, que, en la actualidad son más frecuentes en jóvenes y niños. Es decir, llevar a la práctica de la vida diaria, los elementos teóricos y argumentales que se construyen durante el presente trabajo.

PROCEDER METODOLÓGICO

El trabajo de grado se presenta como la oportunidad de cuestionar y reflexionar las prácticas en enseñanza de las ciencias naturales, particularmente de la biología, y a partir de ello generar discusiones que retomen elementos del rol de la escuela, los estudiantes, maestros y conocimiento, dentro de un contexto educativo, evidenciando ese complejo entramado de situaciones que se manifiestan en el proceso de enseñanza aprendizaje.

De este modo se plantea un contexto problemático que permite delimitar el interés particular de la propuesta de trabajo de grado desde las motivaciones particulares de los autores y las discusiones generadas al interior de los espacios de asesorías, lo que permite reflexionar en torno al corazón humano como un objeto de estudio, al pensar cómo este en su estructura y función está íntimamente vinculado a los procesos fisiológicos del organismo en su totalidad, lo cual permite pensar que la actividad del corazón influye en el mantenimiento y homeostasis del organismo.

Es a partir de la delimitación del problema que se comienza a configurar una ruta metodológica que, vincula elementos de orden disciplinar, histórico, epistemológico y pedagógico, en torno a la comprensión del corazón y la configuración del mismo como un objeto de conocimiento.

Desde allí se diseña e implementa una propuesta de aula titulada: ***inmersos en la dinámica del corazón, un viaje por la morfofisiología cardiovascular***, que le permite a los estudiantes reflexionar sobre la dinámica del corazón y su influencia en el mantenimiento del organismo.

Posteriormente se realiza un ejercicio de recuperación y reflexión de la experiencia a partir de los registros obtenidos en las diferentes sesiones de clase, lo que permite establecer etiquetas vinculantes con los aportes de los estudiantes, configurando afirmaciones alrededor de la imagen que ellos construyen del corazón humano, lo que finalmente hace posible desarrollar una producción discursiva que retome los elementos centrales del presente trabajo.

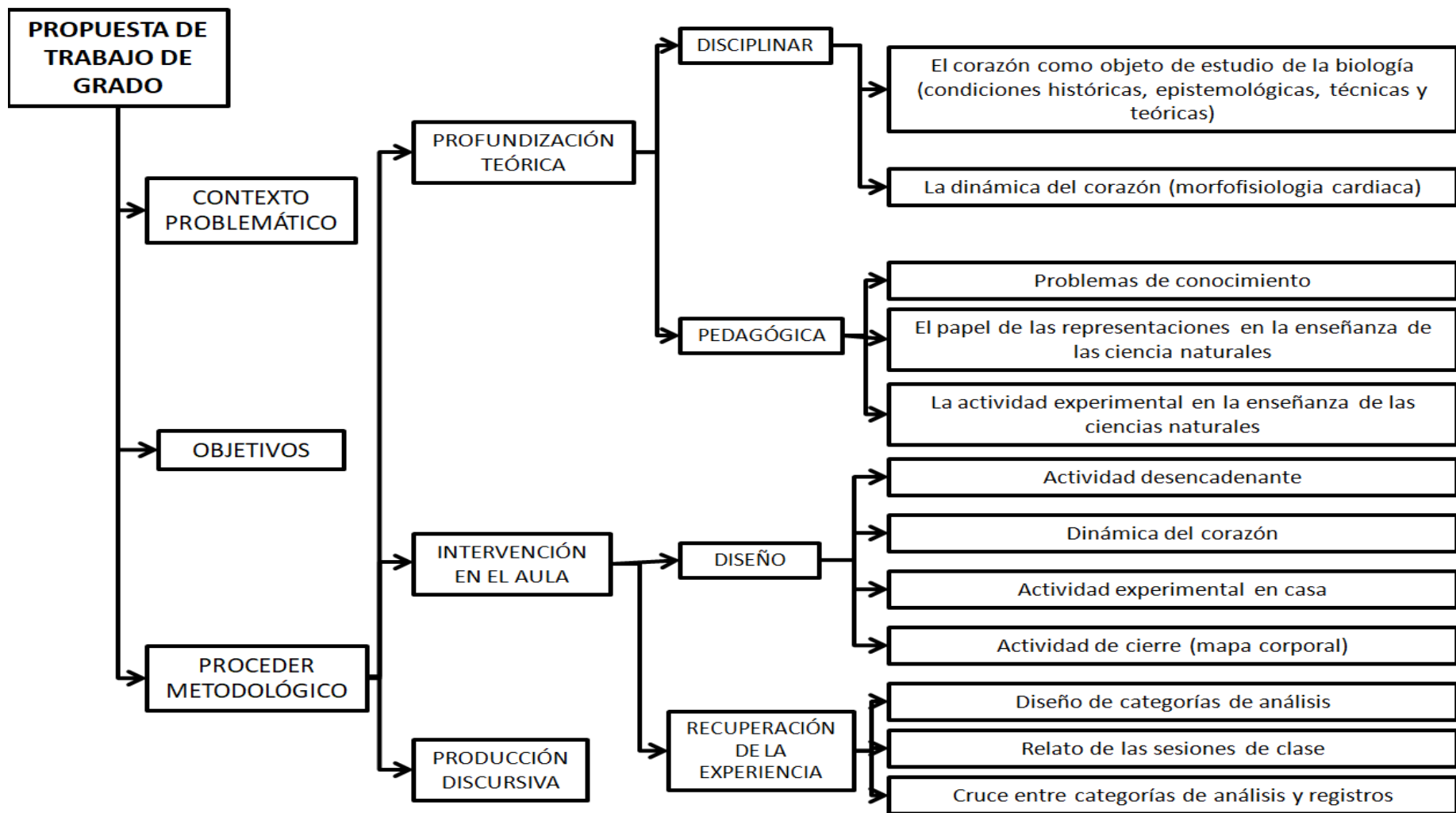


Tabla 2. Flujograma del proceder metodológico del trabajo de grado. (Fuente propia.)

Contexto de profundización

Este trabajo de grado es una propuesta que emerge en el programa de la ***Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales del departamento de física de la Universidad Pedagógica Nacional***, el cual se concibe como una posibilidad de confrontar múltiples saberes relacionados con un objeto de estudio, cuestionando y resignificando la práctica docente por medio del diseño, implementación y análisis de una propuesta de aula que le permita al docente asumirse como un intelectual que piensa la escuela como un escenario donde confluyen diversos saberes, en el cual se puede construir conocimiento basado en el cuestionamiento reflexivo de la experiencia, el análisis de los fenómenos del mundo al punto de no solo contemplarlos pasivamente, sino manipularlos, moldearlos y reordenarlos para construir nuevas explicaciones que den cuenta de aquellos fenómenos.

Teniendo en cuenta lo anterior, desde la profundización teórica se implementan los problemas de conocimiento, como una categoría propuesta en el grupo de investigación eco-perspectivas, la cual le permite al docente reflexionar en su práctica, así como en las condiciones necesarias para que los estudiantes cuestionen el mundo y sus fenómenos, en este sentido, el maestro se asume como un sujeto que se ve permeado por la constante interacción con sus estudiantes y las formas particulares que tienen de entender y relacionarse con el conocimiento, modificando así, permanentemente su proceder en el aula, enriqueciéndola como un espacio de interacción.

Los problemas de conocimiento posibilitan cuestionar el rol de la escuela en la sociedad, como un sistema que permite la disertación de puntos de vista particulares, acogiendo una multiplicidad de explicaciones que dan cuenta del mundo; finalmente, permite pensar el rol de los estudiantes como sujetos de conocimiento, que se relacionan con el objeto de estudio.

Ahora bien, abordar el corazón humano como un objeto de conocimiento en las Ciencias Naturales, particularmente en la educación básica, requiere de la

documentación de las condiciones técnicas, teóricas y epistemológicas, que hacen del corazón una estructura que favorece la homeostasis, permitiéndole al estudiante y al maestro de manera progresiva cuestionar su actividad e importancia en el mantenimiento de los organismos, reconociendo su estructura visible por medio de los sentidos desde su manipulación, construyendo de esta manera un discurso que dé cuenta de sus implicaciones morfofisiológicas en el mantenimiento de la vida.

Con base en lo anterior, a continuación, se hará una descripción generalizada de las fases que permitieron el desarrollo del trabajo de grado.

Fases de desarrollo

Origen y delimitación del problema de estudio

El corazón humano como una estructura dinámica y remodelable, que favorece la homeostasis, es el punto de partida del presente trabajo de grado, el cual surge desde los intereses particulares de sus autores, por buscar la forma de explicar y mostrar en el aula la morfofisiología humana, desde la integración y articulación constante de los sistemas del cuerpo humano, es decir, hacer explícitas las interdependencias que presentan los órganos, estructuras⁷ y sistemas entre sí, ya que, de la actividad de cada una de ellas, depende el funcionamiento e integridad de las otras.

Esta idea se configura desde los aportes de los seminarios propuestos en la Maestría, al brindar la posibilidad de pensar en la manera en la que los sujetos construyen conocimiento, reconociendo en esta actividad de construcción un rol social, en el cual se encuentra inmersa la escuela y particularmente el aula como sistema de relaciones que permite la confrontación de saberes.

Por otra parte, se reconoce la importancia de los eventos históricos que le permitieron a la ciencia conformar un cuerpo explicativo alrededor del fenómeno

⁷ Dentro de estas estructuras se incluye a las células y su actividad.

viviente y todas las implicaciones que tuvieron en su momento. Así mismo, se reconoce la importancia de reflexionar en la forma en la que, como maestros, se construyen espacios, en los que se propician condiciones de aula, que posibilitan la interacción del estudiante con el conocimiento, desde la disertación, la curiosidad y la pregunta. Sin dejar de lado que estas experiencias que surgen en estos espacios, posibilitan su sistematización y reflexión, configurando en el maestro formas alternativas de relacionarse con el conocimiento.

Finalmente, los espacios de asesoría fueron fundamentales para orientar y delimitar el problema de estudio, debido a que en ellos se confrontaban diferentes puntos de vista que permitieron orientar y configurar el trabajo de grado.

Fundamentación teórica en la consolidación de un cuerpo explicativo

La fundamentación teórica es el punto de encuentro entre los saberes previos de los maestros, el interés particular de iniciar el proyecto y las formas que se tiene de posicionar el corazón en el aula. En este sentido se realiza una documentación teórica de corte histórico y epistemológico, que da cuenta de las condiciones técnicas y teóricas que, con el devenir histórico de la ciencia y la medicina, permiten la configuración de un cuerpo de conocimiento en torno al corazón humano.

En este sentido, la profundización teórica, como punto de encuentro, brinda elementos de orden conceptual, necesarios para nutrir y reconfigurar las explicaciones, así como las formas particulares de interpretar el fenómeno viviente, en este caso particular, el corazón como una estructura dinámica que favorece la homeostasis.

Esta profundización permite pensar en condiciones de aula que les posibiliten a los estudiantes relacionarse de formas alternativas con el corazón, como una estructura dinámica que favorece la homeostasis, haciendo uso de disecciones, análisis de imágenes diagnósticas, interpretación de patologías y predicciones sobre la actividad cardíaca, todo esto mediado por el uso de las TIC's, ya que este trabajo

se realiza durante la pandemia, causada por el virus de SARS-COV2, durante el año 2021.

De esta manera se retoman autores como Jacob (1999), el cual posibilita pensar en la organización como un elemento central en la ciencia, que le permite dar cuenta de las particularidades de los seres vivos, entendidos como sistemas que se encuentran vinculados de manera muy íntima la estructura visible, las funciones vitales, la relación con el ambiente y la célula como la unidad básica de la vida. Estos elementos relacionados con el corazón, permiten entender que desde la actividad cardiaca se pueden generar explicaciones que den cuenta del organismo en su conjunto.

Autores como Buzzi (2016) Soto (2007), Zalaquet (2016), Wrihtg (2016), entre otros, permiten construir una imagen del devenir histórico en la comprensión del corazón, sin olvidar la importancia de la controversia, entre las explicaciones particulares en relación al corazón y el sistema circulatorio, planteadas por Galeno, Vesalio, Servet y Harvey, que se constituyen fundamentales en la construcción de cuerpos explicativos de la actividad cardiaca.

Esto es de gran importancia, pues permite comprender que las explicaciones en ciencia no son absolutas, por el contrario, son dinámicas y cambiantes, es decir las explicaciones a un fenómeno pueden ser válidas en un momento y carecer de sentido en otro momento histórico, sin que por ello pierdan su valor e importancia.

En la profundización teórica de orden pedagógico, fueron relevantes autores como Valencia y otros (2003), al retomar la enseñanza de las ciencias desde la categoría de los problemas de conocimiento, vista como la posibilidad de problematizar ciertos objetos de estudio que permitan al docente generar las condiciones necesarias para motivar la curiosidad en los estudiantes, de modo tal que les permitan configurar explicaciones desde la manipulación y reordenamiento del objeto de estudio. Es así que se retoma a Sandoval y otros (2006) en sus planteamientos sobre la

experimentación en la enseñanza de las ciencias como parte de esos referentes didácticos de los problemas de conocimiento, que le permitan al estudiante trascender de la contemplación pasiva a una manipulación del fenómeno y la respectiva construcción de explicaciones que den cuenta de este.

Finalmente, autores como Hacking (1996) y Valencia y otros (2001), brindan elementos que permiten acoger el concepto de representación como una capacidad inherente al ser humano, desde la cual se puede generar un análisis de las formas en la que los sujetos comprenden y dan cuenta del mundo, esto se considera central en las explicaciones ofrecidas a los estudiantes en la intervención de aula y a su vez en los procesos de reflexión de los registros obtenidos, que posibilite cuestionar y enriquecer sus prácticas pedagógicas.

Propuesta de intervención de aula – sistematización

Los elementos anteriormente descritos, permiten la construcción de una intervención de aula, titulada, ***inmersos en la dinámica del corazón, un viaje por la morfología cardiovascular***, la cual es implementada en los periodos de aislamiento social, causados por el evento pandémico del virus SARS-COV2, lo que ocasionó que el desarrollo de la propuesta se diera gracias a la mediación tecnológica de plataformas virtuales gratuitas, que possibilitaban encuentros o reuniones sincrónicas, con los estudiantes de grado séptimo del colegio Integrado de Soacha Cundinamarca.

Los encuentros virtuales con niños, niñas y adolescentes, requieren no solo de creatividad por parte del maestro, sino que también necesitan de la construcción de material que sea llamativo y entretenido para ellos, ya que ahora el lugar donde habitan, más que nunca permea y moldea las dinámicas del aula en la cual convergen diferentes formas de relacionarse con el conocimiento y la realidad.

Es por ello que, durante los encuentros sincrónicos de las sesiones de intervención en el aula, se diseñan actividades que hagan del hogar parte del aula, al usar los

elementos físicos con los que cuentan en casa, como, por ejemplo, dispositivos móviles, hilos, tapabocas, tensiómetros, colchonetas, entre otros. Por otra parte, se busca hacer uso de las experiencias que ellos y sus familiares han vivido con relación a la actividad cardiaca, por ejemplo, la incidencia de patologías, o los hábitos que practican en casa para reducir la posibilidad de padecerlas, en la construcción de explicaciones sobre la importancia del corazón como una estructura que favorece la homeostasis, sin olvidar que, este espacio donde habitan la mayor parte del tiempo, se convierte en un laboratorio, donde se disecciona y estudia el corazón.

En este sentido, uno de los ejes de la propuesta es hacer visible y palpable, la actividad del corazón, desde la estimulación de la experiencia sensible del estudiante en cada uno de los encuentros virtuales, en los que la controversia, observación, indagación y reflexión se dan en torno al corazón humano y su actividad.

Es así como durante las sesiones o encuentros virtuales, se tienen breves periodos de tiempo explicativo, donde las representaciones, atlas de anatomía, modelos gratuitos tridimensionales, GIF⁸, imágenes diagnósticas, ecocardiografías, tomografías, radiografías entre otras imágenes, en relación a la morfofisiología humana y particularmente al corazón, estimulan la curiosidad y la duda en los estudiantes, por lo que ven en la imagen y perciben en su cuerpo, ya que en cada una de las sesiones se proponen condiciones de aula, donde su cuerpo y la actividad de este, permiten contrastar la teoría con la experiencia sensible que este posibilita.

Las imágenes diagnósticas y las actividades que realizan en casa los estudiantes, son articuladas con preguntas problémicas en relación al corazón y su actividad, ya que, en la intervención se busca también que el estudiante configure explicaciones

⁸ GIF por sus siglas Graphic Interchange Format, el cual, mediante la superposición de fotogramas en un intervalo corto de tiempo, crea el efecto de animación.

sobre la dinámica cardiaca, así como la construcción de predicciones sobre los eventos que se pueden presentar a nivel cardiaco, al afectarse la morfología o fisiológica de algunas de las estructuras del cuerpo humano.

La propuesta de aula en mención busca visibilizar al corazón como una estructura dinámica, que se remodela en respuesta de las presiones ambientales y que favorece la homeostasis de los organismos, desde la interacción con otras estructuras y sistemas. Esta se compone de cuatro fases de ejecución, en las que se obtendrán una serie de valiosos registros audiovisuales, los cuales se toman de las grabaciones de las sesiones, y serán motivo de reflexión y análisis por parte de los maestros, es decir se recupera la experiencia y las relaciones que se dan en el aula entre, estudiantes, maestros y el corazón como un objeto de conocimiento en la educación básica.

Esta reflexión se organiza en cuatro etiquetas, las cuales serán explicadas, en el capítulo mixto de recuperación de la experiencia, donde se menciona y explicita la propuesta de intervención en el aula, y se reflexiona en la recuperación y sistematización de la experiencia, la cual emerge de los registros audiovisuales y de las actividades desarrolladas en cada una de las sesiones.

Producción discursiva

Este apartado permite generar un ejercicio reflexivo en relación a la intervención de aula, las relaciones que se establecen entre el maestro, estudiantes y conocimiento, desde los siguientes ámbitos:

1. El papel de la fundamentación teórica en la actividad del maestro de ciencias, desde allí se aborda el papel de las condiciones técnicas y teóricas, que permiten configurar al corazón como un objeto de conocimiento.
2. La dinámica del corazón como problema de conocimiento y su aporte en la enseñanza de las ciencias.
3. La recuperación de la experiencia y el rol del maestro de ciencias naturales.

4. Limitantes y recomendaciones para el desarrollo de intervenciones de aula centradas en la dinámica del corazón.

PROFUNDIZACIÓN TEÓRICA

Para consolidar un cuerpo teórico en relación a la comprensión del corazón y su enseñanza, se realiza un diálogo con diferentes autores que permiten generar una conceptualización basada en los objetivos. De esta manera lo que se busca es construir una profundización teórica desde lo disciplinar y lo pedagógico.

Al abordar el corazón desde lo disciplinar, se pretenden vincular los elementos de orden histórico, teórico y epistemológico, que permiten entender las formas en que la ciencia ha construido explicaciones sobre el corazón y que a su vez lo constituyen como un objeto de conocimiento, particularmente en las ciencias naturales y la educación básica.

Desde lo pedagógico se pretende construir una profundización teórica basada en tres conceptos principales. Por un lado, se abordan los problemas de conocimiento desde los referentes epistemológicos, pedagógicos y didácticos en los cuales se vislumbran unas formas particulares de abordar la relación entre el maestro, los estudiantes y el objeto de conocimiento. Posteriormente se hace referencia a el papel de la experimentación en la enseñanza de las ciencias naturales y finalmente el concepto de “representar”, el cual es de gran importancia en la reconstrucción de la experiencia.

Elementos de orden histórico relacionados con la comprensión del corazón humano

Pensar en el corazón como un objeto de conocimiento, implica reflexionar en las formas en las que históricamente la humanidad se ha relacionado con él. En este sentido el corazón ha tenido un papel fundamental en la comprensión del mundo, no solo en términos biológicos, sino también en términos simbólicos y místicos. Fernández (2008) afirma que, uno de los primeros registros alusivos al corazón se remonta al arte rupestre, donde los primeros hombres pintaban mamuts resaltando al corazón como símbolo de la fuente de vida de la criatura. En las culturas precolombinas asegura Fernández (2008) que el corazón es el único órgano capaz

de “alimentar” a los dioses, mientras que Verdú (2004) afirma que el corazón en el antiguo Egipto representaba ese vínculo entre el mundo físico y el mundo espiritual, sin olvidar el inherente interés que desde siempre los seres humanos en cualquier cultura del mundo siente por la actividad del corazón como fuente de vida. A continuación, se presentan algunos de los elementos centrales de la disertación que, aunque tímida realizan Servet y Vesalio a los importantes y en su momento revolucionarios planteamientos de Galeno, sobre la actividad cardíaca y la circulación, los cuales son vinculados posteriormente por Harvey en su explicación de la circulación.

La comprensión del sistema cardiovascular en la medicina de Galeno (Pérgamo, 129 – Roma, ca. 216) es uno de los referentes más importantes de la medicina de occidente, tanto así que se le considera uno de los padres de la medicina (junto con Hipócrates). Integra los aportes de Hipócrates, Aristóteles y Platón en la teoría pneumática-humoral⁹. El corpus doctrinal médico creado por Galeno consideraba la salud y la enfermedad, como procesos naturales perfectamente comprensibles y modificables por el hombre, además, aprende las técnicas de disección¹⁰ y vivisección en animales, introducidas por Herófilo y Erasístrato lo que le permitió hacer comparaciones con la morfología humana Romero, y otros (2011).

Como se mencionaba anteriormente el papel de las vivisecciones y disecciones, son fundamentales para Galeno en la configuración de un cuerpo explicativo sobre la circulación. En este sentido Buzzi (2016), resalta que, a partir de las técnicas de disección empleadas por Galeno, se logró la observación de sangre en las venas y

⁹ El cuerpo humano está constituido por las relaciones entre los elementos que componen el universo (fuego, tierra, aire y agua), sus cualidades (seco, húmedo, caliente y frío) y los jugos corporales o humores (sangre, flema, bilis amarilla y bilis negra). La enfermedad se entendía como un desorden generalizado del funcionamiento de los cuatro humores.

Mientras que en el principio fundamental del *pneuma* (aire, respiración), el alma o *pneuma* adquiere tres formas. 1) los *espíritus animales*, ubicados en el cerebro, centro del pensamiento y el movimiento. 2) los *espíritus vitales*, ubicados en el corazón, es la energía que da vida. 3) *espíritus naturales*, ubicados en el hígado, centro de la nutrición. (Facultad de Medicina UNAM, s.f.). Otros autores como Perrone (2014), le asignan a los 3 tipos de alma o *pneuma* otros nombres: alma racional (en el cerebro), alma irascible (en el corazón) y alma concupiscible (en el hígado)

¹⁰ La disección de cadáveres humanos estaba prohibida por ley durante todo el periodo romano, pues allí veneraban a los muertos y albergaban un temor supersticioso hacia los cadáveres. Wright (2016)

no en las arterias de los animales muertos, lo que permitió concluir que, las arterias únicamente llevan *aire vivificante*. Sin embargo, la mayoría de autores consultados desmienten esta idea, por ejemplo, Soto (2007) afirma que, Galeno fue el primero en demostrar que los vasos sanguíneos (venas y arterias) estaban llenos de sangre, algo similar se puede deducir cuando Pino (2016) menciona:

Los órganos denominados «arterias» realizan la doble función de conservar el calor innato (o temperatura natural del cuerpo) y distribuir el pneuma a todo el cuerpo. Para ello necesita que el órgano de la facultad, que es el corazón, envía sangre a las arterias; esa función se consigue con los movimientos de dilatación (diástole) y de contracción (sístole); la primera atrae sustancia enfriada; la segunda expulsa sustancia fuliginosa". (p.128)

Así mismo Zalaquett, (2016) asegura que Galeno fue quien refutó las ideas de Erasistrato mencionando lo siguiente " tan pronto se abre una arteria, la sangre fluye de ella; si contuviera (sólo) aire, este debería salir antes que la sangre. De igual modo, cuándo se abría una arteria entre 2 ligaduras, solo salía sangre". De este modo se puede concluir que Galeno reconoció la existencia de sangre en las arterias, pero esta sangre era diferente a la sangre venosa, situación que se profundizará a continuación.

Galeno ya distinguía 2 tipos de sangre:1) la sangre espiritual, la de las arterias y del ventrículo izquierdo y 2) la sangre venosa, proveniente del hígado, de las venas y del lado derecho del corazón. La primera es la sangre más pura, pues contiene el espíritu, el pneuma; sin embargo, era necesario que parte de esta sangre espiritual entrara en contacto con la sangre venosa, para que esta última contuviera cierta parte de espíritu, esta necesidad requería que existiera una comunicación directa entre ambos ventrículos, lo cual era posible gracias a la existencia de poros invisibles en la pared muscular hoy tabique o septo¹¹. Zalaquett (2016)

¹¹ Aunque en la actualidad y gracias a los avances en la microscopía y en técnicas como la ecografía, se reconoce que la el septo interventricular debe mantenerse íntegro en su estructura, sin comunicaciones entre el ventrículo izquierdo y derecho, ya que esta situación podría representar un potencial riesgo para la vida del organismo.

Gracias a las múltiples disecciones y vivisecciones, Galeno fue capaz de reconocer diferencias entre venas y arterias. Las arterias eran más gruesas y tenían la "capacidad innata de palpar", las venas nacían en el hígado y las arterias en el corazón, así mismo la sangre que fluía en estos vasos era distinta, una roja y otra violácea. Todo esto lo llevó desarrollar la idea de un sistema sanguíneo dividido en dos partes paralelas e independientes. La siguiente descripción (imagen 1) se retoma del trabajo de Wriqth (2016), y se apoya en la imagen tomada de Campohermoso y otros (2018).

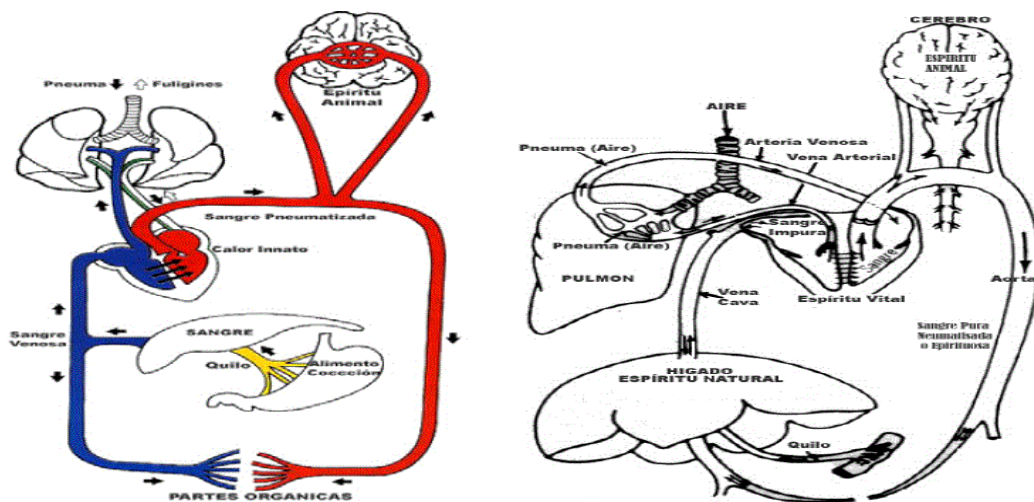


Imagen 1 Representación modelo de la circulación sanguínea en la doctrina galénica. (Campohermoso, Solíz, Campohermoso, Flores, & Quispe, 2018)

En el primer sistema los alimentos son digeridos y convertidos en *quilo* (sustancia lechosa), el cual es transportado al hígado transformándose en sangre violácea y viscosa (*sangre nutritiva*) impregnada por el espíritu natural que reside en el hígado. Esta sangre nutritiva es distribuida lentamente por las venas (de ahí que se conozca como sangre venosa) a las extremidades arriba y abajo del hígado y cierta cantidad ingresaba al lado derecho del corazón a través de la vena cava. Al interior de las venas la sangre fluía como una marea, adelante y atrás, y eran otros órganos distintos al corazón, los que atraían la sangre.

El segundo sistema se centra en el corazón. Cuando el ventrículo derecho recibe la sangre proveniente del hígado, podrían ocurrir dos cosas. Una parte viajaba a los pulmones por medio de la vena arteriosa¹² (hoy arteria pulmonar) y sus impurezas¹³ eran eliminadas por medio de la exhalación. Lo demás atravesaba la pared muscular o tabique a través de los poros, y allí se impregnaba del espíritu vital, pneuma o aliento divino el cual ingresaba desde los pulmones como aire inhalado que se distribuía al corazón por medio de la arteria venosa (vena pulmonar) albergándose en el ventrículo izquierdo.

La sangre y el pneuma hierven y se transforman en sangre vivificada, pneumatizada o espirituosa, cambiando su color de violeta oscuro a rojo escarlata. De allí se desborda entrando en la aorta y lentamente se distribuye por todo el cuerpo, **fluyendo nuevamente adelante y atrás en un movimiento de marea**, parte de esta sangre retorna a los pulmones por la arteria venosa. La sangre no se seca porque el hígado la produce constantemente; de esta manera los espíritus nutritivos del hígado junto con los espíritus vitales del corazón se convierten en espíritus animales en el cerebro, lo que hace al ser humano animado, inteligente y espiritual. Wrigth (2016)

Para Galeno el corazón se expande para atraer el aire impregnado de pneuma desde los pulmones y luego se contrae para expulsar las impurezas de ellos. Además, el corazón tiene la función de producir el calor innato, y es de tal magnitud que debe ser impregnado con pneuma para ser controlado o refrigerado¹⁴, de esta manera el **corazón funciona como parte del sistema respiratorio**. Por otra parte, la práctica constante de disecciones y vivisecciones, le permite a Galeno reconocer diferencias en la estructura visible del corazón, particularmente entre tejidos como el pericardio, miocardio y endocardio, así mismo, **admite la existencia del tabique**

¹² El hecho de que la arteria pulmonar se denomine así y no como vena se debe quizás a este error histórico que se mantuvo hasta Miguel Servet e incluso en la actualidad. Verdú (2004)

¹³ también conocidas como "escorias" Escobar (2006)

¹⁴ Ya que según los planteamientos galénicos el pneuma contiene los espíritus vitales que ingresan al cuerpo a través del aire inspirado por los pulmones, los cuales tienen la función de enfriar el calor vital propio de la actividad cardíaca.

interventricular, sin embargo, asegura que en el hay poros invisibles que conectan los ventrículos y le permite a la sangre impregnarse de los espíritus vitales provenientes del aire inspirado.

Las ideas de Galeno con respecto al sistema cardiovascular estuvieron vigentes por más de 1400 años, y aunque no se pone en duda los avances tan significativos en fisiología que se derivan de su trabajo, lo cierto es que, había muchos vacíos en estas explicaciones en cuanto a estructura y función, por ejemplo, la presencia de unos poros invisibles en el tabique interventricular, la función del corazón, los recorridos de la sangre o la misma producción de sangre. Estos hechos no pasaron desapercibidos para algunos científicos, sin embargo, en la edad media era considerado herejía cuestionar los tratados galénicos; fueron necesarios muchos años y esfuerzos para refutar las ideas de Galeno, entre los cuales se destacan los aportes de Vesalio que cuestionó abiertamente la existencia de los poros en el tabique interventricular y Servet que describió el recorrido de la sangre en la circulación menor o pulmonar, finalmente Harvey, consolida toda una teoría en relación a la actividad cardíaca y la circulación sanguínea. Estas ideas serán ampliadas a continuación.

Es poco probable que Mondino¹⁵ hubiese percibido alguna necesidad de corregir a Galeno, pues cuando los anatomistas se asomaban al cuerpo humano abierto, se limitaban a ver lo que el maestro les había enseñado a ver". (Wright, 2016, p.61)

Vesalio¹⁶ fue un prodigio que a los 23 años se graduó como Doctor en la Universidad de Padua, siendo uno de los primeros en inferir desde el análisis de los planteamientos de Galeno, que los estudios realizados en las vivisecciones y disecciones, se realizaron con animales y no con humanos, lo cual posibilitaba la interpretación errónea de algunos aspectos de la morfología humana, que, aunque

¹⁵ Médico y anatomista italiano del renacimiento

¹⁶ Dirigió la cátedra de cirugía y anatomía demostrando ser un gran disector. Generalmente las demostraciones de anatomía estaban dirigidas por el profesor quien leía los textos de las eminencias en anatomía, su ayudante o demostrador quien iba señalando las partes a las que hacía referencia el profesor, y el sector o profesor de cirugía, quien se encargaba de los cortes. Pero la actitud desafiante de Vesalio lo motivó a realizar las disecciones tomando a la vez los tres papeles. Vesalio siempre motivó a sus estudiantes a "ver por ellos mismo", permitiéndoles estar al lado de los cadáveres e incluso tocarlos.

guarde parentesco con otros animales difiere en ciertas particularidades. Este hecho fue de tal magnitud que, los anatomistas de su época no llegaban a comprender, pues Galeno era la autoridad en medicina de la época y los anatomistas prácticamente se encargaban de acomodar sus observaciones a los postulados de Galeno. Sin embargo, fue Vesalio, quien de una forma algo titubeante y evasiva en 1543 en la primera publicación de su obra *De humani corporis fabrica*, menciona lo siguiente:

cómo no hay poros perceptibles para los sentidos que le permitan a la sangre pasar del ventrículo derecho al izquierdo, no nos queda sino maravillarnos ante la habilidad del artífice de todas las cosas para que la sangre se trasmine por pasajes invisibles a la mirada. (Wright, 2016, p.72)

En la segunda edición de su obra (1555), con un poco más de confianza y de forma más audaz expresa lo siguiente:

al considerar la estructura del corazón he hecho que mis palabras coincidan en su mayoría con las enseñanzas de Galeno: no porque piense que estas guarden armonía en todos los aspectos con la verdad, sino porque aún desconfió de mí mismo (...) sin embargo, el septo del corazón es tan grueso, denso y compacto como el resto del corazón. Luego entonces, desconozco cómo es que aun la más pequeña de las partículas pueden transferirse a través de él (Wright, 2016, p.74)

De esta manera Vesalio es considerado como uno de los primeros anatomistas en cuestionar de manera más o menos abierta¹⁷ las ideas de Galeno, en este caso particular la existencia de poros en el tabique que comunican los ventrículos y que permitan un flujo de sangre entre ellos.

Este recorrido histórico que se realiza de la actividad y morfología cardiaca, permite evidenciar que la duda y el cuestionamiento son elementos revolucionarios al momento de construir explicaciones sobre el corazón y su interdependencia con la circulación. Ya que, en la antigüedad la circulación era posible por la respiración, pero hoy en día y gracias a múltiples disertaciones y estudios de la morfofisiología humana, se puede establecer que, no es posible la circulación, sin la actividad cardiaca y la actividad cardiaca no es posible sin la circulación. En este sentido, a

¹⁷ Lo hace de esta manera, pues en esta época de hecho es considerado herejía cuestionar a la eminencia Galeno.

continuación, se reflexiona, sobre algunos de los planteamientos que en su momento realiza el Teólogo Servet, y que son de gran importancia, para el estudio de la actividad cardiaca y la circulación sanguínea.

Descripción de la circulación menor según Servet

Servet conocía las doctrinas del alma y del aliento vital, que occidente recibió de oriente a través del hermetismo renacentista¹⁸. Para Servet la importancia del sistema sanguíneo radica en comprender y explicar la manera en que el espíritu se incorporaba en la sangre a través del circuito cardiopulmonar, es decir en su momento, el contacto entre el aire y la sangre, el contacto entre Dios y el hombre, este interés se evidencia en el siguiente pasaje de su obra "*Christianismo Restitutio*". de 1553.

"Pues el aire es el Espíritu santo y la vida empieza con la respiración (...) Dios inspiró a Adán y a los demás hombres sus descendientes el alma por un soplo divino espiritual que penetrando por la respiración pasa al pulmón y al corazón, espiritualiza la sangre y este espíritu va luego a repartirse por todo el cuerpo" (Campohermoso y otros, 2018, p.81)

La descripción literal que hizo Servet de la circulación cardiopulmonar y a la cual se le atribuye su descubrimiento es la siguiente:

El espíritu vital tiene su origen en el ventrículo izquierdo del corazón, y a su producción contribuyen principalmente los pulmones. (...). Se produce en los pulmones al combinarse el aire aspirado con la sangre sutil elaborada que el ventrículo derecho del corazón transmite al izquierdo. Pero este trasvase no se realiza a través del tabique medio del corazón, como corrientemente se cree, sino que, por un procedimiento muy ingenioso, la sangre sutil es impulsada desde el ventrículo derecho del corazón por un largo circuito a través de los pulmones. En los pulmones es elaborada y se torna rojiza, y es trasvasada desde la arteria pulmonar a las venas pulmonares. (...) Luego, en la misma vena pulmonar se mezcla con aire aspirado, y por espiración se vuelve a purificar de la fulígine; y así, finalmente la mezcla total, material apto ya para convertirse en espíritu vital, es atraída por la diástole desde el ventrículo izquierdo del corazón. (Campohermoso y otros, 2018, p.81)

¹⁸ Las teorías herméticas tienen unas ideas profundamente astrológicas. Provenientes de Egipto, con evidente influencia gnóstica y griega. Esto en relación con el aliento vital (egipcio), prana (hindú) o pneuma (griego), mencionados anteriormente.

Interpretando las ideas de Servet, se puede concluir que, explica casi que en su totalidad el proceso de circulación menor en el cual, se establece una de las primeras relaciones entre la circulación y la actividad cardiaca, ya que la contracción o sístole ventricular derecha es lo que permite que la sangre sea impulsada por las arterias pulmonares hasta los pulmones, donde se impregnan de espíritu, o como se conoce en la actualidad de oxígeno, mediante el proceso de la hematosi, para posteriormente retornar al corazón izquierdo donde es expulsada a todo el cuerpo, por otra parte se resalta, que el tabique o septo interventricular se considera como una estructura íntegra que aísla el corazón izquierdo del derecho. Este revolucionario planteamiento lleva a Servet a la hoguera enjuiciado por herejía, principalmente por poner en duda a la santa trinidad.

Como se mostró a lo largo del recuento histórico que da inicio con los planteamientos de Galeno, Vesalio y Servet, paulatinamente se empieza a establecer una relación entre la morfofisiología cardiaca y la circulación, pero es Harvey quien finalmente desde la reflexión y experimentación cuantificable a dichos planteamientos, establece un cuerpo explicativo, sobre la circulación y la importancia de la actividad cardiaca en el mantenimiento del organismo.

La formación de Harvey estuvo fuertemente influenciada por las doctrinas médicas galénicas vigentes en su época, las cuales cuestionó en su momento, y aunque figuras como Vesalio ya habían realizado aportes importantes en la comprensión de la circulación diferentes a Galeno, estos trabajos eran muy recientes y no estaban ampliamente difundidos y aceptados.

A continuación, se expondrán algunos elementos que le permitieron a Harvey cuestionar de manera acertada las doctrinas galénicas y por otro lado posibilitaron consolidar su pensamiento en relación a la circulación sanguínea y el corazón.

Como se mencionó con anterioridad en el momento histórico de Harvey se consideraba que la sangre se formaba de manera constante e ininterrumpida en el hígado gracias a los alimentos consumidos. Esta idea se pone en entredicho cuando Harvey menciona lo siguiente:

He venido haciendo múltiples disquisiciones acerca de cuánta podría ser la cantidad de sangre, al hacer algunos experimentos en animales vivos (...) He considerado repetida y seriamente el armonioso funcionamiento de las válvulas, de las fibras del corazón, y no podía admitir ni que la cantidad de sangre pudiera proceder del jugo de los alimentos, ni tampoco que pudiera originarse de ellos en el breve tiempo en que es transmitida. (Micheli, 2005, p.235)

Esto lo lleva a consolidar una serie de argumentos cuantitativos a favor de sus ideas, en las cuales se dedica a pesar la cantidad de sangre que recorre el cuerpo en un intervalo determinado de tiempo, medidas que lo llevan a concluir que la sangre no puede ser creada ininterrumpidamente, por lo tanto, la sangre debe recorrer el cuerpo a modo de circuito, que se compone de venas y arterias, donde las pulsaciones dan cuenta de la actividad cardíaca.

Fue su mentor Fabricio de Acquapendente (1537-1619) quien descubre las válvulas de las venas¹⁹, pero no fue capaz de ver su importancia, como lo haría su pupilo, William Harvey, a través de los siguientes montajes experimentales: Primero, al realizar una liga por encima de la flexura del codo de un individuo, el pulso radial no es perceptible y la mano queda fría, si se afloja un poco se vuelve a sentir, la mano se hincha, se calienta y se enrojece, y si se suelta del todo desaparece la hinchazón venosa y el sujeto siente un frío cerca a la axila. De esto deduce que la sangre debe retornar al corazón, distinto a lo que se pensaba hasta el momento, ya que la sangre era producida constantemente y no era necesario que retornara al corazón.

De un modo similar, para comprobar la función de las válvulas, nuevamente realiza una ligadura por (Imagen 2) encima del codo de un individuo, lo cual permite ver una serie de abultamientos en las venas, los cuales son las válvulas; si se oprime

¹⁹ Según él, las válvulas venosas serían pequeñas compuertas para regular el flujo venoso hacia las partes periféricas, idea que fue controvertida y posteriormente refutada por Harvey. Zalaquett (2016)

con el dedo y se desliza en dirección distal, la sangre aumenta el abultamiento inferior y no puede pasar de él, mientras que si el dedo se desliza de manera proximal la sangre fluye fácilmente hacia arriba Zalaquett (2016). Con este experimento Harvey concluye que las válvulas venosas son "sutiles recursos de la naturaleza para que la sangre corra sin dificultad hacia el corazón". Esto entre otras observaciones lo lleva a pensar en el movimiento cíclico o circular de la sangre.

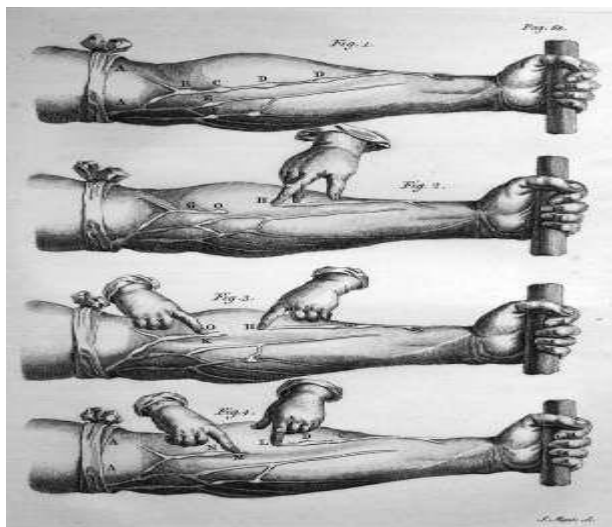


Imagen 2 Ilustración de los experimentos para comprobar la dirección del flujo de la sangre. (Buzzi, 2016)

En cuanto al movimiento circular de la sangre, Harvey al igual que muchos hombres de ciencia de su época estaban fascinados por "el hechizo renacentista de la circularidad" Micheli (2005), y los avances en física se expresaban incluso en la comprensión del fenómeno viviente. Para Harvey, lo que representa el sol con respecto de la tierra era lo mismo que el corazón de las partes periféricas; así mismo el movimiento cíclico²⁰ de los astros es lo que motivó a llamar circular el movimiento de la sangre. Pensar en este movimiento circular o cíclico, implicaba refutar la imagen de los poros invisibles en el tabique o septo interventricular propuesto previamente por Galeno, este aspecto será profundizado a continuación.

²⁰ En el capítulo VIII del "*De motu cordis*" se describe el movimiento circular de la sangre, de la siguiente manera: "séanos permitido llamar circular a este movimiento en el sentido en que Aristóteles dijo que el aire y la lluvia imitan el movimiento circular de los cuerpos celestes". Micheli (2005)

Con respecto a la estructura del corazón, uno de los obstáculos epistemológicos con los que se encuentra Harvey en su época es la existencia de los poros invisibles, los cuales son imperceptibles a los sentidos, sin embargo se cree que Harvey tuvo cierto contacto con las obras de Servet y Vesalio, con lo cual **aceptaba que esos poros realmente no existían, pues el tabique era tan robusto como cualquier otra zona del corazón**, razón por la cual era improbable que existiese esa comunicación directa entre los ventrículos.

Finalmente, y gracias a la vivisección. concluye que el corazón debe ser considerado un músculo, **que el movimiento de mayor actividad es la sístole y no la diástole, como se creía**, que las aurículas se contraen juntas y primero que los ventrículos. y que la contracción de los ventrículos es simultánea. Zalaquett, (2016).

A modo de conclusión de esta sección se podría mencionar que la comprensión de la morfología y la actividad cardiaca en relación a la circulación en términos históricos fue acumulativa y progresiva,

Es así que basados en esta profundización teórica de orden histórico y con las discusiones generadas en los espacios de asesorías, se infiere que los elementos de orden técnico que permitieron la comprensión del corazón son por un lado las técnicas histológicas particularmente la disección y la vivisección, y por otro lado la microscopía.

A continuación, se abordarán estos temas, aunque no de manera tan extensa debido a que ya fueron mencionados de manera implícita y explícita en el recorrido histórico descrito en la sección anterior.

Elementos técnicos relacionados con la comprensión del corazón humano

Como se mencionó anteriormente, un primer acercamiento a la comprensión de la estructura de los seres vivos está relacionado con las partes visibles de los

organismos, tener la posibilidad de tocarlos y manipularlos posibilita un acercamiento particular al objeto de estudio, distinto a la que permite por ejemplo la contemplación o análisis de los tratados, Mandressi (2008) propone que "el papel privilegiado de la percepción sensorial como vía de acceso al conocimiento, en oposición a un saber libresco" (p.168). Es por ello que se considera fundamental resaltar la importancia que tuvieron técnicas como la disección y la vivisección en la comprensión del corazón.

En términos generales se puede considerar que tanto la disección como la vivisección, aun con evidentes particularidades, son dos de las técnicas más importantes en la consolidación del conocimiento anatómico y fisiológico de los seres vivos, en lo referido al corazón y el sistema vascular, gracias a lo anterior se pudo reconocer la diferencia entre los tejidos, la textura, el tamaño y el ordenamiento de las partes que lo componen, elementos que facilitaron una descripción más exacta del corazón, así mismo, permitió hacer comparaciones entre el corazón humano y el corazón de otros animales, lo cual es clave al momento de hacer analogías e inferencias referidas a la importancia de la estructura en el funcionamiento del organismo en su conjunto. Sin olvidar la construcción de conjeturas o predicciones del funcionamiento de la estructura.

En cuanto a lo referido a la enseñanza, cuando se generan las condiciones adecuadas para que los sujetos puedan "sentir por sí mismos", les permite en este caso a los estudiantes, desde la experiencia sensible, no solo reconocer la estructura sino la forma en la cual la pueden manipular, los instrumentos y cortes adecuados para observar aquello que se quiere reconocer.

Identificar y reconocer las estructuras no es sencillo incluso para las personas más experimentadas, pues además de un gran conocimiento y preparación requiere un ejercicio importante de interpretación y una discusión generada en esa práctica social de construcción de conocimiento, que le permita comprender su objeto de

estudio e incorporar un lenguaje con el cual pueda expresar eso que está comprendiendo. Duque y otros (2014).

En cuanto a la técnica de la microscopía referida al estudio del corazón y el sistema vascular, es válido mencionar inicialmente los aportes realizados por Marcello Malpighi, anatomista y padre de la histología, quien por medio de la microscopía le dio un soporte a las ideas de circulación sanguínea de Harvey, de acuerdo con Micheli (2005) al utilizar el microscopio, pudo observar y describir los capilares pulmonares de las ranas, cuatro años después de la muerte de Harvey, demostrando el paso de sangre entre las arterias y las venas en los pulmones, llenando la única laguna dejada por Harvey.

Con el microscopio se concreta la interpretación que se tiene de la célula y su capacidad autopoyética, como característica común en todos los seres vivos, lo que permitió comprender, el estrecho vínculo entre células especializadas que proporciona las características de estructura y función a esos tejidos observados por medio de la disección y vivisección, con lo cual se genera una articulación conceptual importante entre la estructura visible macroscópica con la estructura microscópica. Por ejemplo, al observar los tejidos del músculo cardíaco como el miocardio se puede reconocer ciertas particularidades en cuanto a textura, color, forma, ordenamiento, etc., sin embargo, comprender que ese tejido está conformado por células especializadas y estrechamente vinculadas denominadas cardiomiocitos, permite ampliar de manera considerable la comprensión del corazón y su relación con otras estructuras.

Por otro lado se considera que este recorrido histórico, técnico y epistemológico, orienta la construcción de un cuerpo documental que resalte la morfología y fisiología del corazón en la actualidad, ya que, finalmente es gracias a los planteamientos anteriormente nombrados, que el estudio de la actividad cardíaca como una estructura que favorece la homeostasis es posible, en tanto sin dicha actividad, sería imposible la circulación por el organismo de sustancias necesarias

para múltiples procesos de tipo metabólico, propios de las células, vistas como sistemas autopoyéticos. Estos aspectos serán abordados a continuación.

Dinámica del corazón, morfofisiología cardiaca

Sin lugar a dudas el corazón humano es uno de los órganos que se percibe casi desde el primer momento de nuestra historia de vida. Caminar por las calles, correr en los parques, sentir emociones como, por ejemplo, la alegría o la tristeza alteran su actividad, informando inmediatamente que algo ocurre en el interior.

Desde la infancia los seres humanos, aun sin conocimientos amplios en la morfología de su cuerpo, perciben constantemente la actividad cardiaca, a la cual, y casi que de forma innata se le atribuye la vida de los organismos, sin su actividad la vida acaba y las sensaciones antes perceptibles ahora son imperceptibles. Es así como, a continuación, se abordarán algunos de los elementos morfológicos y fisiológicos del corazón, que permiten explicar su importancia en la homeostasis de los organismos.

El corazón humano, se ubica al interior de la cavidad torácica, el ápice o ápex se inclina hacia abajo y a la izquierda, siendo palpable por lo general a 9 cm de la línea media del quinto espacio intercostal, cotidianamente se cree que el tamaño del corazón es similar al de un puño, esto se debe particularmente por la forma que se dibuja al unir cada uno de sus límites, (Imagen 3).

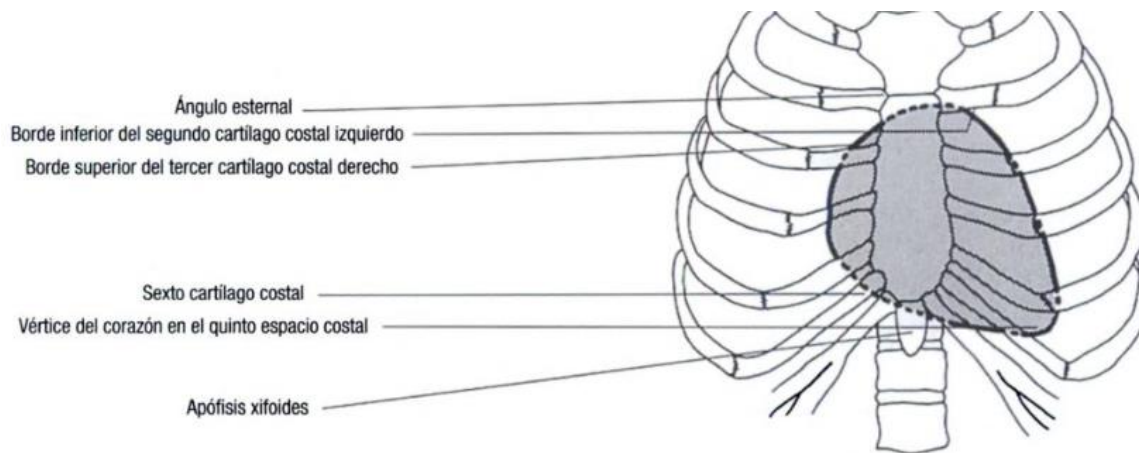


Imagen 3 Representación grafica ubicación en la cavidad torácica del corazón, vista de la cara anterior (Field,2004)

Es decir, el límite superior marcado por dos puntos, el primero en la parte inferior del segundo cartílago costal izquierdo, aproximadamente 3 cm a la izquierda de la línea media, el otro punto se marca desde el borde superior del tercer cartílago costal derecho, por último, el límite inferior surge desde el cartílago de la sexta costilla derecha a 3cm de la línea media, formando así una figura similar al puño humano. Field (2004). Al observar un cuerpo humano se puede inferir que la cavidad torácica es ocupada en su mayoría por los pulmones, el corazón junto con el tronco de los grandes vasos sanguíneos, el pericardio y el timo, se ubican en el espacio que queda entre los pulmones, es decir el mediastino anterior.

El corazón en su cara anterior se encuentra detrás del esternón y los músculos pectorales, limita por su cara posterior con el esófago (Imagen 4) el cual se ubica dentro del mediastino posterior, así como con la arteria aorta que, aunque tiene su origen en el ventrículo izquierdo pasa por detrás del corazón, la cara diafragmática, está en estrecho contacto con la pleura diafragmática y el músculo diafragmático, que a su vez separa la cavidad torácica de la abdominal.



Imagen 4ª Fotografía de la cavidad pericárdica (Cavilas pericárdica) (vista anterior). Se ha extirpado el corazón y se ha abierto la pared posterior del pericardio para mostrar el esófago y la aorta. (Tomado de Rohen, Yokochi, Lutjen. 2003)

Como se mencionó, el corazón está rodeado por varias estructuras y órganos, pero además se encuentra cubierto por un tejido llamado pericardio, que puede ser liso o rugoso, el cual en su capa más externa se fija mediante ligamentos a estructuras como la columna vertebral, el diafragma y a la pleura pulmonar, o como explica de forma puntual Aragoncillo (2009) “la bolsa pericárdica tiene dos hojas²¹: una interna sobre la superficie cardíaca y otra externa que está fijada a los grandes vasos que salen del corazón (imagen 5). Entre ambas hojas existe una cantidad de líquido para evitar su roce cuando late” (p.36), protegiendo así el músculo cardíaco y prolongando su integridad a lo largo del tiempo.

²¹ Este pericardio presenta características particulares como las que por ejemplo son caracterizadas por Latarjet & Ruiz, (2005) al mencionar que este tejido es un saco fibroso que envuelve al corazón, junto con la raíz de la aorta que sale del corazón, y a las raíces venosas que llegan a él, explicitando que se forma por dos partes, un pericardio fibroso, de características blanquecinas, recubierto por sus costados con acumulaciones adiposas, este pericardio fibroso, sirve como anclaje del corazón a otras estructuras por ejemplo, vasos sanguíneos, pleura pulmonar, ligamentos esternopericárdicos, lamina tirotimopericárdica, ligamento vertebropericárdico, entre otras estructuras. La segunda parte es el pericardio seroso que se constituye como una envoltura de dos hojas una visceral que rodea al epicardio y otra parietal en estrecho contacto con el pericardio fibroso hasta el punto que su disección y separación no es posible, mediante métodos convencionales. Como se resaltaba, el pericardio es un tejido versátil ya que permite la fijación en el mediastino, así como la protección del corazón, durante el ciclo cardíaco y los movimientos respiratorios.

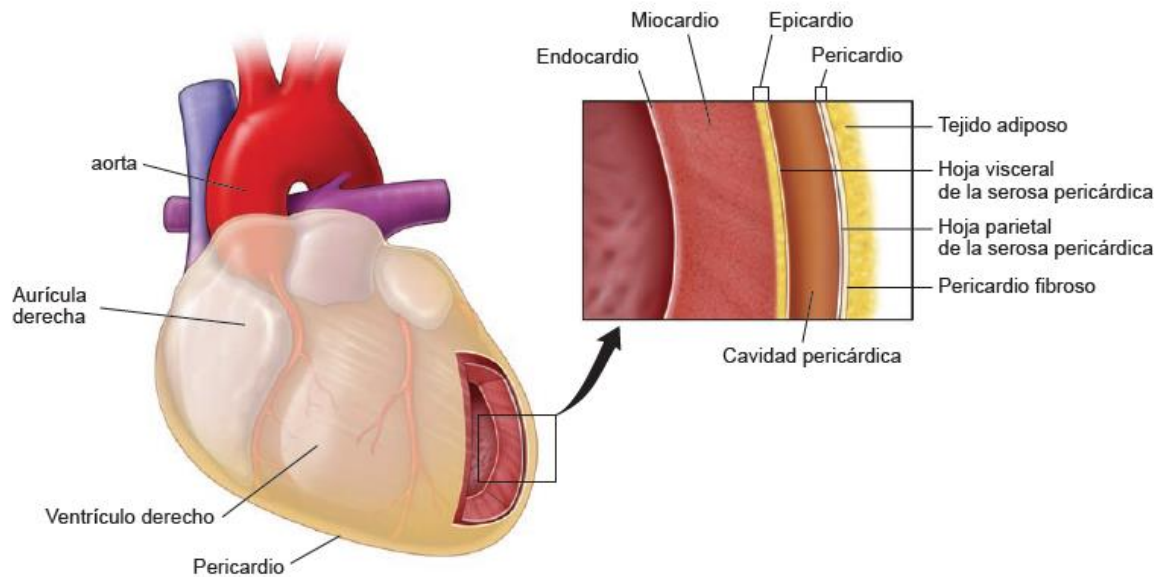


Imagen 5 Este diagrama esquemático muestra la relación anatómica entre las capas del corazón. En el mediastino medio, el corazón y las raíces de los grandes vasos están rodeados por el pericardio, que a menudo está cubierto por cantidades muy variables de tejido adiposo. El pericardio tiene dos capas: una capa fibrosa externa resistente llamada pericardio fibroso y una capa parietal serosa pericárdica que tapiza su superficie interna. (Tomado de Ross & Pawlina. 2016).

El corazón como cualquier otro tejido y paradójicamente a lo que se suele pensar en niveles de básica primaria²² no realiza un intercambio de sustancias con la sangre que circula al interior de las cavidades que se abordarán más adelante, este presenta un sistema vascular propio, que posibilita el intercambio de sustancias a nivel celular.

La vascularización arterial es posible gracias a los senos de Valsalva que se ubican en la raíz aórtica, muy cerca del anillo fibroso y en estrecho contacto con los velos que componen la válvula aórtica, estos elementos morfológicos se abordarán más adelante. De estos senos de Valsalva nacen dos prolongaciones arteriales denominadas arterias coronarias que irrigan al corazón con sangre arterial.

Como menciona Suárez y otros, (2007) “desde su origen siguen el surco

²² Retomando algunas de las experiencias de aula, que surgen durante los años previos a la elaboración del presente trabajo, generalmente los estudiantes de grado tercero suelen pensar que el corazón “toma” la sangre que necesita desde adentro, es decir del ventrículo izquierdo, y expulsan la sangre con “desechos” en el lado derecho del corazón, este cuestionamiento es interesante ya que problematizan el corazón y la circulación, hasta el punto de construir conjeturas, que tienen por lo general el mismo desenlace, es decir, el corazón toma y expulsa la sangre desde su interior.

auriculoventricular o coronario, rodeando la base cardíaca como una corona, los troncos principales se distribuyen por la superficie cardíaca siguiendo los surcos interauriculares e interventriculares” (p.71). Este sistema arterial presenta dos ramas que son aún hoy, estudiadas a profundidad por sus implicaciones en la medicina y la comprensión del corazón como un objeto de conocimiento. La rama coronaria izquierda se subdivide en dos ramas, la arteria circunfleja vasculariza las paredes del atrio izquierdo y la pared ventricular izquierda, específicamente la zona o cara pulmonar, la rama descendente anterior izquierda por su parte irriga de sangre la cara anterior izquierda del corazón (imagen 6).

La arteria coronaria derecha permite la irrigación sanguínea del lado derecho del corazón, tanto de las aurículas como de los ventrículos, así como de los nódulos sinusal y el nódulo atrioventricular. Por otra parte, y tomando en cuenta las observaciones de Moore & Agur (2003), la arteria coronaria derecha da origen a la gran arteria interventricular posterior y a la arteria marginal derecha.

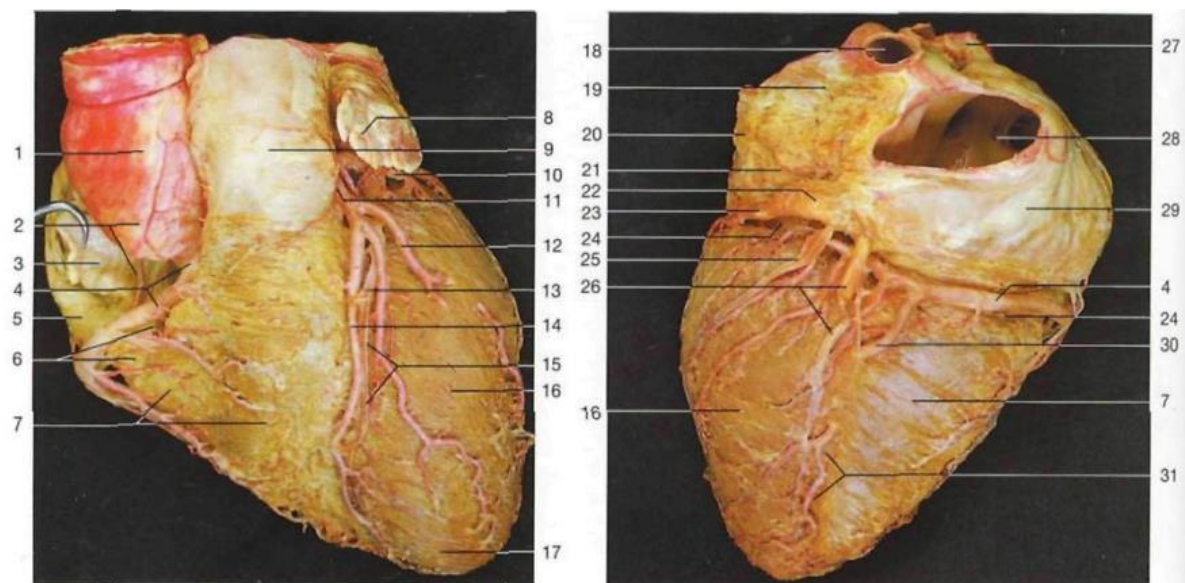


Imagen 6 Fotografía de las arterias coronarias. Se han resecaado el epicardio y el tejido adiposo subepicárdico, las arterias están inyectadas con tinta roja. A la izquierda se observa la vista anterior y a la derecha la cara posterior del tejido cardíaco. El numero 4 señala la arteria coronaria derecha, el numero 11 la arteria coronaria izquierda, con el numero 15 el surco interventricular anterior. (Tomado de Rohen, Yokochi, Lutjen. 2003)

Por otra parte la vascularización venosa, se da principalmente por la acción del seno coronario y la vena posterior del ventrículo izquierdo, la vena oblicua que colecta la sangre de la aurícula derecha, así como de las venas cardíacas mayores, media y

menor que llevan la sangre desde los ventrículos y parte de las aurículas hasta el seno coronario, el cual transporta toda la sangre venosa hasta la aurícula derecha, como explica Sinnatamby,(2003) el seno coronario es un “vaso ancho que, se halla en la porción posterior del surco auriculoventricular, cubierto por una túnica delgada de miocardio, abriéndose por el extremo derecho en la pared posterior de la aurícula, hasta la izquierda del orificio de la vena cava” (p.198).

Este sistema vascular venoso (imagen 7) es de gran importancia ya que recibe la sangre de todo el corazón, enviándola al atrio derecho para el posterior proceso de hematosis.

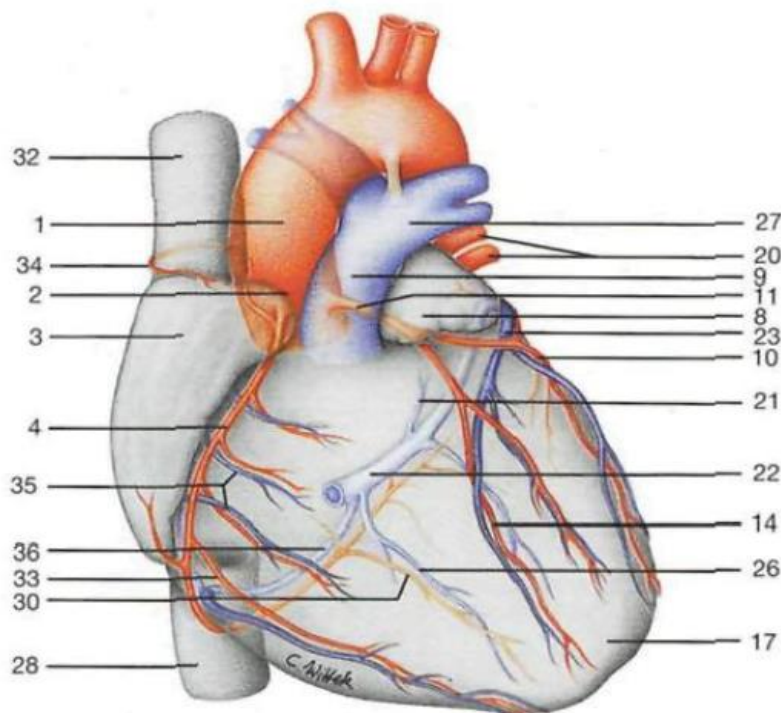


Imagen 7 Ilustración de la cara anterior del corazón, donde se observan las venas y arterias cardiacas, el número 22 señala el seno coronario, el 23 la vena cardiaca mayor, con el número 32 la vena cava superior, con el 33, rama marginal derecha, con el número 34, la arteria del nodo sinoatrial, finalmente con el número 36 la vena cardiaca menor. (Tomado de Rohen, Yokochi, Lutjen. 2003)

Este proceso de hematosis o de intercambio de sustancias de tipo gaseoso, permite el mantenimiento y desarrollo de los organismos, ya que la actividad cardiaca posibilita que las sustancias que se requieren para los procesos metabólicos intracelulares y que son captadas por vías digestivas y respiratorias, circulen y se distribuyan por cada una de las células del organismo. La actividad metabólica

propia de las células como sistemas autopoyéticos, permite la transformación de sustancias que son requeridas para llevar a cabo diferentes procesos de mantenimiento y desarrollo en el organismo, pero su actividad da como resultado otras sustancias que se pueden categorizar como desechos, al no ser utilizadas, ni almacenadas en el organismo, las cuales son expulsadas tanto por vías, digestivas, urinarias y respiratorias, estas últimas, particularmente, requieren de la actividad cardiaca para posibilitar así la circulación de ellas por el torrente sanguíneo hasta los riñones y alveolos pulmonares.

En este sentido la hematosis permite el mantenimiento del equilibrio entre el oxígeno requerido para llevar a cabo procesos metabólicos que posibilitan la liberación de energía, y el dióxido de carbono producto de la actividad metabólica que se da a nivel intra y extracelular. Estos dos gases se intercambian permanentemente gracias a los movimientos respiratorios que son estimulados por la actividad cardiaca, es decir se genera una interdependencia entre el corazón y los pulmones, ya que, sin la actividad cardiaca no sería posible la circulación de estas sustancias al interior del organismo y sin la actividad pulmonar estas sustancias no ingresarían al torrente sanguíneo, en este sentido se considera que la actividad del corazón, posibilita el mantenimiento y desarrollo de la homeostasis, al mantener un equilibrio dinámico entre las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono al interior del organismo, lo cual evita la aparición de eventos adversos que pueden afectar la vida del organismo, además que, su actividad permite la circulación de estas, originando un proceso denominado como circulación mayor y menor.

La circulación mayor y menor, posibilita que la sangre con concentraciones reducidas de oxígeno y un aumento en las concentraciones de dióxido de carbono, sea colectada por la vena cava superior e inferior, es importante mencionar que como se resaltaba en párrafos anteriores, la sangre del sistema vascular cardiaco, desemboca en esta porción venosa que se comunica directamente con el atrio derecho, el cual durante la sístole envía la sangre venosa, al ventrículo derecho que, eyecta la sangre hacia las arterias del tronco pulmonar, hasta los pulmones

durante la sístole ventricular derecha. Es precisamente en los campos alveolares donde el aumento de la vascularización capilar permite que se realice un intercambio en el cual, como explica Minuchin,(2008) “el oxígeno y el dióxido de carbono deben atravesar tanto la membrana alveolo-capilar, como la membrana célula-capilar, permitiendo así, el intercambio entre el aire del alveolo y la sangre capilar dentro de los pulmones” (p.52). Posterior a este proceso de intercambio, la sangre que circula por los capilares alveolares, es enviada hasta el atrio izquierdo, donde la sangre oxigenada circula hasta el ventrículo izquierdo, para ser eyectada durante la sístole ventricular a la arteria aorta, la cual se ramifica por todo el cuerpo, posibilitando así el transporte de sustancias a nivel celular por el organismo, sin olvidar que parte de la sangre eyectada por el ventrículo izquierdo ingresa al sistema vascular propio del corazón, es decir las arterias coronarias y sus ramificaciones, indispensables para el mantenimiento de la actividad cardiaca, y por lo tanto de los procesos circulatorios que posibilitan el equilibrio dinámico de los gases presentes en el torrente sanguíneo.(imagen 8).

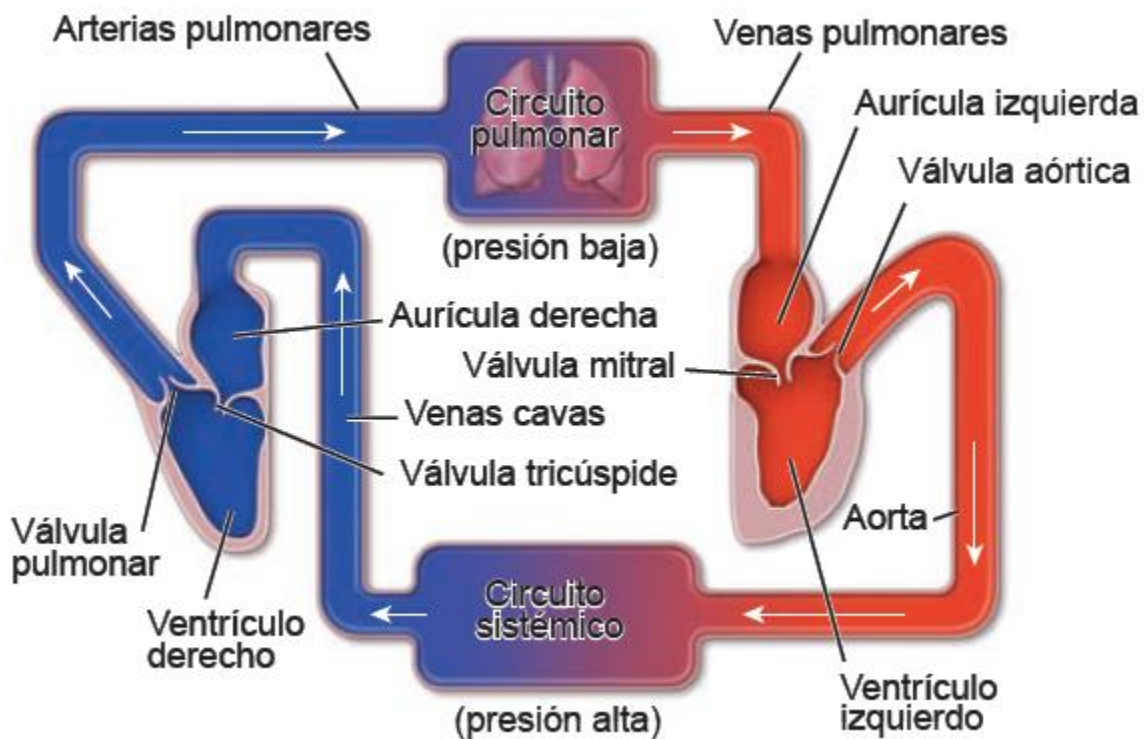


Imagen 8 Este diagrama muestra los lados derecho e izquierdo del corazón separados artificialmente. El lado derecho del corazón bombea sangre a través del circuito pulmonar, de baja presión. La aurícula derecha recibe sangre desoxigenada que retorna del cuerpo a través de la vena cava inferior y superior. (Tomado de Ross & Pawlina. 2016)

En este sentido y como puntualiza Faller & Schünke (2006) durante la circulación menor o pulmonar, la sangre que proviene del cuerpo con escasa concentración de oxígeno y un aumento significativo en las concentraciones de dióxido de carbono entre otras sustancias producto del metabolismo celular, es transportada por la actividad cardiovascular hasta los alveolos pulmonares, donde ocurre el proceso de hematosis y posterior a este la sangre ahora oxigenada retorna al corazón particularmente al atrio izquierdo para posteriormente por acción de la sístole ventricular izquierda ser eyectada al organismo, iniciando así el proceso cíclico de circulación mayor, hasta ser colectada por la vena cava que dirige la sangre al atrio derecho, para ser enviada durante la sístole ventricular derecha a los pulmones donde inicia nuevamente el proceso de la circulación menor.

Teniendo en cuenta lo anterior este proceso circulatorio que se describe fue posible a los planteamientos y disertaciones de Galeno, Vesalio, Servet y Harvey, sin dejar de lado la importancia de técnicas como la disección y la microscopía. En este sentido la circulación posibilita la ejecución de procesos metabólicos que permiten el mantenimiento de los organismos y los tejidos a nivel celular, es decir, la circulación como actividad cardiaca, permite junto con la actividad pulmonar, el mantenimiento dinámico de los gases presentes en el torrente sanguíneo, resaltando así, su papel en la homeostasis de los organismos.

Sin lugar a dudas el conocimiento de la morfología interna del corazón, fue uno de los principales obstáculos epistemológicos en la construcción de un cuerpo explicativo de la circulación y la actividad cardiaca, propuesta por Harvey, es así como se procederá a mencionar algunos de los elementos que permiten comprender la importancia de la estructura interna del corazón en el mantenimiento de la homeostasis.

Si se atravesara el pericardio, epicardio, miocardio y endocardio, se observaría que el corazón se organiza internamente en cuatro cavidades, (imagen 9) dos superiores denominadas atrios o aurículas, las cuales son de menor tamaño en comparación

a los dos ventrículos de forma piramidal que se ubican inmediatamente debajo de ellas.

El atrio derecho recibe la sangre venosa, mientras el izquierdo recibe la sangre arterial, una vez la sangre llega a estas cavidades es enviada a los ventrículos, los cuales presentan un mayor tamaño y ejercen una presión superior a los atrios. Los ventrículos eyectan la sangre fuera del corazón, el derecho a los pulmones²³ y el izquierdo a todo el organismo a través de la arteria aorta, la cual gracias al seno aórtico irriga el miocardio con sangre arterial²⁴.

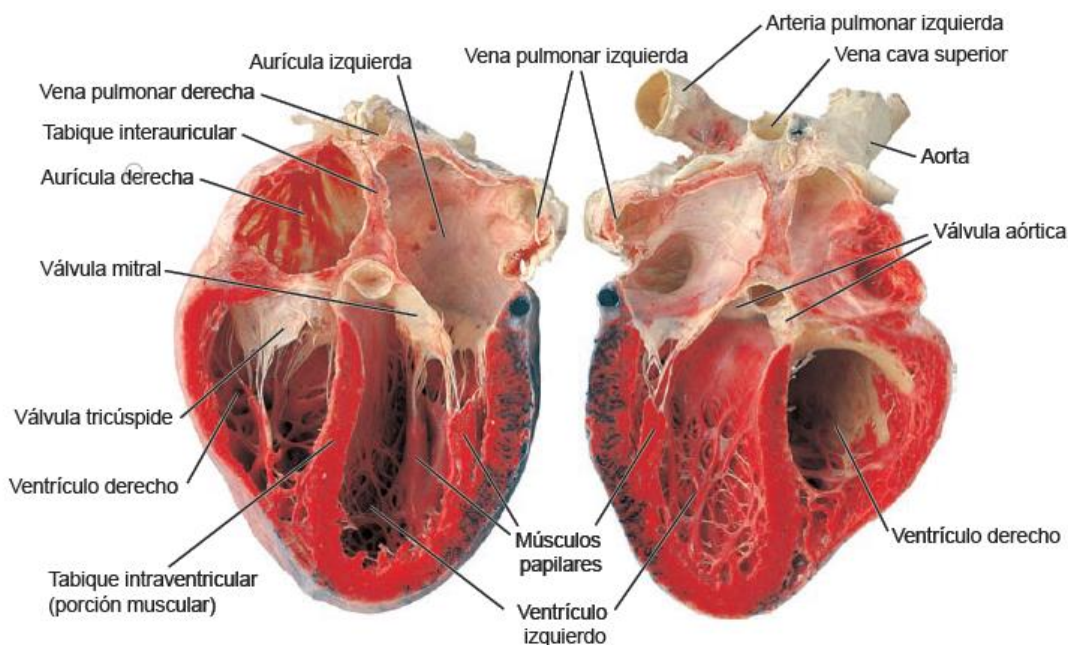


Imagen 9 Fotografía del corazón humano. Esta muestra se seccionó por un plano oblicuo para ver todas las cavidades cardíacas. La parte posterior del corazón está a la izquierda; la parte anterior se ha retirado y se exhibe a la derecha. Debe observarse el espesor de las paredes ventriculares y el tabique interventricular. También se ve el tabique interauricular, que separa las aurículas. (Tomado de Ross & Pawlina. 2016)

Los atrios son separados por el septointerauricular, mientras que los ventrículos derecho e izquierdo se separan por el septo interventricular, estos septos son de

²³ Este recorrido circulatorio en el cual los atrios reciben la sangre que proviene del organismo por vías venosas, para posteriormente mediante la sístole auricular, terminar de llenar los ventrículos, y estos eyectar la sangre hacia el tronco pulmonar mediante la sístole ventricular derecha, se denomina circulación menor

²⁴ Es importante aclarar que, durante la sístole ventricular izquierda, la sangre que proviene de los pulmones posterior al proceso de hematosis, es eyectada hacia la arteria aorta que irriga a todo el organismo, pero a la altura de su raíz, la sangre es enviada al seno arterial, que irriga de sangre oxigenada el tejido cardiaco, este sistema vascular arterial es conocido como arterias coronarias.

gran importancia no solo morfológicamente hablando, ya que de su integridad depende que la sangre proveniente de los pulmones, no se mezcle con la sangre que desemboca del seno coronario²⁵ y la vena cava superior e inferior, lo que podría derivar incluso en la inviabilidad del organismo²⁶.

Como se puede observar hasta este momento, el corazón está dividido longitudinalmente en dos partes, una izquierda y otra derecha por los septos auriculares y ventriculares. Cada lado es separado por el efecto estructural del esqueleto cardíaco, el cual se compone principalmente por tejido conjuntivo denso, que es penetrado por el haz de His, este tejido posibilita la inserción de los músculos ventriculares y auriculares, así como la separación de los atrios y ventrículos, pero también en palabras de Welsch & Sobotta (2006) “(imagen 10) dentro de este tejido conjuntivo hay bandas anulares colágenas y los anillos fibrosos, sobre los que se insertan las válvulas auriculoventriculares y las válvulas semilunares, cada una, en un anillo fibroso del esqueleto cardíaco.” (p. 257-258)

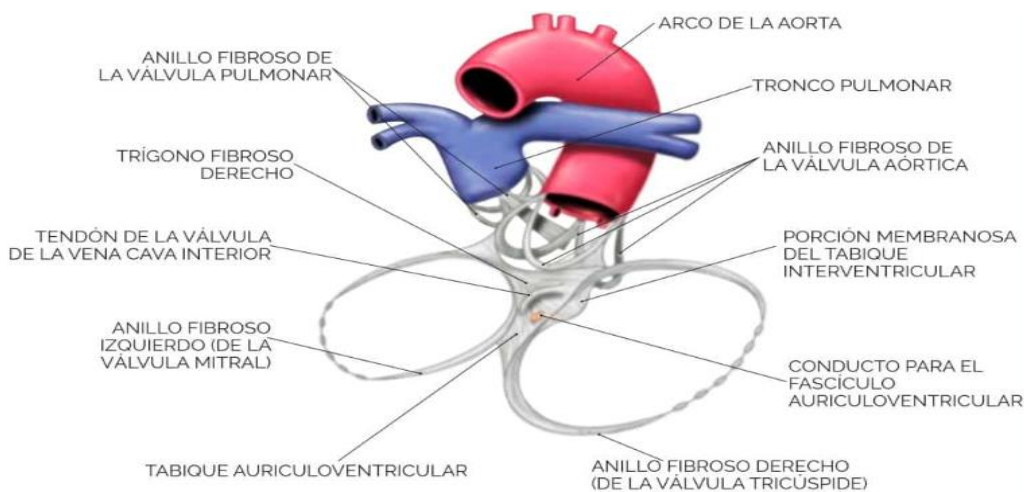


Imagen 10 Representación gráfica de la disposición del esqueleto fibroso, en la imagen se observan los anillos donde se anclan las válvulas semilunares y atrioventriculares, se aprecia el trígono derecho e izquierdo, de gran importancia en la inervación nerviosa del corazón (Imagen recuperada de <https://paradigmia.com/curso/anatomia-humana/modulos/el-corazon/temas/capas-del-corazon/>).

²⁵ Este seno coronario es el punto donde desembocan ramas vasculares de tipo venoso del corazón, este seno permite que la sangre venosa del tejido cardíaco, desemboque en el atrio derecho, junto con la sangre que circula por la vena cava superior e inferior.

²⁶ Aunque en la actualidad la perforación o comunicación ventricular por daños estructurales del septo o tabique interventricular se considera patológica, en las explicaciones de Galeno se consideraba como algo natural en los organismos y era denominado como poros invisibles, los cuales permitían la mezcla de la sangre espirituosa con la sangre nutritiva, proveniente del hígado.

Este esqueleto cardiaco además de ser un gran soporte estructural y morfológico, resiste las presiones producto del trabajo cardiaco, en especial la proveniente del ventrículo izquierdo, su tejido al no ser conductor permite un aislamiento eléctrico, entre aurículas y ventrículos, ya que sus características fibrosas posibilitan que, tomando como referencia a Guyton & Hall (2016) los potenciales de acción se transmitan exclusivamente por el haz de His, y sean previamente detenidos solo unas milésimas de segundo en el nódulo atrioventricular, garantizando así la ritmicidad del corazón y evitando que los potenciales de acción se transmitan instantáneamente, lo que podría afectar e incluso poner en riesgo la vida del organismo.

Al esqueleto cardiaco se anclan las cuatro válvulas presentes al interior del corazón, que histológicamente se pueden considerar como repliegues del endocardio (imagen 11), las cuales son cruciales en la circulación concurrente del flujo sanguíneo, evitando así un flujo retrógrado²⁷ que signifique una poscarga adicional de las cavidades cardiacas, es decir, su correcta actividad posibilita el ciclo cardiaco, el mantenimiento de la estructura muscular cardíaca e inclusive prolonga la integridad de los grandes vasos sanguíneos, en este sentido las válvulas evitan eventos compensatorios y de remodelamiento en caso de presentarse alguna patología valvular²⁸. Estas válvulas se fijan estrechamente al tejido fibroso,

²⁷ Si las válvulas son insuficientes y permiten que el flujo retrógrado que se da durante un pequeño espacio de tiempo, regrese al ventrículo, este se expone a un volumen sanguíneo mayor o poscarga, el cual afecta directamente la morfofisiología ventricular. Esta afección es conocida como insuficiencia valvular, siendo predominante en las válvulas semilunares, particularmente en la aórtica, que puede ser afectada por procesos degenerativos, infecciones de tipo bacteriano o fúngico como en la endocarditis, así como por la fiebre reumática, presentándose incluso de forma congénita, en las que válvula no se desarrolla adecuadamente, o desarrolla solo dos de sus valvas, es decir una válvula bicúspide. Esta patología es explicada por Solomon, Wu, & Gillam (2019) como “alteraciones en las cúspides valvulares, incluido el aumento de tamaño del anillo y los senos o, con menos frecuencia, por el prolapso de un colgajo de disección aórtica a través de la válvula.” (p.212)

²⁸ Las válvulas además de evitar el flujo retrógrado de la sangre que circula al interior del corazón, posibilitan el ciclo cardiaco, al fallar una válvula, por ejemplo la aórtica, se presentan eventos compensatorios a nivel ventricular e inclusive a nivel de la arteria aorta en su porción ascendente, ya que se produce un aumento considerable en la precarga que como explica (Castro, Rincón, & Cely, 2006) favorece “la contractilidad (ley Starling); debido al volumen sanguíneo que se mueve durante la sístole y al aumento de presión sistémica, se incrementa la fatiga mural (ley Laplace), por lo tanto una poscarga excesiva que puede deteriorar la función del ventrículo” (p.539), estos eventos pueden causar un paulatino remodelamiento ventricular, que desencadene en eventos de disfunción ventricular e insuficiencia cardiaca, a nivel de la arteria aorta, se suelen presentar dilataciones e incluso aneurismas.

tendinoso y no conductor del esqueleto cardiaco, el cual como se mencionaba anteriormente se compone principalmente de tejido conectivo, formando así cuatro anillos, alrededor de las válvulas atrioventriculares , en el anillo derecho o *Anulus fibrosus dexter cordis* se ancla la válvula tricúspide y en el anillo fibroso izquierdo o *Anulus fibrosus sinister cordis* la válvula mitral, en el anillo aórtico se ancla la válvula aórtica y en el anillo pulmonar la válvula pulmonar.

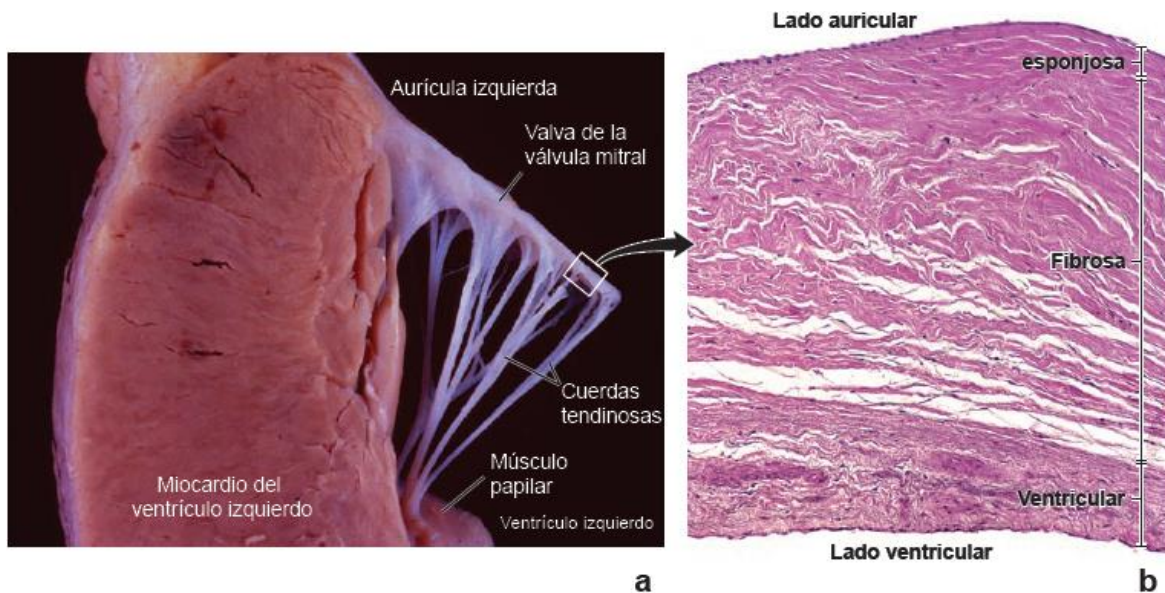


Imagen 11 Esta fotografía muestra un corte sagital de la pared posterior del ventrículo izquierdo y la valva posterior de la válvula mitral. Las cuerdas tendinosas se extienden desde el músculo papilar hasta el lado ventricular de la valva de la válvula mitral. Debe tenerse en cuenta el espesor del miocardio en el ventrículo izquierdo. La superficie interna brillante del corazón corresponde al endocardio; la superficie exterior del miocardio está cubierta por el epicardio. (Tomado de Ross & Pawlina. 2016)

Por otra parte, y dando continuidad a la caracterización del esqueleto cardiaco se resalta lo explicado por Paulsen & Waschke (2017) “entre los anillos fibrosos se encuentra el trígono fibroso derecho por el que el fascículo de His del sistema de conducción de impulsos pasa del atrio derecho al septo interventricular” (p.43), estos trígonos son el resultado del punto de contacto entre los anillos valvulares,(imagen 10) el trígono izquierdo de menor grosor se ubica detrás lateralmente del anillo aórtico y por delante del anillo mitral, en cambio el trígono derecho se ubica detrás del anillo aórtico y adelante en medio de los anillos izquierdo y derecho, por el que se inserta como se mencionó anteriormente el fascículo de His, el cual transporta los potenciales de acción desde las aurículas a

lo largo de los ventrículos los cuales están inervados por las células de Purkinje.

Como se mencionaba anteriormente estas válvulas presentan unas características que posibilitan su clasificación en atrioventriculares y semilunares. Las válvulas atrioventriculares permiten la separación del sincitio atrioventricular, es decir separa al atrio del ventrículo y evita que la sangre retorne del ventrículo al atrio, manteniendo el flujo concurrente de la sangre en sentido atrio, ventrículo, sirviendo a su vez como un aislante de los potenciales de acción y retomando la idea de párrafos anteriores, garantizando que estos potenciales se transmitan por el haz de His y posteriormente a las células de Purkinje. La válvula atrioventricular derecha se denomina tricúspide y la válvula atrioventricular izquierda se denomina mitral, ya que morfológicamente es similar a la mitra de los obispos.

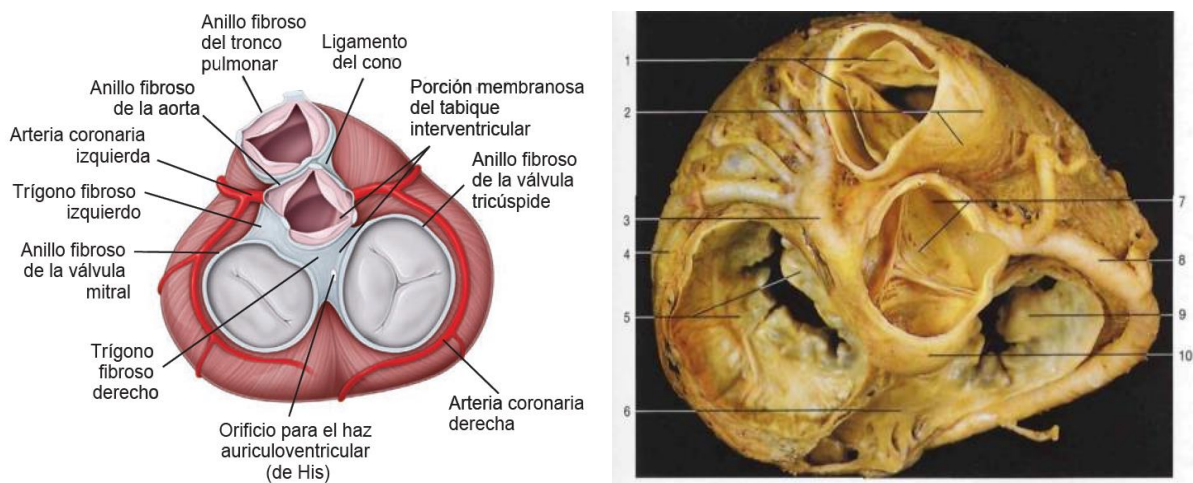


Imagen 12 A la izquierda representación del Esqueleto fibroso del corazón al quitar las dos aurículas. La malla fibrosa (coloreada en azul) sirve para la fijación del músculo cardíaco y también para la inserción de las válvulas auriculoventriculares y semilunares aórtica y pulmonar. El haz auriculoventricular (haz de His) atraviesa la porción membranosa del tabique en su trayecto desde la aurícula derecha. (Tomado de Ross & Pawlina. 2016). A la derecha fotografía de las válvulas, desde su vista superior. Se han resecado ambas aurículas. Disección de las arterias coronarias. Con el número 1 se observan los tres velos de la válvula pulmonar, con el número 7 se aprecian la comisura de los tres velos valvulares de la válvula aórtica, con el 5 se observa los dos velos de la válvula mitral, con el 9 se señalan los tres velos de la válvula tricúspide. (Tomado de Rohen, Yokochi, Lutjen. 2003)

Es necesario resaltar que estas válvulas guardan estrecha similitud histológica, y que como explican Ovalle, Nahirney, & Frank (2021) morfológicamente presentan diferencias, por ejemplo, la válvula atrioventricular derecha o tricúspide tiene tres velos valvulares, aunque en ocasiones no se pueden identificar adecuadamente por la variabilidad de la comisura anteroposterior, mientras que la mitral solo dos, por lo

que recibe la denominación de bicúspide²⁹. Las válvulas atrioventriculares (imagen 12), presentan unos bordes o márgenes los cuales continúan como cuerdas tendinosas³⁰, que se anclan a los músculos papilares de los ventrículos, permitiendo la estabilidad y funcionalidad durante la vida del organismo.

Este sistema, velo valvular, cuerda tendinosa, músculo papilar, es exclusivo de las válvulas mitral y tricúspide, (imagen 13) estando ausente en las válvulas pulmonar y aórtica. Este sistema resalta Guyton & Hall (2016) no posibilita la abertura y cierre de la válvula, ya que, al contraerse las paredes ventriculares, se tensa el músculo papilar, tirando de los velos valvulares hacia adentro, impidiendo que protruyan demasiado hacia las aurículas durante la sístole ventricular. Partiendo de lo anterior, se puede establecer la importancia de este sistema exclusivo de las válvulas atrioventriculares, en el cual, de romperse una cuerda tendinosa, o presentarse un evento que altere la morfología y fisiología del músculo papilar, podría traer consecuencias graves e inclusive letales como la muerte del organismo, debido posiblemente a una insuficiencia cardiaca congestiva, producto del vaciado y llenado anormal de los atrios.

Por otra parte las válvulas semilunares permiten el flujo sanguíneo concurrente de los ventrículos al exterior del corazón, en el caso de la válvula semilunar derecha o pulmonar, la sangre es eyectada del ventrículo derecho al tronco pulmonar hacia los pulmones, para el proceso de hematosis, por su parte el ventrículo izquierdo

²⁹ Diferente a la patología congénita de las válvulas semilunares, particularmente la aórtica, en la que no se desarrollan los tres velos valvulares, esta patología es ampliamente investigada en la actualidad, por sus múltiples implicaciones morfológicas y fisiológicas producto de la remodelación que puede sufrir la estructura cardiaca, aunque no todos los casos implican la progresión de algún evento patológico, un porcentaje significativo puede desarrollar alguna patología asociada a lo largo de la vida. Esta patología es explicada por Galian & Evangelista (2006) al mencionar que, existe una clasificación según la fusión de los velos valvulares, la morfotipo I, es el resultado de la fusión entre el velo coronario izquierdo y derecho, recibiendo una denominación coloquial como boca de pez, el morfotipo II, como resultado entre el velo no coronario y el velo coronario derecho, ocasionando una apertura laterolateral, finalmente el morfotipo III, la cual es poco habitual en el que se fusiona el velo coronario derecho y el velo no coronario.

³⁰ Explica Netter & Engelhardt, (2003) que estas cuerdas se dividen en tres grupos, las de primer orden evitan una inversión de los velos hacia la aurícula, las de segundo orden, constituyen el aparato de tensión de la válvula, se anclan insertándose en la superficie ventricular, son muy resistentes debido a sus características musculares y tendinosas, finalmente las de tercer orden, que forman bandas de tracción y tienen su origen en el septointerventricular.

ejerce mayor fuerza de eyección, expulsando la sangre hacia la arteria aórtica y posteriormente a todo el cuerpo, incluido el corazón, es importante mencionar que estas válvulas se cierran por diferenciales de presión entre el interior del ventrículo y los vasos sanguíneos exteriores, un pequeño porcentaje de sangre retorna ayudando a cerrar los velos valvulares.

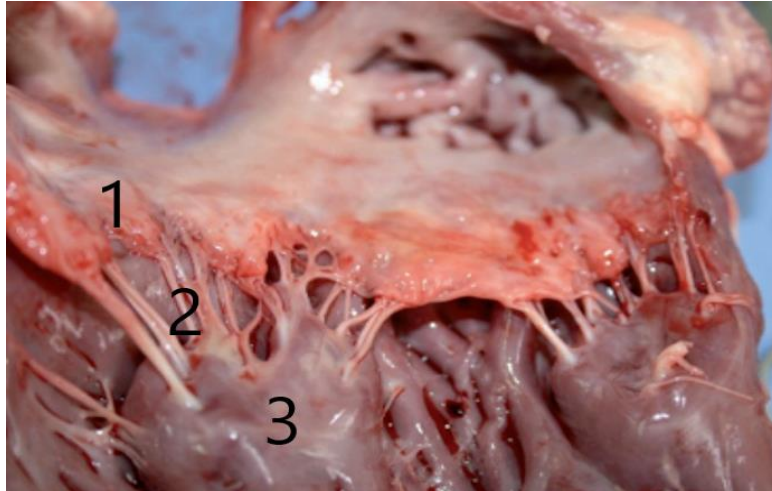


Imagen 13 Fotografía de la disección de la aurícula izquierda, se observan las tres porciones del sistema velo con el número 1, cuerda tendinosa con el número 2 y músculo papilar con el número 3, cada porción recubierta por endocardio. (Imagen modificada de Neiza, 2017)

Morfológicamente hablando estas válvulas se componen de tres velos valvulares, por lo que solían ser conocidas junto con la válvula tricúspide como, válvulas trivalvas, aunque posteriormente esta denominación dejó de ser utilizada por las confusiones que podría ocasionar, empleándose en la actualidad la denominación de semilunares, por un lado la válvula aórtica presenta una inserción semilunar entre la salida ventricular y la arteria, en cambio la válvula tricúspide se encuentra insertada en el anillo fibroso y el ventrículo derecho justo en la unión de la arteria pulmonar.

La válvula aórtica (imagen 14) cómo explican Webb, Smallhorn, Therrien, & Redington (2019) se compone estructuralmente de tres valvas en las que sus cúspides derecha e izquierda tienen su origen en las arterias coronarias, en cambio el velo derecho tiene un origen no coronario, es decir no se comunica con ninguna arteria, pero se encuentra en estrecho contacto con la valva anterior de la válvula mitral. Estos senos aórticos en las valvas que conforman la válvula aórtica permiten

la irrigación sanguínea a las arterias coronarias, fundamentales para el proceso de respiración celular. Por otra parte, la válvula pulmonar presenta características similares a la aórtica, exceptuando los orificios coronarios en los senos de las valvas.



Imagen 14 Fotografía de la disección del corazón de cerdo vista superior de la porción de la arteria ascendente, al fondo se observan los tres velos que componen a la válvula aórtica (Fuente propia)

Antes de continuar con la descripción y reflexión de la morfología interna y externa del corazón, es necesario realizar una comparación que permita caracterizar las particularidades que hacen del músculo cardíaco, un tejido diferente al liso y al estriado esquelético, esto fue posible gracias a los avances en los instrumentos y técnicas de microscopía³¹, que permitieron reconocer e identificar las diferencias histológicas que se presentan en la morfología del tejido cardíaco y que a su vez hacen del corazón un objeto de estudio y conocimiento en las ciencias naturales y en la educación básica.

Como bien explica Ross & Pawlina (2016) la observación de los tejidos al microscopio permite reconocer que los núcleos de las células del tejido estriado o esquelético son subsarcolémicos generalmente multinucleados, en cambio en la estructura del músculo cardíaco el núcleo está en el centro de las células, por otra

³¹ Sin lugar a dudas los avances en los instrumentos de observación, junto con las técnicas, permiten avances significativos en la comprensión de los tejidos cardíacos, lo cual favorece la progresión de la ciencia y la medicina, así como en la calidad de vida de las personas.

parte la organización de estos dos tejidos es similar, ambos presentan filamentos contráctiles, pero en las células musculares cardíacas, las fibras configuran estriaciones transversales, en las que se observan bandas cruzadas que se conocen como discos intercalares, los cuales atraviesan las fibras de modo lineal, estos discos son sitios de adhesión muy especializados, en los que la unión célula a célula produce fibras de diferentes longitudes. Esta especialización de unión no está presente en las fibras musculares, estriadas, viscerales y esqueléticas, ya que están constituidas por células individuales multinucleadas, en este sentido las fibras musculares cardíacas se pueden unir con dos o más células a través de los discos intercalares configurando grandes fibras ramificadas.

Según lo anterior estos discos (imagen 15) intercalares y la especialización celular que permite la formación de grandes fibras que incluso se ramifican, configuran un sincitio, posibilitando que el miocardio lata de forma rítmica y coordinada, garantizando así el ciclo cardíaco del cual se hablará más adelante. Antes de cerrar este apartado sobre la morfología interna y externa del corazón, se hace necesario profundizar sobre los tipos de tejido cardíaco, ya que la reflexión de estos, posibilita la comprensión del corazón como una estructura dinámica que favorece la homeostasis de los organismos.

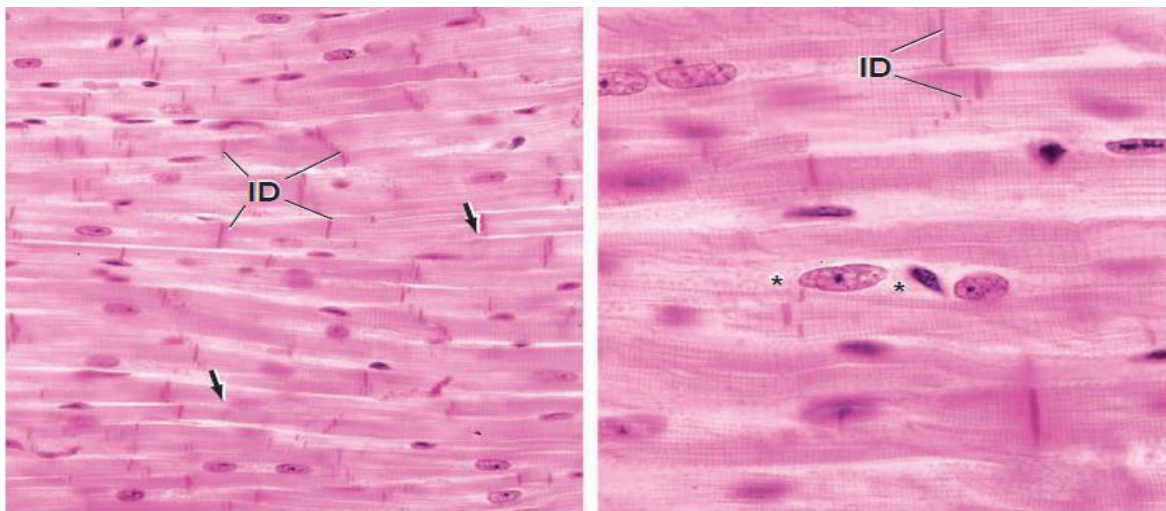


Imagen 15 Micrografía, muestra de un corte longitudinal del músculo cardíaco humano, aumento 160 X. Las fibras musculares están dispuestas en forma horizontal en la fotografía y muestra estriaciones transversales. Sin embargo, además de las estriaciones transversales regulares (las más frecuentes) existe otro grupo de bandas transversales muy pronunciadas, los discos intercalares (ID). Los discos intercalares suelen verse como una banda recta, pero en ocasiones se disponen en forma escalonada como en la fotografía a la derecha. (Tomado de Ross & Pawlina. 2016)

Ahora y como se mencionaba anteriormente, el corazón se compone de tres tejidos (imagen 5), el más externo y en inmediato contacto con el miocardio, es el epicardio que se conoce también como la capa visceral de la serosa del pericardio, en la parte media se encuentra el miocardio, el cual gracias a su estructura de sincitio posibilita la contractibilidad rítmica del músculo cardíaco, y finalmente en estrecho contacto con las válvulas, cuerdas tendinosas y la sangre que circula al interior del corazón, se encuentra el endocardio. A continuación, se tratará de puntualizar sobre sus principales características morfológicas y las relaciones estructurales que mantienen con el esqueleto cardíaco.

El **epicardio** es la capa más interna del pericardio, es decir, su capa visceral que recubre el miocardio, se compone principalmente por una capa de células mesoteliales y tejido conjuntivo, que como explica Patton (2020) “la capa externa del pericardio, es el pericardio parietal, que está situado alrededor del corazón como un saco suelto que deja espacio suficiente para el latido cardíaco” (p.271), estas capas se deslizan sin producirse daño, ya que en el espacio que se forma entre ellas, hay aproximadamente 50 mL de líquido pericárdico, que evita el desgaste de estos tejidos y el daño del corazón durante cada latido del ciclo cardíaco. (imagen 5) Por otra parte, como menciona Ross & Pawlina (2016) “el epicardio se refleja a la altura de los grandes vasos que llegan y abandonan al corazón, como la capa serosa pericárdica que tapiza la superficie interna del pericardio que rodea el corazón y las raíces de los grandes vasos” (p.441), sirviendo a su vez como el primer tejido de inserción de los vasos sanguíneos, el sistema linfático, y las redes nerviosas.

Como se mencionaba, el epicardio, está en estrecho contacto con el **miocardio** que se ancla al esqueleto cardíaco por diferentes puntos de fijación. Este tejido se compone principalmente por cardiomiocitos, células con gran cantidad de mitocondrias y depósitos de glicógeno, necesario para su constante actividad, además son altamente especializadas en la autoexcitación y conducción de los potenciales de acción que viajan a lo largo del sistema eléctrico cardíaco, para

posteriormente llegar el tejido subendocárdico y el endocardio durante la contracción y relajación del ciclo cardiaco.

Este tejido es el más grueso de los tres que componen al corazón, además permite su contracción rítmica, gracias al sincitio que forman los discos intercalares (imagen 15). Este tejido es de gran importancia ya que en él se inserta el sistema de conducción eléctrico cardíaco, en el que se profundizará más adelante. Por otra parte Ross & Pawlina,(2016) proponen que “El miocardio de los ventrículos es sustancialmente más grueso debido a la mayor presión que se necesita para bombear la sangre a través de la circulación pulmonar y sistémica” (p.442), si se compara morfológicamente los ventrículos y las aurículas se hace evidente el menor tamaño de estos últimos (imagen 9), así como un miocardio más reducido ya que la fuerza de eyección que realizan es menor en comparación a la de los músculos ventriculares.

Las características del miocardio que se estudian hasta este momento, permiten resaltar algunas que lo hacen particularmente distinto al tejido musculoesquelético, ya que los cardiomiocitos no presentan una actividad individual, la presencia de los discos intercalares permiten la conformación de un sincitio en el miocardio, es decir células que se unen mediante su membrana formando así grandes ramas de longitud variable, que posibilitan el transporte de los potenciales de acción que se generan de forma automática en el nódulo sinoauricular o también llamado sinusal, originando así una actividad, rítmica y coordinada, fundamental en el mantenimiento de la dinámica del ciclo cardiaco.

Siguiendo con la capa más interna del músculo cardiaco se encuentra el **endocardio**, que, como se mencionaba en párrafos anteriores está en contacto permanente con la sangre, revistiendo el miocardio mediante tejido conjuntivo laxo subendocárdico, que permite establecer una relación morfológica con este. Por otra parte, el tejido subendocárdico presenta altas concentraciones de células de Purkinje, que se ramifican a lo largo de los ventrículos y permiten la transmisión de

potenciales de acción que se generan de forma automática en el nódulo sinoauricular y que son transportados por el haz de His hasta estas ramificaciones ventriculares.

Por otra parte, como explica Eynard & Muñoz,(2008) el endocardio está constituido por células poligonales que conforman el endotelio vascular, que revisten separadamente la cámara derecha e izquierda del corazón, presentando un grosor y densidad variable en los atrios y los ventrículos, este tejido recubre el sistema valvular, así como a las cuerdas tendinosas y los músculos papilares de las válvulas atrioventriculares, es decir la tricúspide y mitral. Teniendo en cuenta lo anterior se hace necesario establecer relaciones más precisas entre los tejidos cardiacos, las cuales se pueden abordar desde la exploración del sistema de conducción cardiaco, facilitando así, el posterior estudio y reflexión de la actividad cardiaca (imagen 16).

Como se mencionó anteriormente el corazón presenta tres tejidos, los cuales se organizan por la unión de los cardiomiocitos mediante discos intercalares que conforman un gran sincitio miocárdico, permitiendo así la contracción rítmica y coordinada de los tejidos cardiacos. Esta posibilidad de contraerse y relajarse rítmicamente y en intervalos de tiempo periódicos, fue investigada desde antes de 1800, pero fue casi hasta 1906 que se empieza a establecer una explicación que posibilita entender tan complicado e interesante sistema de conducción cardiaca, esta importante historia del estudio del corazón es resumida a continuación por Sánchez & Yen (2003), quienes explican muy puntualmente lo siguiente:

“Los estudios clásicos de Stannius en 1852 fueron los primeros que propusieron que la conducción cardíaca era de tipo miogénica³². Hace aproximadamente un siglo que se demostró que un tejido muscular especializado era el responsable de la iniciación y diseminación del latido cardíaco. En 1906, Sunao Tawara clarificó la existencia de un haz descrito por His en 1893, y Keith y Flack en el mismo año que Tawara, confirmaron la existencia del sistema His-Tawara y, además, un año después describieron la estructura del nodo sinoauricular (SA). Aunque Purkinje fue el primer autor en describir fibras ventriculares especializadas, no fue consciente de

³² Haciendo referencia a la capacidad del corazón para autoexcitarse gracias a la actividad del nódulo sinusal o sinoauricular. En otros tejidos musculares la actividad sería de tipo neurogénico, ya que la estimulación proviene directamente de las terminales nerviosas.

su relevancia en la estructura del corazón, y fue Tawara quien puso de relieve que el haz descrito por His se continuaba con las fibras ventriculares de Purkinje” (p. 1895.)

Este intrincado y complejo sistema de conducción cardíaca de los potenciales de acción, tienen su origen en el nódulo sinusal o auriculosinusal, conocido cotidianamente como el marcapasos natural, el cual se localiza a nivel subepicárdico y es descrito por Guyton & Hall (2016) como una “banda elipsoide, aplanada de aproximadamente 3 mm de anchura, 15 mm de longitud y 1 mm de grosor. Localizado en la pared posterolateral superior de la aurícula derecha, inmediatamente inferior, ligeramente lateral a la desembocadura de la vena cava superior” (p.320). Este nódulo sinusal tiene la capacidad de auto excitarse (imagen 16), despolarizando los cardiomiocitos del tejido cardíaco mediante el transporte de estos potenciales de acción que se propagan desde el nódulo sinusal por las vías Internodulares posterior, media y anterior a nivel de la aurícula derecha, y a la aurícula izquierda por el fascículo de Bachmann, el cual se prolonga desde la vía inter nodular considerándose como una vía rápida de comunicación interauricular, que permite la contracción simultánea de los atrios o aurículas.

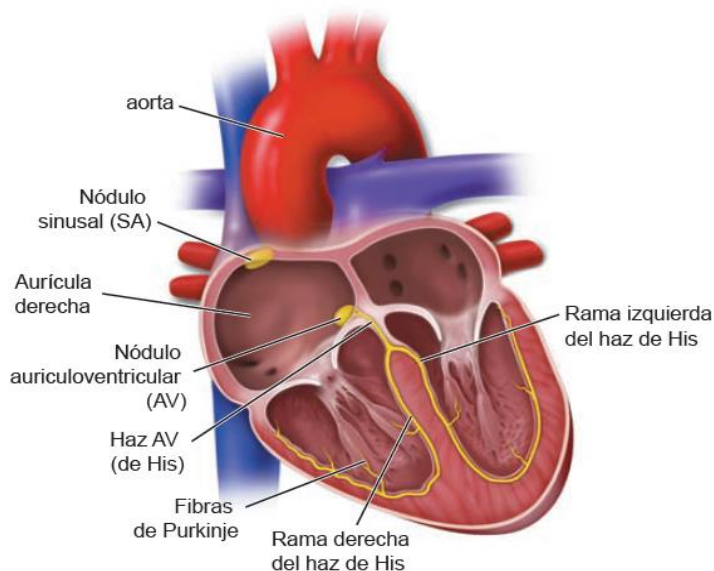


Imagen 16 Ilustración del corazón y el sistema de conducción eléctrico. El corazón se muestra seccionado en un plano frontal para dejar expuesto su interior y las partes principales del sistema de conducción cardíaca (coloreado en amarillo). Los impulsos se generan en el nódulo sinusal (SA), se transmiten a través de la pared auricular hasta el nódulo auriculoventricular (AV) y después de atravesar el haz AV se distribuyen por las fibras Purkinje. (Tomado de Ross & Pawlina. 2016)

Una vez el potencial de acción se transmite desde el nódulo sinusal , a las aurículas por las vías internodales e interauriculares, continúa su recorrido al nódulo atrioventricular que como menciona Netter & Engelhardt, (2003) se “halla en el suelo de la aurícula derecha, inmediatamente antes de la desembocadura del seno coronario y por encima de la estructura valvular tricuspídea septal, prolongándose hacia las fibras miocárdicas de la aurícula y en las vías de conducción internodales” (p.10), este nódulo es de gran importancia durante el ciclo cardiaco, ya que detiene unos segundos el impulso junto con las prolongaciones del esqueleto cardiaco y el tejido fibroso de la válvula tricúspide, antes de ser conducidos a los ventrículos, este tiempo, permite que las aurículas eyecten la sangre a los ventrículos, es decir posibilita el llenado de estos últimos, si este nódulo atrioventricular (imagen 17) no detuviese los impulsos el tiempo suficiente, la contracción de los atrios y los ventrículos sería casi que simultánea, haciendo inviable la circulación sanguínea, este importante aspecto fisiológico será abordado más adelante, por otra parte y tomando los planteamientos de Moore & Agur (2003) es relevante mencionar que, este nódulo mediante la actividad simpática aumenta la velocidad con la que se conducen los impulsos por el sistema de conducción, en cambio la estimulación parasimpática disminuye la velocidad de transmisión por dichos sistemas de conducción.

Finalmente, una vez los impulsos son detenidos en el nódulo atrioventricular, se transmiten a lo largo de los ventrículos por el haz de His, tanto por la rama derecha e izquierda que a su vez se divide en rama posterior y anterior. El haz de His y gracias a los estudios y avances de la microscopía, permite determinar que este haz transmite estos impulsos a las fibras ramificadas de Purkinje que se encuentran a lo largo del tejido subendocárdico ventricular, permitiendo así la contracción vigorosa de los ventrículos y eyectando de esta manera la sangre a fuera del corazón y hacia el tronco pulmonar y la arteria aórtica mediante la sístole ventricular.

Una vez realizado este recorrido por el sistema de conducción cardíaco, es

pertinente mencionar la relación morfológica del corazón con el sistema nervioso, el cual inerva al corazón desde ramificaciones nerviosas de origen periférico, las cuales son resumidas por Guyton & Hall (2016) al explicar que:

“El corazón está inervado por nervios simpáticos y parasimpáticos. Los nervios parasimpáticos (vagos) se distribuyen principalmente a los nódulos sinusal o sinoauricular y atrioventricular, en mucho menor grado al músculo de las dos aurículas y apenas directamente al músculo ventricular. Por el contrario, los nervios simpáticos se distribuyen en todas las regiones del corazón, con una intensa representación en el músculo ventricular, así como en todas las demás zonas.” (p.330)

La actividad simpática y parasimpática que se da a nivel del corazón, permite aumentar o reducir el gasto cardíaco³³, por ejemplo, la estimulación simpática aumenta la actividad del músculo cardíaco.

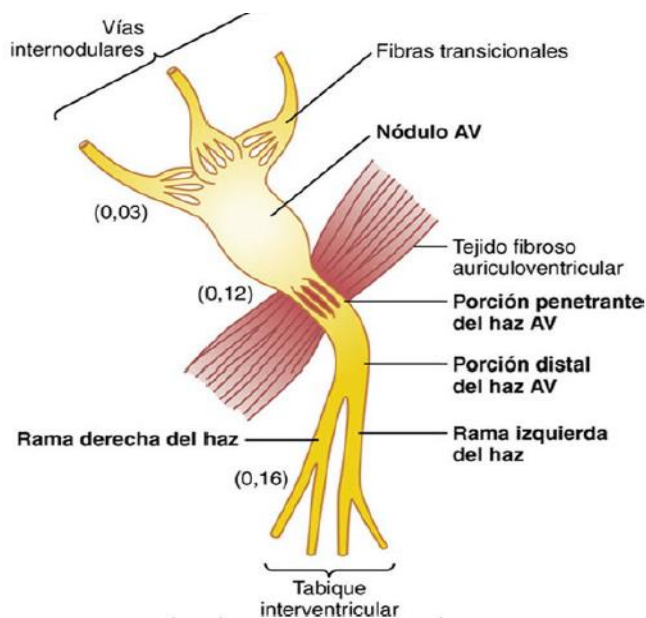


Imagen 17 Ilustración de la organización del nódulo auriculoventricular (AV). Los números representan el intervalo de tiempo que transcurre desde el origen del impulso en el nódulo sinusal. Los valores se han extrapolado a seres humanos. (Tomado de Guyton & Hall, 2016)

Partiendo desde los planteamientos de Guyton & Hall (2016) se puede afirmar que esta actividad simpática, puede triplicar la frecuencia del latido, así como duplicar la

³³ Este gasto cardíaco es explicado por Fox (2016) como la capacidad de bombeo del corazón en un minuto, junto con el volumen sanguíneo eyectado o volumen sistólico ventricular, por ejemplo, si la frecuencia cardíaca en reposo en un adulto es de 70 latidos en un minuto, el volumen sistólico, es decir, la cantidad de sangre medida en mL que es bombeada en cada latido, es aproximadamente de 70 mL a 80 mL, se tendría un gasto cardíaco promedio de 5500 mL por minuto. Este gasto cardíaco es de gran importancia en el estudio del estado morfológico y fisiológico del corazón, ya que puede variar, dependiendo de las patologías que presente.

fuerza de contracción y eyección que se da particularmente a nivel ventricular, por otra parte la actividad vagal del sistema parasimpático, presenta efectos contrarios, es decir, reduce la velocidad con la que se transmiten los potenciales de acción al nódulo atrioventricular, lo que se traduce en una reducción de la actividad y latido cardiaco, si a esta actividad parasimpática se le suma la inhibición de la actividad simpática, se puede presentar una caída en la presión arterial, como efecto de una menor fuerza de contracción y por lo tanto de eyección sanguínea.

Como se mencionaba anteriormente el estudio de la histología cardiaca, permite reconocer la organización que se da en el tejido miocárdico, ya que se establece su capacidad miogénica, dada particularmente por la autoexcitación a nivel del nódulo sinusal y sinoauricular, así como a la presencia de los discos intercalares, que hacen del miocardio un sincitio, que posibilita la consecución del ciclo cardiaco.

El ciclo cardíaco, es la sucesión entre la contracción de los atrios y la relajación de los ventrículos, así como la posterior contracción ventricular y relajación auricular, que permiten la circulación tanto al interior del corazón como al exterior de este, posibilitando de esta manera que diferentes procesos metabólicos indispensables para la vida se lleven a cabo, mediante la actividad sistólica y diastólica del corazón.

La diástole se puede entender puntualmente como la relajación del músculo cardiaco, la cual permite el llenado de la cavidad cardiaca en la que ocurra, por ejemplo, si esta se da en la aurícula derecha el músculo se distiende, aumentando el volumen de sangre en su interior, el cual proviene como se mencionó en apartados anteriores de la vena cava superior e inferior, así como de los senos coronarios, por el contrario la sístole es la contracción del músculo cardiaco, retomando el ejemplo anterior, durante la sístole auricular derecha, la sangre es expulsada por acción de la contracción que realiza el músculo, lo cual aumenta la presión en su interior y eyección de parte de la sangre que contiene a la cavidad contigua, es decir al ventrículo derecho, el cual termina de llenarse por la acción de este movimiento auricular.

Es importante mencionar que cuando las aurículas están en sístole, los ventrículos están en diástole, y cuando los ventrículos están en sístole, las aurículas están en diástole, estos movimientos coordinados y rítmicos, son conocidos como el ciclo cardiaco, el cual está regulado principalmente por la actividad de los nódulos que conforman el sistema de conducción eléctrica.

El sistema de conducción eléctrica permite que los potenciales de acción se transmitan por el músculo cardiaco, posibilitando la consecución del ciclo cardiaco. Estos potenciales de acción inician en el nódulo sinusal, el cual desde las vías internodulares estimulan el miocardio y el endocardio de la aurícula derecha, y por el fascículo de Bachmann, el impulso se transmite a la aurícula izquierda, permitiendo, así la contracción casi que simultánea de ambas aurículas que previamente aumentaron durante la diástole su volumen sanguíneo.

Estos potenciales de acción tardan aproximadamente 0,07 segundos en recorrer la totalidad de la aurícula derecha y aproximadamente 0,09 segundos en estimular el músculo auricular derecho, desde su origen en el nódulo sinusal, lo cual posibilita que la sístole y diástole auricular ocurra casi que simultáneamente. Es importante recordar que los potenciales de acción no se transmiten directamente desde el miocardio y endocardio a los ventrículos, gracias a la barrera aislante del tejido fibroso que permite el anclaje de las válvulas atrioventriculares.

En este sentido los potenciales que se transmiten por las aurículas, desembocan en el nódulo atrioventricular 0,03 segundos después de originarse, en el cual ocurre un retraso adicional explicado por Guyton & Hall (2016) "de otros 0,09 s en el nódulo atrioventricular antes de que el impulso entre en la porción penetrante del haz AV, a través del cual pasa hacia los ventrículos, se produce un retraso final de otros 0,04 s" (p.323), es decir, el nódulo atrioventricular, retrasa los potenciales de acción, el tiempo suficiente, aproximadamente 0.16 segundos (imagen 18), para que los ventrículos que están en diástole se llenen producto del vaciado auricular, sin este

retraso, el músculo ventricular se contraería casi al tiempo que las aurículas impidiendo la circulación sanguínea al exterior del corazón, debido principalmente a su mayor fuerza de eyección. Estos elementos permiten comprender la importancia de la relación existente entre el nódulo sinusal, las vías internodulares, el aislamiento del tejido y anillo fibroso, así como del nódulo atrioventricular, que no solo retrasa el tiempo suficiente los potenciales de acción, sino que también los transmite por el haz de His que se inserta en el triángulo derecho.

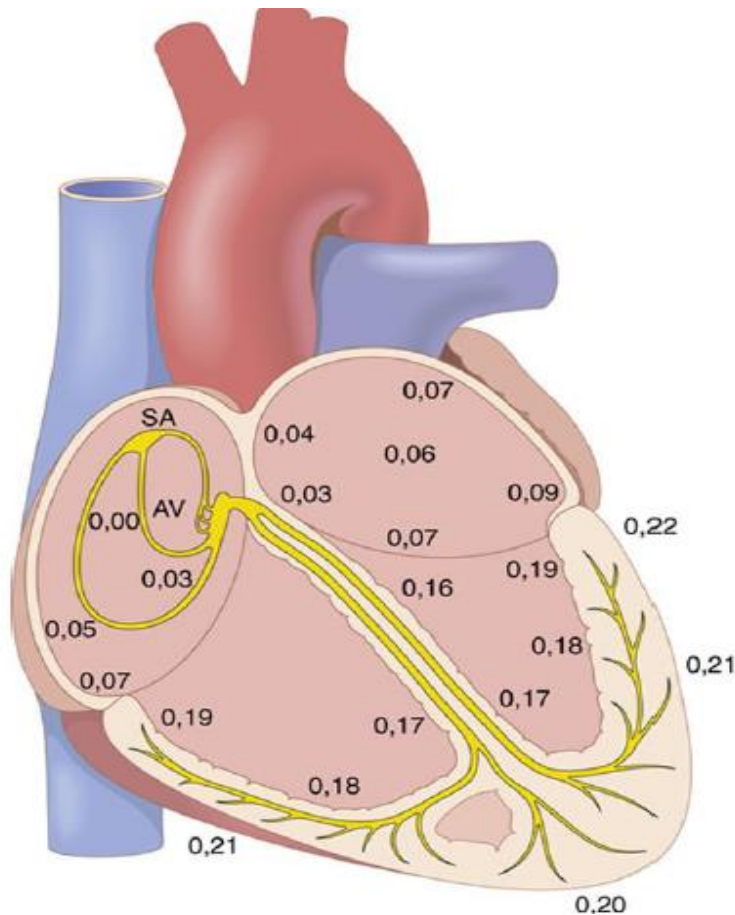


Imagen 18 Representación de la transmisión del impulso cardíaco en el corazón, que muestra el momento de aparición (en fracciones de segundo después de la aparición inicial en el nódulo sinoauricular) en diferentes partes del corazón. AV, auriculoventricular; SA, sinoauricular. (Tomado de Guyton & Hall, 2016)

Como se vio anteriormente, y apoyado en lo propuesto por Guyton & Hall (2016) la actividad del nódulo atrioventricular permite la circulación sanguínea, así como la consecución rítmica y coordinada del ciclo cardíaco, ya que detiene los potenciales de acción aproximadamente 0,16 segundos, antes de ser transmitidos a los

ventrículos por el haz de His, que se encuentra a lo largo del septo interventricular y de los ventrículos, dividiéndose en una rama izquierda y derecha, que se ramifica en fibras de Purkinje, que están en estrecho contacto con las fibras musculares cardíacas, permitiendo así la contracción casi que simultánea de los dos ventrículos.

Por otra parte, es pertinente retomar nuevamente lo propuesto por Guyton & Hall, (2016) ya que explicita de manera magistral la transmisión de los potenciales de acción por los ventrículos:

“La rápida conducción del sistema de Purkinje permite normalmente que el impulso cardíaco llegue a casi todas las porciones de los ventrículos en un breve intervalo de tiempo, excitando la primera fibra muscular ventricular sólo 0,03 a 0,06 s antes de la excitación de la última. Esta sincronización hace que todas las porciones del músculo de los dos ventrículos comiencen a contraerse casi al mismo tiempo y que después sigan contrayéndose durante aproximadamente otros 0,3 s”. (p.330).

La velocidad de transmisión de los potenciales de acción desde su origen en el nódulo sinusal, por las vías lentas de las aurículas, junto con el retraso del nódulo atrioventricular y el transporte por las vías rápidas ventriculares tarda en transmitirse por todo el músculo cardíaco aproximadamente 0,22 segundos, lo cual como se explicaba anteriormente permite la ritmicidad y simultaneidad de la sístole y diástole tanto auricular como ventricular.

La actividad del corazón y del ciclo cardíaco permite la percepción auditiva de sonidos que, por lo general desde etapas iniciales de la escuela primaria son conocidos como latidos del corazón, los cuales se configuran posiblemente como un primer acercamiento a la incesante actividad cardíaca.

Esta percepción auditiva de la actividad cardíaca, es el resultado del cierre de las válvulas atrioventriculares y semilunares, las cuales como se mencionaba anteriormente se abren y cierran casi que simultáneamente durante la sístole y diástole.

El estudio morfofisiológico del corazón y la problematización histórica de este, permite bajo un riguroso consenso médico establecer 2 sonidos cardiacos fisiológicos o normales y dos que por lo general pueden ser considerados como patológicos, se resalta antes de describir cada uno de los sonidos que según la región del planeta y la formación académica particular de cada individuo, los ruidos cardíacos se pueden representar como S1, S2, S3, S4 o R1, R2, R3, R4 , e incluso la percepción sonora es representada por diferentes onomatopeyas como Lub – Dub para el primer y segundo ruido o Tum – Ta para el primer y segundo ruido cardiaco respectivamente. Estas diferencias en la representación escrita y sonora, no implican cambios en la concepción de su actividad, pero a lo largo del documento se emplea la representación escrita de R y la onomatopeya de Lub – Dub.

El R1 o primer ruido cardiaco, es la percepción sonora del cierre de las válvulas atrioventriculares, particularmente la de la válvula mitral y ocurre durante la sístole ventricular, este sonido está acompañado de la percepción del pulso , es un sonido grave de mayor duración, el cual se puede escuchar como un Lub, el segundo ruido cardiaco o R2 , es el resultado del cierre de las válvulas semilunares al final de sístole ventricular, es decir ocurre durante la diástole ventricular o fase de llenado, es un ruido más agudo y de menor duración que se suele percibir como Dub.

Por otra parte, hay ruidos que se pueden considerar como patológicos, como es el caso del R3 y el R4. Los cuales tomando como referencia a Alexánderson, Marroquin, Telich, & Peñarrieta (2014) son caracterizados de la siguiente forma. El sonido o ruido R3,es común durante la infancia, se puede presentar en atletas de alto rendimiento, e inclusive en situaciones con un gasto cardiaco elevado como el embarazo o la fiebre, en estos casos se suele considerar como fisiológico, siempre y cuando no curse con otra sintomatología, pero, casi siempre es patológico en adultos, este ruido, se percibe en la auscultación, por acción del choque de la sangre que proviene de la aurícula con sangre residual al interior del ventrículo, este llenado rápido, se da por el aumento del volumen telediastólico , por otra parte en el caso de R4, se considera su presencia como patológica, siendo habitual en personas con

enfermedades como infarto de miocardio, miocardiopatía hipertrófica, hipertensión arterial sistémica, coartación de aorta, entre otras, este ruido es el resultado del choque de la sangre que viene de la aurícula con un ventrículo rígido que ha perdido su distensibilidad.

Estos ruidos, están presentes durante el ciclo cardíaco, permitiendo reconocer, predecir e inferir el estado morfológico del corazón, así como de algunas remodelaciones que pueda sufrir, como efecto compensatorio de múltiples patologías estructurales, tanto de origen congénito, como adquiridas durante la historia de vida de cada individuo, estos ruidos no se deben confundir con los soplos y chasquidos de apertura.

Como se mencionaba anteriormente, durante el ciclo cardíaco, se alterna entre, la sístole auricular, diástole ventricular, diástole auricular, sístole ventricular, es precisamente este último movimiento de contracción, específicamente el del ventrículo izquierdo, el que es percibido a lo largo de todo el organismo, esta percepción del flujo sanguíneo circulando por el organismo se conoce como pulso, el cual es de importancia, ya que a partir de las repeticiones del ciclo cardíaco durante un minuto, se puede evaluar la actividad cardíaca.

Los anteriores elementos dan un vistazo general de la morfología y fisiología del corazón, se resalta que su actividad es fundamental para el desarrollo y mantenimiento de otras estructuras y sistemas, pero a su vez, la actividad del corazón, depende de la integridad funcional y estructural de otras estructuras y sistemas, en este sentido y como se vio anteriormente, se puede establecer que el corazón es una estructura dinámica en tanto responde a las presiones ambientales, remodelando incluso su morfofisiología.

Por otra parte, el corazón es una estructura que favorece la homeostasis, ya que la actividad cardíaca, permite la circulación de sustancias por el organismo, las cuales son indispensables para el mantenimiento y desarrollo de múltiples procesos

metabólicos que se realizan a nivel celular, sin olvidar que la circulación permite que se transporten hormonas endocrinas de importancia en la regulación de procesos vitales.

Este ejercicio de profundización en relación al corazón, permite reconocer la necesidad de establecer condiciones de aula, que desde el posicionamiento del corazón y su actividad como un objeto de conocimiento, posibiliten la configuración de propuestas en la explicación, comprensión y estudio de la morfología humana, no desde las individualidades de cada sistema, sino desde la interacción de su morfología y fisiología, ya que como se vio anteriormente, no se puede hablar por ejemplo, de procesos ventilatorios y respiratorios, sin incluir la actividad cardiaca, vascular y respiratoria, ya que son interdependientes, de igual forma sería difícil coincidir el papel regulatorio de las hormonas endocrinas, sin la circulación que posibilita la actividad cardiaca, e incluso la regulación de la temperatura corporal está mediada por procesos ventilatorios y circulatorios, donde la dinámica vascular juegan un papel crucial en la regulación térmica, del organismo.

Problemas de conocimiento

La educación básica, requiere de un ejercicio reflexivo de las prácticas que como maestro se tienen en el aula, así como de las relaciones que se establecen entre los participantes del acto educativo y la forma en la que se relacionan con el conocimiento.

En este sentido, se resalta que la educación y la configuración de conocimiento, es el resultado de la interacción en el aula de los modos particulares de entender, interpretar y relacionarse con la realidad, es decir, el aula permite la convergencia de múltiples formas de relacionarse con los objetos de conocimiento y es allí donde las condiciones de aula, permiten que el valor cultural de la educación se resalte aún más. En palabras de Valencia y otros (2003) los problemas de conocimiento son "una manera de entender las prácticas de enseñanza de las ciencias, que vinculan este carácter cultural de la actividad científica" (p.1), lo cual implica que el

docente desde el análisis y reflexión de su práctica, aborda preguntas relacionadas con las maneras en la que los sujetos configuran conocimientos y el rol fundamental de la escuela y la sociedad en estos procesos. Sin embargo, este análisis se realiza de una manera muy particular desde tres referentes que se describen a continuación.

Referentes epistemológicos

Los individuos son capaces de dar sentido a la realidad, si bien es cierto que existe una realidad que está incidiendo constantemente en los individuos, esa realidad del mundo físico, del mundo natural, también es cierto que los sujetos interpretan esa realidad de formas particulares, le dan un sentido y un significado a partir de sus experiencias, y desde allí es que generan una representación de esa realidad. Desde este punto de vista, se entiende que esas representaciones del mundo natural son construcciones individuales, pero que se modifican y reconfiguran en un proceso colectivo pues están inmersas y coexisten con otras representaciones producto de la actividad cultural.

En este orden de ideas, la ciencia al ser una representación de ese mundo natural se puede concebir como parte de esa actividad cultural y así mismo se puede contrastar y modificar desde lo colectivo en espacios como la escuela, siendo este un espacio de "conflicto cultural" Valencia y otros (2003), en donde esas representaciones del mundo natural se socializan, alteran y coexisten dentro de un complejo juego transformación colectiva.

La experiencia básica se considera como una primera aproximación a ese mundo natural que le permite al sujeto hacerse una representación de este, pero es un primer paso, evidentemente necesario porque permite al sujeto sorprenderse e inquietarse de lo que ocurre a su alrededor, pero se debe trascender del asombro y la maravilla que provoca por ejemplo el manipular por primera vez el corazón de un ser vivo, realizar cortes en él, reconocer su forma, sentir sus texturas, etc., y pasar al campo del cuestionamiento, preguntarse el porqué de ese ordenamiento, ese tamaño, esa textura, esa forma, y de esta manera empezar a complejizar sus

explicaciones, es uno de los principios básicos de nuestra condición humana, la curiosidad, la formulación de preguntas. Es por ello que es tan importante dentro de la práctica docente generar condiciones que le permitan al estudiante cuestionar sus experiencias básicas, motivar a problematizarlas, indagar y generar hipótesis que puedan ser confrontadas.

Una vez se trasciende la experiencia básica, surge el interés por la "artificialización del mundo natural" Valencia y otros (2003). Es así que el sujeto se ve en la necesidad de construir el fenómeno u objeto de su interés realizando modelos, experimentos, simulaciones e incorporando conceptos que le permiten complejizar sus explicaciones, lo que se busca con ello es potenciar un pensamiento multidimensional que esté en constante cambio, que nunca de nada por sentado y que constantemente se esté cuestionando.

Referentes pedagógicos

Cuando Valencia y otros (2003) hablan de "la enseñanza de la ciencia y la emergencia de nuevas subjetividades", dan a entender que la escuela, el estudiante y el docente adquieren connotaciones particulares.

Por un lado, la **escuela** trasciende su carácter normalizador y se concibe como un agente dinamizador de saberes en donde se realiza una transformación cultural en esa relación de saber - poder, esto a su vez permite comprender el aula ya no como un espacio físico, sino como un sistema de relaciones sociales donde las representaciones de los sujetos se transforman.

Las condiciones que surgen en la escuela le permiten al **estudiante** reinventarse constantemente en esa compleja relación que se establece consigo mismo, con los otros y con su entorno.

Finalmente, el **docente**, se concibe como un sujeto que posibilita esas dinámicas de transformación social, crítico de su propio quehacer, lo que le permite establecer las condiciones necesarias para movilizar esa curiosidad innata de los estudiantes, así mismo se concibe como un sujeto que toma el riesgo de asumir que la

enseñanza de la ciencia trasciende los textos y los currículos y se construye en las preguntas que surgen en ese diálogo con los estudiantes. Es desde estos elementos que la ciencia se puede asumir como "una representación social e históricamente condicionada por los entramados de la cultura" Valencia y otros (2003), esto quiere decir que la ciencia ya no se concibe como ese conjunto de conocimientos únicos y definitivos que representan la realidad, sino que se le da una mirada más humana, donde son los sujetos a partir de su condición humana quienes la configuran.

Es así que los problemas de conocimiento en palabras de Valencia y otros (2003) posibilitan ciertas "condiciones comunicativas y experienciales para la construcción de explicaciones del mundo físico" (p.7). Estas condiciones se configuran y reconfiguran a lo largo del diálogo e intercambio de saberes entre el docente y los estudiantes y pueden surgir de preguntas aparentemente sencillas o que parecieran obvias, por ejemplo: ¿todos los animales tienen corazón?, ¿por qué mi corazón late más rápido en ciertas situaciones?, ¿por qué nunca deja de latir el corazón?, pueden ser el punto de partida para generar todo un proceso que abarque la construcción de múltiples significados en este caso para la comprensión de los organismos.

Referentes didácticos:

Estos se definen a partir del análisis de antecedentes como los intereses de los estudiantes y el problema que se quiere abordar, es desde allí que se configuran los criterios de actuación definidos por Valencia y otros (2003) como las estrategias que permiten al maestro aportar elementos para la constitución de los problemas de conocimiento. Dentro de estas estrategias se pueden mencionar las situaciones desencadenantes, las cuales surgen a partir de la reflexión y retroalimentación durante la actividad en el aula, es decir que puede surgir de manera espontánea en comentarios improvisados, en preguntas, en la contrastación de teorías, en los debates, entre otros, lo cual implica que en cualquier momento puede emerger una situación desencadenante y es el docente por medio del análisis y la observación oportuna de estos, quién puede convertirlos en problemas de conocimiento.

Otro aspecto importante en la configuración de los problemas de conocimiento son las relaciones alternativas, con los otros, con el entorno y con la experiencia. En este sentido, para el estudiante, sus compañeros y el docente comparten experiencias, expectativas y saberes que pueden aportar a su propia construcción de conocimientos, a través de un ejercicio colectivo; el entorno natural también se concibe como un sistema de relaciones del cual "somos emergencia".

Finalmente, las formas de trabajo deben ser pensadas de modo tal que propicien espacios de expresión, donde los intereses particulares y los aportes individuales se pueden configurar dentro de la construcción colectiva de conocimiento, es así que se pueden pensar en actividades como los experimentos, talleres, elaboración de materiales de divulgación, entre otros.

Ahora bien, abordar la enseñanza del corazón como un problema de conocimiento implica proponer espacios donde los estudiantes confronten sus experiencias (personales, familiares, escolares, digitales³⁴, etc.) con relación a la dinámica del corazón, estableciendo por un lado esas actividades desencadenantes que le permitan al estudiante reconocer la actividad del corazón a partir de su cotidianidad y de esta manera preguntarse cómo su funcionamiento tiene implicaciones en la dinámica general de su organismo, y de esta manera construir esas condiciones y espacios que le permitan al estudiante conceptualizar la dinámica del corazón, problematizarla y generar distintas representaciones que puedan expresar el conocimiento construido en los diferentes espacios.

El papel de la representación, como parte de la condición humana

La naturaleza humana ha sido objeto de análisis de muchas disciplinas, y son muchas las hipótesis que se manejan al respecto. De acuerdo a Hacking (1996) "los seres humanos son representantes (...) la gente hace semejanzas. Pinta cuadros, imita el cloquear de las gallinas, moldea el barro, esculpe estatuas y martilla el

³⁴ Entiéndase las experiencias digitales como esos referentes del corazón adquiridos por medio de escenarios como las redes sociales, plataformas de video, televisión, etc.

bronce". Desde este punto de vista, se considera que la capacidad de representar es una característica primitiva³⁵ de los seres humanos, es algo innato que nos identifica como especie, y es desde las representaciones que los humanos se vinculan e intentan dar significado a su "realidad"³⁶.

Las representaciones se caracterizan entre otras por ser públicas, exteriores, y ser accesibles a los sentidos, esto quiere decir que las representaciones son expresiones individuales de los sujetos, tienen la finalidad de dar a entender a otros la relación del sujeto con el mundo, y esto se hace a través de objetos tangibles, pero también a través de imágenes o conceptos elaborados de manera verbal o escrita. Si representar es parte de la condición humana, se hará de la forma en la que más se expresen los humanos, los humanos son seres visuales, pero las representaciones no se limitan a ello.

El papel de la representación en la enseñanza de las ciencias naturales

En una primera aproximación, de acuerdo a Valencia y otros (2001) se menciona que en las representaciones " un observador mira una escena y la reconstruye tal cual aparece ante sus ojos (...) este modo de representación asume la realidad como algo preexistente, independiente al sujeto, con un contenido y un sentido propio.", de este modo la realidad se asume como anterior a cualquier intervención del sujeto, es única e invariable. Desde este punto de vista la ciencia es concebida como una serie de conocimientos acumulativos y verdaderos, los cuales no son equiparables a otras representaciones producto de la cultura como lo son las expresiones artísticas, la religión, entre otras, pues la ciencia es absoluta ya que su riguroso método lo dota de su carácter absoluto.

³⁵ En este contexto la palabra primitiva más que una expresión despectiva, indica una característica que está más cerca o próxima a su origen

³⁶ De acuerdo a Hacking (1996), la realidad es una creación humana, siendo un concepto de segundo orden, el cual está íntimamente vinculado a la representación (concepto de primer orden), pues si bien, se puede afirmar que existía el mundo antes que cualquier representación humana, su conceptualización como realidad es posterior, es secundaria.

En esta primera aproximación, la enseñanza de la ciencia se da en un solo sentido, en la cual el maestro es el que "sabe y enseña", y el estudiante "no sabe y aprende", y se considera como un proceso individual, donde se privilegia la acumulación de conocimiento, donde el conocimiento es sinónimo de información; el estudiante que "más sabe" es el estudiante que posee la mayor cantidad de información, y en este mismo sentido los estudiantes se convierten en lienzos en blanco, dispuestos a ser llenados de información por el docente, quien la posee.

En una segunda aproximación, las representaciones adquieren un sentido de "reciprocidad" Valencia y otros (2001), en este sentido, la realidad se construye desde la relación sujeto - objeto, múltiples representaciones pueden coexistir y dar sentido a la realidad, por lo tanto ya no se puede hacer referencia a una única realidad conceptualizada a través de una representación, pues la realidad ya no es única, estática e inmutable, ya no existe una representación "correcta" del mundo, en palabras de Hacking (1996) " no hay una verdad final, solo una variedad más o menos instructiva de representaciones", o en palabras de Valencia y otros (2006), el interés ya no es determinar si las representaciones son verdaderas o dominantes, sino en mostrar que es posible la coexistencia de múltiples formas de representar.

Desde esta aproximación, el conocimiento se construye de manera colectiva, y para la enseñanza de las ciencias se hace necesario generar condiciones que permitan al estudiante construir conocimiento desde escenarios de incertidumbre y disertación, en la cual el estudiante tenga la posibilidad de preguntarse sobre el mundo y sobre lo vivo desde la reconfiguración de sus experiencias sensibles, de acuerdo a Valencia y otros (2006) "adquiere sentido para las prácticas educativas preocuparse por las condiciones particulares de los sujetos, sus experiencias y los contextos en los que se desenvuelven, para dar cuenta de las posibilidades y formas en que construyen conocimiento". Así mismo, la información deja de ser sinónimo de conocimiento y se concibe como un referente que enriquece las explicaciones. Desde allí también se genera la posibilidad de que el docente se vea tentado a modificar sus prácticas de modo tal que posibilite estos escenarios, aportando

desde sus construcciones particulares, pero dispuesto a aprender desde su quehacer y su relación con los estudiantes.

En este orden de ideas es importante señalar que, dentro del análisis de esta propuesta de aula, se tienen en cuenta los testimonios de los estudiantes desde su disertación en clase, sus preguntas, aportes, dibujos, prácticas experimentales, ya que estas situaciones hacen parte de expresiones que le permiten al estudiante representar su relación y construcción de significados alrededor de la dinámica del corazón humano y la forma en que este incide en la homeostasis del organismo.

La actividad experimental

La actividad experimental ha tenido roles más o menos determinantes en distintos momentos de la historia de la ciencia, de acuerdo con Sandoval y otros (2006) en el siglo XIX se genera una ruptura entre la teoría y la práctica, la cual "coloca a la actividad experimental como subsidiaria, complementaria pero en todo caso contingente en la explicación de los fenómenos naturales", sin embargo otros análisis permiten comprender que esta ruptura es inexacta en tanto que la teoría y la práctica hacen parte de un mismo proceso, no se puede intentar comprender el mundo únicamente a la luz de la contemplación, es necesario manipularlo, modificarlo y modelizarlo en ciertas condiciones que le permitan al sujeto construir explicaciones de los fenómenos.

En cuanto a la actividad experimental y su importancia en la enseñanza de las ciencias naturales, para esta propuesta de aula se resalta las consideraciones de Sandoval y otros (2006), cuando mencionan que la actividad experimental "permite la ampliación de la base fenomenológica o de hechos de observación, el planteamiento de problemas conceptuales y la formalización³⁷ de procesos de organización de la experiencia", algunos de estos aspectos serán ampliados en la siguiente sección.

³⁷ La formalización se entiende como la construcción entre otras de descripciones y comparaciones alrededor del fenómeno que posibilita en últimas la producción de conocimientos.

Relación entre la enseñanza de las ciencias y la actividad experimental

En este trabajo se opta por dotar a la actividad experimental de un "enfoque fenomenológico", sin ser un énfasis del trabajo, se quiere como mínimo dar a entender que desde este enfoque el fenómeno y la conciencia que lo aborda no son entidades distintas, por el contrario, están íntimamente vinculadas, en palabras de Sandoval y otros (2013) " el fenómeno no existe en sí mismo, ni la conciencia existe en sí misma, hay una relación de doble vía", es decir, se genera una suerte de interdependencia en donde el fenómeno se modifica en la medida en que la conciencia va generando nuevas organizaciones, por lo tanto el fenómeno es dinámico, es cambiante.

Cuando se aborda el experimento en el contexto de la enseñanza se debe comprender que este adquiere ciertas particularidades³⁸. Se coincide con Sandoval y otros (2006) cuando afirman que en la enseñanza de las ciencias, el experimento es la oportunidad de generar las condiciones para propiciar la "organización de los fenómenos", en la cual adquiere una mayor relevancia la construcción de conocimientos que los resultados, es por ello que en este ejercicio no se valora el aporte del estudiante como correcto o incorrecto, sino como un elemento que hace parte de su propia representación del fenómeno, el cual debe estar en constante cambio a través del análisis, la reflexión y la confrontación con otras formas de entender el fenómeno producto de la dinámica única y compleja que ocurre en el ámbito de la enseñanza.

Durante ese proceso de construcción de conocimientos que posibilita la actividad experimental (desde un enfoque fenomenológico), están involucrados muchos

³⁸ El experimento para la ciencia y para la enseñanza de la ciencia adquiere diferentes connotaciones; mientras que para la ciencia adquiere mayor relevancia la comprobación de hipótesis y teorías, para la enseñanza de la ciencia es más trascendental la formalización de la experiencia y con ello la construcción colectiva de conocimientos.

elementos, dentro de los que menciona Sandoval y otros (2013) se quiere destacar el papel de la experiencia y el lenguaje.

En este sentido, la experiencia es un primer momento, muy importante en los procesos de formalización, pues una de las intencionalidades al momento de involucrar el experimento en la enseñanza de la ciencia es trascender del asombro y la contemplación a una conceptualización de esa experiencia, por medio de la problematización del fenómeno, poner en duda su ordenamiento, función, dimensiones, etc. permite complejizar la experiencia alrededor del fenómeno, lo cual hace a su vez posible otra de las intencionalidades de la práctica experimental, "la construcción de formas de hablar del fenómeno" Sandoval y otros (2013), el cual se configura como un ejercicio de construcción de palabras, signos, dibujos, diagramas, gráficos, procedimientos, etc., que le permiten al estudiante formalizar su discurso al momento de referirse al fenómeno. Es así que se genera un complejo sistema donde se relacionan la experiencia, el lenguaje y la construcción de conocimiento.

Realizar montajes experimentales que permitan problematizar y construir conocimiento alrededor de la dinámica del corazón, le permite al estudiante por un lado manipular el objeto de estudio, pues el corazón ya no representa solamente eso que late más o menos rápido en distintas situaciones, eso que se expone en las representaciones gráficas o eso que ve en los videos, sino que ya adquiere forma, peso, tamaño, textura, es accesible a todos sus sentidos, reconocer de primera mano la estructura implica complejizar y reorganizar su experiencia e incorporar un lenguaje que le permita expresar ese conocimiento.

INTERVENCIÓN DE AULA Y RECUPERACIÓN DE LA EXPERIENCIA

RECUPERACIÓN DE LA EXPERIENCIA DESDE LA PROPUESTA DE AULA TITULADA: INMERSOS EN LA DINÁMICA DEL CORAZÓN, UN VIAJE POR LA MORFOFISIOLOGÍA CARDIOVASCULAR

Sin lugar a dudas el acto educativo requiere de un constante ejercicio de reflexión e introspección de las prácticas que emergen del aula, este espacio social, se constituye como un sistema de relaciones que posibilita la convergencia y divergencia de formas particulares de relacionarse, entender e interpretar la realidad de cada uno de sus participantes.

Partiendo de lo anterior, se pretende recuperar y analizar la experiencia de aula, entre estudiantes y maestro, en relación al corazón como una estructura que favorece la homeostasis, la cual surge desde el desarrollo de la propuesta de aula titulada: ***inmersos en la dinámica del corazón, un viaje por la morfofisiología cardiovascular***, implementada gracias a la participación de un grupo de 12 estudiantes pertenecientes a grado séptimo del Colegio Integrado de Soacha Cundinamarca, a los cuales se agradece su interés y participación en la propuesta desarrollada en 8 sesiones virtuales de 90 minutos cada una, en contra jornada y que no representaba un porcentaje en la evaluación de la asignatura de biología, ni en el Área de Ciencias Naturales.

La propuesta de aula en mención surge con el objetivo³⁹ de visibilizar al corazón como una estructura dinámica, que se remodela en respuesta de las presiones ambientales y que favorece la homeostasis de los organismos, desde la interacción con otras estructuras y sistemas. Para cumplir con este objetivo se diseñan cuatro fases las cuales se describen a continuación:

³⁹ Retomando a Morgan & Quiroz,(1985) como resultado, no interesa solo el cumplimiento de los objetivos prefijados sino ir más allá, explicitando las causas o condiciones que determinan el no cumplimiento de algunos de ellos. También interesan los logros alcanzados por el proyecto y que no estaban considerados entre los objetivos propuestos. Los resultados de la experiencia deben consolidarse a dos niveles: en relación con la satisfacción de la necesidad a la que se pretende dar respuesta y en relación con el proceso educativo que se ha generado a partir de la necesidad de su solución. (p.16)

1. Fase número uno: ***El corazón y los estímulos del ambiente***, en la cual se busca, que los estudiantes reconozcan que, la actividad del corazón es dinámica y responde a las condiciones del ambiente interno y externo, presentando variaciones entre organismos de la misma especie. Esta Fase se desarrolla en tres sesiones de encuentro con los estudiantes.
2. Fase número dos: ***El corazón, su estructura macro y microscópica***, en este punto, se pretende analizar algunas de las interacciones celulares que favorecen el mantenimiento de la estructura y actividad cardíaca, esta fase se desarrolla en sesiones con el grupo.
3. Fase número tres: ***La actividad cardíaca y su capacidad de respuesta***, en este punto de la propuesta de aula se plantea la idea de visibilizar la actividad dinámica del corazón y su capacidad de remodelamiento, en tanto la morfología y fisiología se pueden alterar mutuamente, incidiendo en las relaciones que se presentan con otras estructuras, esta fase se desarrolla en 3 sesiones.
4. Fase número cuatro: ***Homeostasis y actividad cardíaca***, en la cual se busca explicar y argumentar que, aunque la actividad del corazón es la emergencia de un sistema complejo de relaciones, este posibilita el mantenimiento del medio interno del organismo dentro de un rango de equilibrio dinámico, incluso en casos donde su remodelamiento por causas morfológicas y fisiológicas es extremo. Esta última fase de la propuesta se implementa en dos sesiones con el grupo, retomando elementos que se trabajaron durante las fases anteriores y que hacían evidente la importancia del corazón como una estructura que favorece la homeostasis.

Las fases anteriormente mencionadas se desarrollan en un número determinado de sesiones, las cuales son grabadas de inicio a fin, constituyéndose en palabras de McKernan (2001) “como un registro válido y fiable de la interacción humana, que se puede recuperar para su interpretación y reinterpretación”(p.124), posibilitando así, la observación, análisis, reflexión e introspección de las relaciones que emergen en el aula, entre los estudiantes, el maestro y el corazón como objeto de estudio en la educación básica.

En este sentido la grabación de las sesiones de clase, son una fuente importante de registros, que se configuran en relatos que surgen desde la interacción de experiencias en el aula. El análisis reflexivo de estos relatos se realiza mediante el uso de etiquetas en común que los categoricen, dándoles así sentido teórico, lo anterior se configura como un ejercicio de experiencia documentada, que trasciende lo anecdótico.

Es así como, tomando en cuenta la importancia y validez de los registros de cada una de las sesiones, surgen las siguientes etiquetas, las cuales permiten la organización y recuperación de la experiencia, de las diferentes interacciones que se dan entre estudiantes, maestro y el corazón como objeto de conocimiento, durante el desarrollo de la propuesta:

1. ***El papel de la experiencia en la comprensión de la estructura y la actividad cardíaca:*** En esta etiqueta se agrupan los registros que, desde la interpretación que el estudiante realiza de la realidad a partir de la experiencia sensible, se pueden reconocer las formas en las que este organiza la interacción entre los estímulos del ambiente y la actividad cardíaca, por otra parte, se resalta la importancia de las prácticas de laboratorio, que permiten la construcción de diferentes modos de interactuar, interpretar y entender la morfofisiología del corazón, como, una estructura dinámica que posibilita la homeostasis.
2. ***El papel de los modelos y las imágenes diagnósticas en la comprensión de la dinámica del corazón:*** En la cual el análisis e interpretación de los modelos e imágenes diagnósticas toman importancia como elementos que visibilizan las formas alternativas en las que el estudiante se relaciona, predice, generaliza y da sentido al corazón como una estructura dinámica que favorece la homeostasis. Además de analizar la interacción de las imágenes diagnósticas junto con datos numéricos en la predicción de variables en la dinámica del corazón.

3. ***El uso del concepto homeostasis en la explicación e interpretación que realizan los estudiantes de la dinámica cardiovascular:*** Se agrupan todos aquellos testimonios que, permiten reconocer las relaciones que los estudiantes realizan de la homeostasis como, un fenómeno que resulta de la interacción de múltiples sistemas y que mantiene al organismo en un equilibrio dinámico.
4. ***Elementos emergentes en la propuesta:*** Finalmente se agrupan todos aquellos testimonios que dan cuenta de la construcción de discurso por parte de los estudiantes con relación a la dinámica cardíaca.

Es importante mencionar que, las fases de la propuesta de aula establecen una ruta, es decir, un proceder al momento de aplicarla en el aula, está dirigida a los estudiantes, por otra parte, las etiquetas que se mencionaron anteriormente permiten consolidar y estructurar la recuperación de la experiencia⁴⁰, pero a su vez esta recuperación da sentido a cada una de las etiquetas, estableciendo una relación de interdependencia, que permite configurar la propuesta de aula como un espacio de reflexión y acción.(flujograma 2)

⁴⁰ Esta experiencia se basa principalmente en los relatos que surgen de las grabaciones de cada una de las sesiones, lo cual en palabras de Jara (2018) “testimonios, relatos, fotografías, frases grabadas, nos permitirán elaborar productos comunicativos surgidos de la experiencia, que vuelven ahora nuevamente sobre ella misma, para enriquecerla. Todo esto como una contribución adicional de la sistematización de nuestras experiencias”. (p.82).

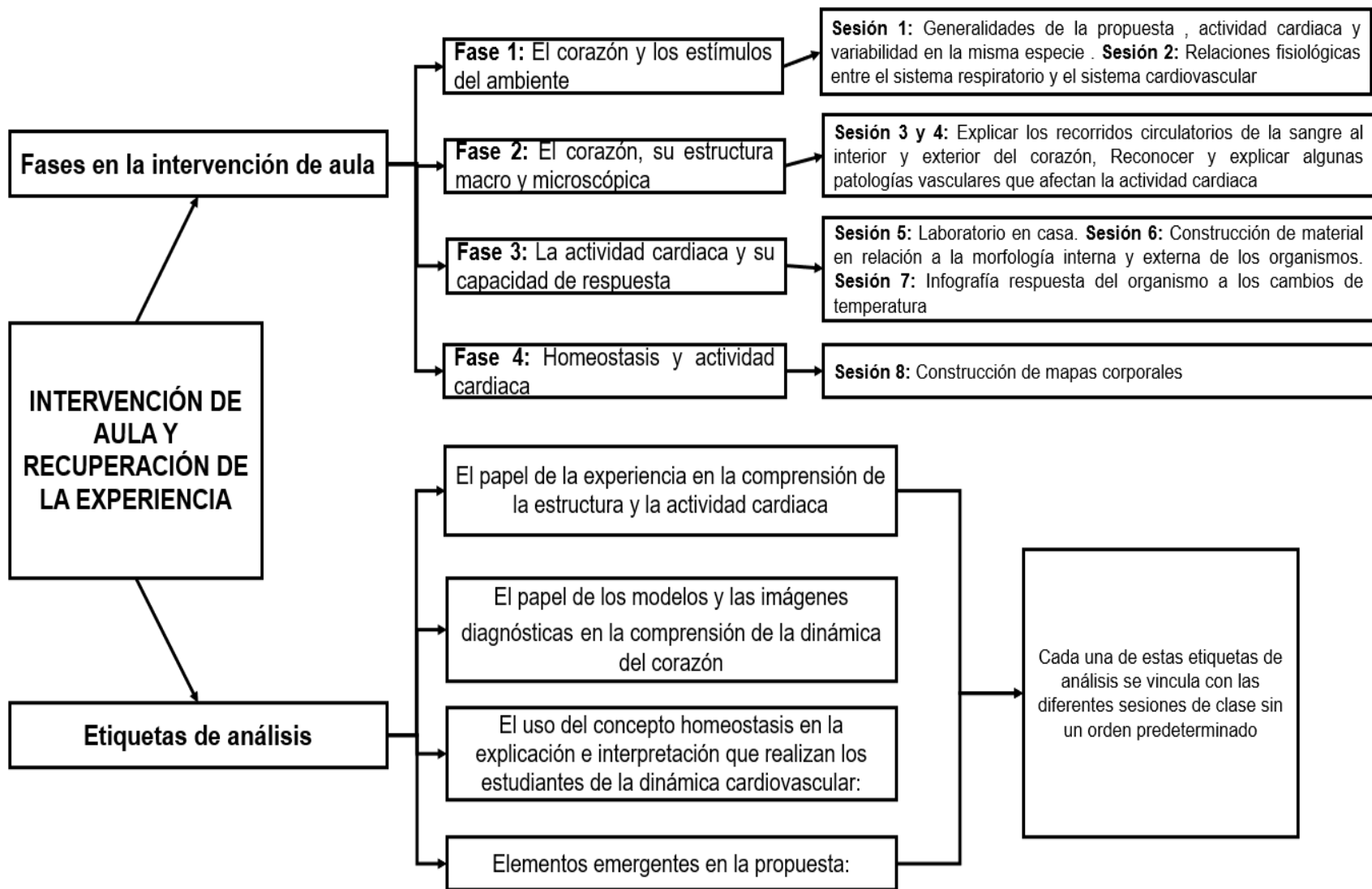


Tabla 3 Flujograma organización de la propuesta de intervención de aula, se explicita los ejes temáticos que se abordaran en cada sesión. (Fuente Propia)

Es así como, se resalta que la recuperación, análisis, confrontación con el otro y consigo mismo, el ordenamiento y la reflexión de la experiencia, se constituyen como un ejercicio que posibilita la transformación y reconfiguración de las prácticas en el aula, de la forma como se concibe la relación entre el maestro, los estudiantes y el conocimiento, e inclusive de la forma particular en la que cada sujeto construye su aula, de forma similar a como lo plantea la siguiente afirmación de Jara (2018):

Si realizamos este tipo de intercambio de aprendizajes, definitivamente no podremos seguir viendo nuestra práctica con los mismos ojos, porque o bien reafirmamos posiciones que teníamos anteriormente gracias a los nuevos elementos, o estos nuevos elementos harán que modifiquemos de forma parcial o incluso total nuestras apreciaciones iniciales. Así, podemos llevar a cabo un proceso en espiral de confrontación crítica y de construcción de nuevas referencias para mejorar nuestras prácticas particulares, pero también para articularlas con otras, en aras de afrontar nuevos y más complejos desafíos, dentro de un proceso colectivo que las trasciende y que, por tanto, les da sentido histórico. (p. 95)

Retomando las palabras de Jara y lo propuesto anteriormente, se busca que el siguiente proceso de recuperación y análisis de la experiencia, se constituya como un ejercicio de transformación en el aula, que da nuevos sentidos a la forma en la que habitualmente cada maestro la construye, que la reflexión de las relaciones entre los estudiantes, el maestro y el conocimiento, posibilite la construcción de nuevos senderos al momento de abordar y visibilizar en este caso particular la imagen de corazón. Se espera que sea una invitación a reconocer la importancia del análisis del que hacer en el aula, desde un proceso de introspección y de crítica colectiva de las dinámicas propias de cada aula, todo esto dirigido a la constante innovación y transformación de estas⁴¹.

⁴¹ Es importante resaltar que el aula además de ser un sistema de relaciones en el que convergen las experiencias de vida de cada estudiante y maestro, se construye gracias a la participación de cada miembro. No es posible concebir un aula cargada solo del interés del maestro, ni tampoco permeada exclusivamente por los deseos de los estudiantes, la construcción del aula, implica la negociación frecuente que surge desde la relación del colectivo y termina convergiendo en propuestas que la transforman y potencian, de modo similar a lo que plantea Cuaical & Cuesta (2007) se puede inferir que el aula, además de ser el lugar donde conviven tanto docente como estudiantes, se considera como un recurso que el docente puede utilizar para el desarrollo de sus clases y generar nuevos ambientes de aprendizaje, asimismo, el aula debe ser el lugar donde el estudiante participa activamente sin necesidad de condicionar su autonomía y libertad al momento de aprender (p.71).

Ahora continuando con el análisis que se realizará de la recuperación de la experiencia, basada principalmente en los relatos que surgen de la grabación de las sesiones, así como de algunas de las evidencias del desarrollo de recursos por parte de los estudiantes, se propone la siguiente estructura:

1. Presentación breve de la sesión
2. Propósito y desarrollo de la sesión
3. Testimonios que surgen desde la grabación de la sesión y evidencias físicas o registros duros del trabajo de los estudiantes
4. Etiquetas vinculadas con cada testimonio registrado en video o registros duros
5. Conclusiones e impresión de la sesión

Finalmente, para facilitar la lectura de la reconstrucción de los relatos y registros que surgen en cada sesión se proponen las siguientes convenciones: Profesor representado con la letra **P**, estudiante 1, 2, 3, 4 se representan con la letra **E y con su número según corresponda**, finalmente cuando se tenga una respuesta que sea mayor a 5 estudiantes se utilizarán las letras **EG** o estudiante general, por otra parte, los (...) representarán silencios mayores a 3 segundos.

Recuperación de la experiencia relatos de los estudiantes

Sesión número uno – fase uno

Durante la primera sesión de clase se realiza una breve introducción a las generalidades de la propuesta, los objetivos, la metodología, fechas y demás datos que se consideraron relevantes para el desarrollo de este.

La sesión da inicio con una explicación sobre las cavidades del cuerpo humano, el pulso y los focos más frecuentes para su percepción, así como los valores del ritmo cardiaco⁴².

⁴² Haciendo referencia en ritmos como la bradicardia y la taquicardia, según la actividad que esté realizando el individuo y asociado además con la presencia de signos que les permitan a los estudiantes predecir o construir aseveraciones sobre los estados fisiológicos en los que se pueda encontrar el organismo.

Dentro de los principales objetivos de la sesión se plantea:

- indagar la experiencia previa de los estudiantes en relación con la ubicación de algunas estructuras del cuerpo humano
- Reconocer las relaciones que los estudiantes plantean entre la actividad cardiaca y las variaciones que se puede presentar en organismos de la misma especie

El registro que se presenta a continuación evidencia la forma en la que los estudiantes reconocen y relacionan las estructuras presentes en las cavidades corporales, para ello se le pide que observen la (imagen 19)



Imagen 19 Captura de pantalla de la grabación de la sesión. A la izquierda se observa una representación gráfica de los órganos que se pueden observar desde la vista anterior del cuerpo humano, a la derecha se observa la fotografía de un corte sagital de un cuerpo humano femenino preparado de modo tal que permite la observación de algunas de sus cavidades. Adaptado (Rohen, Yokochi, & Drecoll, 2011)

P: Por ejemplo, si yo les digo que me duele el hígado, ¿este en qué cavidad se encuentra? (...) alguien que nos ayude, si quieren puede animarse y encender su cámara y decirnos donde estará el hígado

E1: En la cavidad 4

E2: Debajo del intestino

En este primer momento y desde el análisis de las únicas dos respuestas que se reciben, es posible afirmar que los estudiantes desde su experiencia, conocen el

nombre de algunas estructuras del cuerpo humano, sin embargo, al momento de ubicarlas en su cuerpo, no lo pueden realizar, en este primer testimonio se hace evidente el silencio y la duda por parte de los estudiantes.

Una vez el maestro entiende y percibe las dudas de los estudiantes realiza una breve explicación de las cavidades del cuerpo humano, haciendo especial énfasis en la cavidad encefálica, torácica, abdominal y pélvica, sin entrar en otras clasificaciones más extensas como la cavidad mediastínica, pericárdica, peritoneal y retroperitoneal.

Es importante resaltar que durante el desarrollo de la explicación de las cavidades el profesor menciona los límites de cada una, señalándolos en su cuerpo y pidiéndole a los estudiantes que también ubiquen en su cuerpo los límites de cada cavidad.

El maestro continúa realizando la pregunta:

P: ¿Qué estructuras se pueden encontrar acá? esta vez señalando la cavidad abdominal en la imagen de la derecha (Ver imagen 19), pero también colocando su mano en el diafragma y la cresta iliaca

E1: Los riñones (responde el estudiante mientras posiciona una mano en el diafragma y otra en la cintura)

E2: El hígado, (menciona el estudiante mientras señala la parte media del hipocondrio derecho⁴³)

E3: Los intestinos

P: muy bien chicos, ahora si observo esta fotografía (ver imagen 19, lado derecho), que podemos observar acá, (el maestro señala en la fotografía la cavidad torácica)

E1: El corazón

E2: los pulmones

E3: El hígado, (esta respuesta recibe una réplica por parte de otro estudiante)

⁴³ Esta región es ampliamente explicada por, Field (2004) el cual menciona que, "para localizar exactamente las vísceras, el abdomen se divide en nueve regiones por medio de dos líneas verticales y dos horizontales" (p.232).

E4: ¡no el hígado no queda ahí! Les quitaría espacio a los pulmones

E5: Si uno mira bien se puede ver que el hígado está debajo de la boca del estómago, o del diafragma como nos dijo el profe. (Sentencia uno de los estudiantes.)

P: Perfecto chinitos, ahora les pregunto yo, si observan la imagen cuáles serían las estructuras vecinas del corazón

E1: Profe los pulmones

E2: Creo que el hígado, aunque está en la cavidad de abajo

E3: Esos tubitos que se ven, los que salen de los pulmones (haciendo referencia a los bronquios)

E4: También las venas y las arterias (refiriéndose a la vena cava y a la arteria aorta)

Los anteriores testimonios evidencian que, posterior a la explicación de los límites de cada una de las cavidades, los estudiantes responden de forma segura y en un menor tiempo qué estructuras se encuentran en la cavidad abdominal y torácica, es importante resaltar que algunos estudiantes al responder tienen su cámara encendida, lo cual permite ver que están ubicando los límites de la cavidad abdominal, esta acción junto con las respuestas dadas por los estudiantes permite reconocer ***El papel de la experiencia en la comprensión de la estructura y la actividad cardíaca***, evidencia la importancia que tiene para el estudiante, contrastar la información teórica, con la experiencia sensible que provoca tocar algunos de los límites de las cavidades corporales, esta acción de hacer evidente la teoría desde la observación de representaciones y fotografías de los cuerpos, posibilita reconfigurar la idea de organización interna de los organismos, fundamental para establecer y explicar relaciones entre el corazón, con estructuras de la cavidad torácica e inclusive con otras por fuera de esta cavidad.

Finalmente, la observación de las imágenes que se presentan al grupo les permite relacionarse con su cuerpo de una forma diferente, es decir, se visibiliza lo que se tiene, pero no se ve, ya que en un primer momento los estudiantes ubican en otras cavidades algunas estructuras de su cuerpo, como por ejemplo el hígado en la cavidad torácica.

Retomando el testimonio anterior, un participante de la sesión afirma que el hígado se ubica en la cavidad torácica, pero recibe una réplica por parte de dos compañeros al afirmar que “**E4**: ¡no el hígado no queda ahí! Le quitaría espacio a los pulmones, y **E5**: Si uno mira bien se puede ver que el hígado está debajo de la boca del estómago, o del diafragma como nos dijo el profe”, lo que resalta ***El papel de los modelos y las imágenes diagnósticas en la comprensión de la dinámica del corazón***, ya que la discusión y la problematización que cada estudiante se plantea, toma como punto de partida el análisis de la imagen, la intervención, el hígado le quitaría espacio a los pulmones, permite afirmar, el papel de la imagen como un elemento clave en la construcción de una idea de organización y relación entre las estructuras de cada cavidad.

La siguiente actividad consiste en el estudio de la frecuencia cardiaca por medio de Apps móviles como Heart Rate Monitor⁴⁴, ECG app, entre otras (imagen 20), a los estudiantes que no contaban con equipos móviles se les propuso realizar el registro de esta frecuencia desde los focos radial, femoral y carotídeo.

Posteriormente cada estudiante realizó el registro de su frecuencia cardiaca en cinco momentos los cuales son: reposo, después de la observación de Clips cortos de terror o screamers, al terminar una actividad física dirigida por los profesores, y finalmente que repitieran la medición al primer minuto y al quinto minuto de recuperación cardiaca posterior a la actividad física⁴⁵.

Para finalizar los estudiantes registran los datos en el cuaderno para construir de forma conjunta una tabla sobre las frecuencias y hacer evidente desde el análisis de esta, las variaciones de la frecuencia cardiaca, en organismos de la misma especie y que además se agrupan en rangos de edad, peso y estatura similares.

⁴⁴ Aplicación móvil que permite el registro de la frecuencia cardiaca, desde la ubicación del sensor de la cámara en cualquiera de los dedos de la mano.

⁴⁵ Sin entrar a clasificarlas ya sea por su componente dinámico – estático, ni por la escala de Borg, solo se realiza la referencia al cálculo de la frecuencia cardiaca máxima propuesto por Fox y Haskell según sea mujer 226FC menos edad u hombre 220FC menos la edad, la cual permite categorizar la actividad física en, Suave: si se realiza en el rango del 55-60% de la cifra indicada. Moderado: si se practica entre el 60-75%. Intensa: si se alcanza el 75-85% de las pulsaciones máximas aconsejadas en el individuo.

Antes de proceder con el registro de la frecuencia cardiaca, se realiza una breve indagación sobre los movimientos del ciclo cardíaco y el pulso.

P: Chicos ustedes, ¿han escuchado algo sobre la sístole y la diástole?, ¿les suena de algo?, ¿con que lo pueden asociar?

(...)

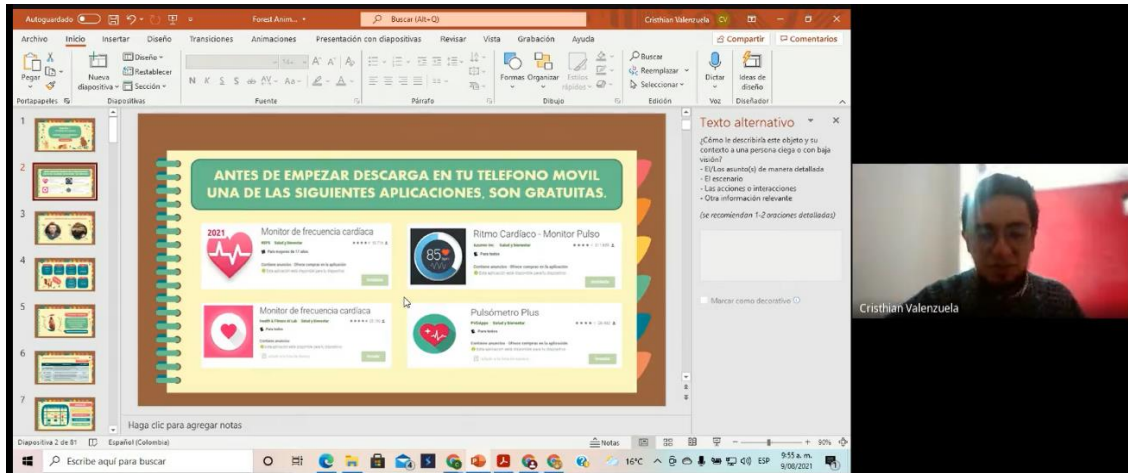


Imagen 20 Captura de pantalla de la grabación de la sesión. Iconos y nombres de algunas de las aplicaciones que permiten la medición y el registro de la frecuencia cardiaca. (Fuente Propia)

E1: Ni idea profe

P: listo chinitos no hay problema ahora quiero que me digan, que creen que es la frecuencia cardiaca, ¿a qué les suena? ¿Alguien se anima?

E1: El pulso

E2: la frecuencia del corazón

E3: profe la cantidad de veces que se mueve en un minuto

P: Bien, esa frecuencia nos habla de una actividad, pero ustedes cómo la ven reflejada

E1: porque nos movemos

E2: por el pulso

E3: porque el corazón se siente en el pecho

P: Eso quiere decir que donde está ubicado el corazón

E1: en la parte izquierda

E2: al lado izquierdo

P: Listo chinitos, más adelante veremos si el corazón efectivamente está ubicado donde ustedes mencionan.

En esta parte del relato se evidencia tanto por el silencio generalizado, como por la respuesta del estudiante a las preguntas “¿han escuchado algo sobre la sístole y la diástole?, ¿les suena de algo?, ¿con que lo pueden asociar?”, que, aunque habitualmente se habla en la cotidianidad del corazón, algunos procesos, no se conocen por parte del grupo, por lo que el maestro procede a realizar la siguiente analogía:

P: muy bien, ahora chinitos, quiero que todos cierren su puñito y lo aprietan como si le fuesen a pegar a alguien, ahí el corazón está en sístole, ahora suelten el puño, ábralo y relájenlo, ahora está en diástole.

P: ¿cuándo creen ustedes que el corazón se llena de sangre? Miren sus manos.

E1: cuando lo tengo relajado

E2: en diástole

P: excelente ustedes son muy pilos chinitos

P: Ahora en sístole ¿qué pasará?, ¿el corazón se llena o expulsa la sangre?

E1: bombea la sangre

E2: la expulsa y la envía a todo el cuerpo

Este fragmento de la sesión permite analizar que, aunque el corazón es una estructura tan importante y de la cual, se escucha hablar constantemente en diferentes contextos, como se ve hasta ahora, los participantes de la sesión no conocen algunos de los procesos, su experiencia previa está relacionada a la función de latir o palpar.

Por otra parte, es interesante analizar ***El papel de la experiencia en la comprensión de la estructura y la actividad cardiaca***, ya que el ejemplo y la acción de apretar o cerrar su mano, implica en el grupo un ejercicio que desde la experiencia sensible le permite no solo entender que hay dos movimientos cardiacos como lo son la sístole y la diástole, sino que también, y como se vio con las preguntas “¿cuándo creen ustedes que el corazón se llena de sangre? , ahora en sístole ¿que pasara?”, los estudiantes plantean relaciones entre la capacidad de

contracción cardiaca del corazón, con la capacidad de expulsar la sangre, así como su capacidad de relajación con la acción de permitir un llenado que se ve reflejado en el aumento del volumen sanguíneo al interior de sus cavidades, este ejercicio va más allá, de entender que durante la sístole y la diástole el músculo cardíaco se contrae y relaja, invita al estudiante a establecer relaciones entre la morfología y la fisiología, es decir entre la estructura interna y su capacidad de permitir una circulación de sustancias por el cuerpo.

Una vez finalizada la explicación sobre los puntos corporales donde es más fácil la percepción del pulso, surge la siguiente intervención:

P: Ahora observen la imagen de la manito, que tipo de pulso será: braquial, radial, temporal

EG: Radial

P: vamos a hablar de tres tipos de frecuencia cardiaca, ojo a lo fácil de esto, yo voy a decir que bradicardia, suena raro, pero es una frecuencia cardiaca por debajo de 60 latidos por minutos, ¿qué pasará si estoy sentadito y tengo una frecuencia cardiaca de 57?, ¿cómo estará?

EG: en bradicardia (esta respuesta surge después de un prolongado silencio, donde se escuchaban algunos susurros que realizaban al analizar la tabla) (imagen 21)

P: muy bien

P: Ahora imaginen lo siguiente, yo ahorita me voy al colegio en bicicleta, pero voy muy rápido, ¿cómo llegaré al colegio?, ¿cómo estará mi frecuencia cardiaca?

EG: En taquicardia, (responden con entusiasmo)

P: y ahora que estoy sentado, no me estoy esforzando ¿cómo estará mi frecuencia cardiaca?

E1: Creo que normal

E2: Normal profe

E3: Posiblemente normal

P: Ahora retomando, que pasara en el caso de los profes que todos los días se van en bicicleta, el corazón se volverá perezoso o está entrenado

E1: Está perezoso

EG: Creo que entrenado

P: acabo de tomar mi frecuencia cardiaca y está en 51, ¿quiere decir que estoy cómo?, tengan en cuenta que no me siento mareado, ni con dolor en el pecho.

E1: en bradicardia profe, porque está bajita la frecuencia

E2: Bradicardia porque está entrenado, creo que será buena

E3: está entrenado profe

P: Pero qué pasará por ejemplo con un abuelito que está acostado, tiene la frecuencia en 51, se siente mareado, le duele el pecho y tiene dificultad respiratoria, entonces ¿qué creen que le está pasando al abuelito?, ¿la frecuencia cardiaca será buena o mala?

E1: Profe es porque muchas veces el corazón deja de funcionar (...) por eso pasa con los abuelitos, el corazón cumplió su función entonces ya no funciona como antes, envejece

E2: Estará en bradicardia como mala

E3: En bradicardia profe

En este punto el profesor retoma las respuestas de los estudiantes y realiza una breve explicación sobre la bradicardia y taquicardia, ya sea patológica o fisiológica, según si, presente síntomas y lo esperado según la actividad física que esté realizando, finalmente plantea el siguiente ejemplo

P: Miren esto tan interesante, la bradicardia puede ser según el caso, buena o mala, por ejemplo, si yo estoy en mi casa y la frecuencia cardiaca está en 50 no me siento mareado, cansado, no tengo dificultad respiratoria ¿Cómo clasificarían esa frecuencia cardiaca?

E1: Como buena profe, esta bajita

E2: Bradicardia fisiológica, no tiene ningún síntoma, entonces está bien

E3: Yo diría que hace ejercicio profe

EL PULSO Y LA ACTIVIDAD CARDIACA

FRECUENCIA CARDIACA EN REPOSO

BRADICARDIA: MENOR A 60 LPM

NORMAL: DE 60 A 100 LPM

TAQUICARDIA: MAS A 100 LPM

VALORES DE REFERENCIA PULSACIONES EN REPOSO POR MINUTO

HOMBRES				
EDAD (AÑOS)	INADECUADO (PPM)	NORMAL (PPM)	BUENO (PPM)	EXCELENTE (PPM)
20 - 29	86 o más	70 - 84	62 - 68	60 o menos
30 - 39	86 o más	72 - 84	64 - 70	62 o menos
40 - 49	90 o más	74 - 88	66 - 72	64 o menos
50 o más	90 o más	76 - 88	68 - 74	66 o menos

MUJERES				
EDAD (AÑOS)	INADECUADO (PPM)	NORMAL (PPM)	BUENO (PPM)	EXCELENTE (PPM)
20 - 29	96 o más	78 - 94	72 - 76	70 o menos
30 - 39	98 o más	80 - 96	72 - 78	70 o menos
40 - 49	100 o más	80 - 98	74 - 78	72 o menos
50 o más	104 o más	84 - 102	76 - 82	74 o menos

www.elseguro.com

Imagen 21 Captura de pantalla de la grabación de la sesión. Grafica sobre los valores de la frecuencia cardiaca en reposo, según edad y género.

El anterior relato resalta la importancia que tiene para los estudiantes, las imágenes que presentan información puntual sobre algunas dinámicas del corazón en este caso particular, la frecuencia cardiaca y su variabilidad como respuesta a las presiones del ambiente interno y externo, así como a la actividad que esté realizando el individuo.

Los fragmentos del relato resaltan ***El papel de los modelos y las imágenes diagnósticas en la comprensión de la dinámica del corazón***, ya que el grupo utiliza los datos de la imagen para responder a las preguntas planteadas por el profesor, por otra parte, no se prioriza en las definiciones sobre la bradicardia, ni la taquicardia ya que la imagen (ver imagen 21) con lo cual el estudiante construye asociaciones entre la frecuencia cardiaca y la actividad que realice la persona.

Además ***El papel de la experiencia en la comprensión de la estructura y la actividad cardiaca***, juega un papel muy importante ya que, desde el análisis que realizan a las situaciones que se plantean, logran establecer relaciones entre los datos que visualizaron previamente, con los posibles síntomas, estado de salud y actividades que realice el individuo, realizando clasificaciones de la frecuencia cardiaca en criterios como la bradicardia o la taquicardia e inclusive le atribuyen un estado fisiológico o patológico, tomando en cuenta la presencia o no de síntomas en cada caso.

La importancia del análisis de estas situaciones radica no solo en la dinámica del corazón específicamente de la frecuencia cardiaca, por el contrario, va más allá, al lograr configurar relaciones del corazón con otras estructuras como por ejemplo los pulmones al presentar dificultad respiratoria, o el cerebro al sentir mareos o tener eventos de síncope o presíncope. Estos elementos serán de gran importancia al momento de seguir estableciendo y reconfigurando la organización interna de los organismos y poder construir una imagen del corazón, como una estructura que favorece el mantenimiento de la homeostasis.

Continuando con la discusión anterior se retoma el siguiente relato, el cual se toma instantes después de lo ilustrado anteriormente:

E1: profe, ¿por qué las pulsaciones son diferentes en los hombres y en las mujeres?

P: el corazón de los hombres es más grande y necesitará menos latidos para transportar la sangre, y el de las mujeres al ser más pequeños tendrá que latir más veces. Les pongo un ejemplo, si cojo un balde de 1L y uno de medio litro, y necesito sacar 5 litros de agua de un tanque, con cuantos baldes de 1 L podré sacar toda el agua

EG: Con 5 baldados

P: imaginemos que ese era el corazón del hombre, ahora con cuantos baldados de medio litro se pueden sacar esos 5 litros de agua

EG: 10

P: Entonces vemos una relación entre el tamaño, el número de latidos y la cantidad de sangre que se bombea.

E2: profe y con relación a lo que dijiste, ¿a qué se debe la diferencia en el tamaño del corazón de la mujer y el hombre?

E3:! por la fisionomía;

P: El tamaño promedio de las mujeres es menor al de los hombres, y el corazón guarda esa proporción.

E4: profe dicen que cuando cierras el puño, ese es el tamaño del corazón, ¿es verdad, eso puede ser cierto?

P: muy bien, eso es un aproximado

Este fragmento permite reconocer ***el papel de la experiencia en la comprensión de la estructura y la actividad cardíaca***, en la construcción de explicaciones que den cuenta de relaciones entre el tamaño del corazón y su capacidad tanto de recibir sangre como de expulsarla al resto del cuerpo. Por otro lado, pensar en la variabilidad del tamaño y función del corazón dependiendo el organismo que se estudie, por ejemplo, la diferencia del tamaño del corazón entre hombres y mujeres la cual guarda relación con la masa corporal de cada uno, en palabras de Martínez (2007) “las mujeres tienen un corazón de menor tamaño, arterias coronarias menores, presiones durante la diástole y volúmenes ventriculares menores y menor aumento de la fracción de eyección con el ejercicio” (p.1118), es así como, el

análisis de lo anterior resalta la importancia de la experiencia que construyen desde la colectividad estudiantes y en la reconfiguración de la imagen de corazón, como una estructura modificable y con variaciones morfofisiológicas entre organismos de la misma especie.

Al finalizar la primera sesión de trabajo con el grupo, se puede concluir la paulatina construcción sobre la organización interna del cuerpo humano, así como de las relaciones que se dan entre estructuras que se ubican o no en la misma cavidad, la frecuencia cardíaca y su variabilidad según género, edad, condición física y finalmente el reconocimiento de la importancia de los movimientos del ciclo cardíaco, como sístole y diástole, en el mantenimiento de la homeostasis.

Sesión número dos – fase uno

Para esta sesión se plantea propiciar condiciones de aula, que les permitan a los estudiantes configurar no solo la idea de organización, sino que también puedan establecer:

- Relaciones entre los vasos sanguíneos y las sustancias que circulan por ellos.
- Relaciones fisiológicas entre el sistema respiratorio y el sistema cardiovascular, que den cuenta sobre el papel de la homeostasis en los organismos.

Los anteriores propósitos se esperan puedan ser alcanzados desde una caracterización más explícita de la homeostasis a partir de situaciones problemáticas y de análisis entre el aumento de la frecuencia respiratoria y la frecuencia cardíaca, así como la vasoconstricción o vasodilatación de los vasos sanguíneos en la regulación de la temperatura interna de los organismos.

Es así como la sesión da inicio con una breve explicación en relación a la sangre, sus elementos formes y el plasma sanguíneo. Posteriormente se realiza la siguiente

actividad, la cual tiene como objetivo que los estudiantes puedan establecer relaciones entre la sangre y la respiración.

P: Van a prender su cámara, los que no puedan, no hay problema, vamos a coger un tapabocas o un hilito, y vamos a amarrar fuerte el hilo o el tapabocas en un dedo, quiero que empiecen a observar su dedo, ¿Qué pasó?, ¿quién se anima a contarnos? (imagen 22)



Imagen 22 Fotografía tomada durante la ejemplificación de la actividad a realizar por parte de los estudiantes en ella se observa un elástico del tapabocas alrededor del dedo (Fuente Propia)

E1: Se pone morado profe

E2: Me empieza a doler el dedo

E3: Se siente apretado en la punta del dedo, como si quisiera estallar

E4: Se siente frío el dedo profe, duele

E5: Es doloroso, la puntica está fría

P: Yo les hago una pregunta, piensen en el dedo que acaban de ahorcar, nosotros todos los días respiramos, inhalamos y exhalamos, pero ¿por qué creen que lo hacemos?,

E1: Profe porque sin aire no podemos vivir

E2: Yo creo que, si no respiramos, el cuerpo no tiene oxígeno y muere

P: Muy bien, ¿pero qué hará ese oxígeno?

E1: Nos mantiene con vida

E2: Permite que vivamos

E3: Yo creo que se mueve en la sangre, por eso el dedo estaba así raro, me acuerdo que cuando usamos la linterna del celular con la aplicación, se veían muchas venas, por eso estaba así raro.

E4: Profe, por eso en los videos que hablan de gente que se atora, los muestran azules, porque no respiran bien.

P: Bien, pero bueno, ¿porque creen que si dejamos de respirar morimos?

- E1:** El cuerpo necesita oxígeno,
E2: Porque sin oxígeno nos quedamos sin fuerza para movernos.
E3: El corazón se detiene y no impulsa la sangre
E4: Como no entra oxígeno la sangre no lo puede mover por el cuerpo
E5: Es importante porque a mi abuelita cuando le dio **COVID** le sacaron sangre no de la vena de siempre, ella nos dijo que fueron más adentro, para mirar cómo estaba de aire⁴⁶

El análisis del anterior diálogo permite reconocer el **papel de la experiencia en la comprensión de la estructura y la actividad cardiaca**, ya que aunque en la explicación inicial sobre los elementos formos de la sangre, se pudo mencionar explícitamente la relación entre ella y los gases presentes en el aire, se opta por realizar una breve experiencia en la cual, los estudiantes desde la observación de su dedo y los cambios causados por la obstrucción temporal y abrupta del flujo sanguíneo de este, perciben una serie de sensaciones, que les permite preguntarse por qué suceden estos.

La reflexión y el análisis de la experiencia sensible junto con algunas preguntas orientadoras, posibilita que los estudiantes transiten entre afirmaciones como **E2: Me empieza a doler el dedo, la sangre ya no tiene aire** a otras explicaciones de tipo **E2: Yo creo que si no respiramos, el cuerpo no tiene oxígeno y muere**, estas permiten pensar que los estudiantes reconocen que no es el aire⁴⁷ el que se transporta por el cuerpo, sino que es el oxígeno, el cual posibilita que se desencadenen múltiples procesos en los organismos, o en palabras de los

⁴⁶ Es importante aclarar que la experiencia que comparte el estudiante en relación con el proceso médico al cual fue sometida su abuela, se explica inmediatamente finaliza la intervención de este, ya que permite retomar elementos abordados al inicio de la sesión, pero también, se busca responder las preguntas y dudas de los estudiantes en relación con este. Finalmente, el maestro encargado de la sesión toma en cuenta los relatos del estudiante sobre las características del proceso y hace explícito que posiblemente se trataba de una gasometría arterial, la cual está indicada en pacientes con neumonía por COVID, como lo era el caso de su abuela y en palabras de Gea & Ferrer (2020) el intercambio de gases debería ser evaluado siempre que sea posible a través de gasometrías arteriales, las cuales se facilitan en pacientes portadores de catéter arterial. (p. 9 -10)

⁴⁷ Aunque la composición del aire es similar y puede presentar pequeñas variaciones según en el lugar del planeta donde se analice, es importante resaltar lo propuesto por Orellana (2013) donde aclara que el aire atmosférico que se respira es una mezcla gaseosa formada por N₂ (78,06%), O₂ (20,98%) y CO₂ (0,04%), otros gases 0,92% de mayor importancia el Ar, pero estos valores se modifican durante la hematosis, al enriquecerse el aire con el CO₂ que se expulsa, llegando a valores cercanos a O₂ (13,6%), CO₂ (5,3%), N₂ (74,9%) y Vapor de agua (6,18%) (p. 503 - 506)

estudiantes **E2: *Porque sin oxígeno nos quedamos sin fuerza para movernos, o E3: El corazón se detiene.***

En el análisis de este fragmento se resalta la interacción que los estudiantes empiezan a construir en relación con la importancia del corazón en la circulación de sustancias que se transportan en la sangre, pero también en la interrelación entre ellas, ya que la circulación no es posible sin la actividad cardíaca, y esta última no es posible sin las sustancias que se transportan en el sistema vascular, son interdependientes la una de la otra.

Finalmente la intervención del estudiante **E5: *Es importante porque a mi abuelita cuando le dio COVID le sacaron sangre no de la vena de siempre, ella nos dijo que fueron más adentro, para mirar cómo estaba de aire y el corazón***, resalta lo fundamental de la experiencia cotidiana del estudiante, en la comprensión del corazón como una estructura que posibilita la homeostasis del organismo, ya que integra sus experiencias cotidianas en la construcción de argumentos que le permitan responder y comprender las preguntas y cuestionamientos que surgen durante la sesión de clase, pero además se convierten en un insumo principal en la configuración de explicaciones que den cuenta de la interacción entre los sistemas, en este caso, el cardiovascular con el respiratorio.

P: ¡Muy bien!, imaginen que yo los pongo a correr diez minutos y después les digo que corran otros diez minutos ¿qué sentirán?

E1: Nos sentimos como débiles

E2: Cansancio

E3: Nos faltara el oxigeno

E4: Respiramos más rápido

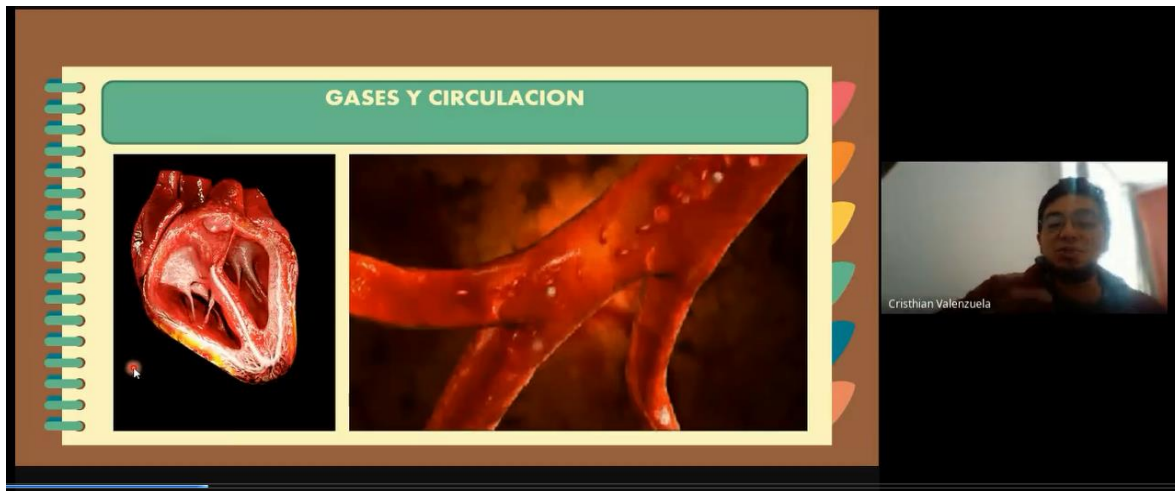


Imagen 23 Captura de pantalla de la grabación de la sesión. A la izquierda GIF de la representación del corazón en sístole y diástole, a la derecha, vasos sanguíneos en el cual se observan los glóbulos rojos circulando

P: Listo chicos piensen en esto, ustedes son muy pilos, vean lo siguiente. (imagen 23), ¿qué nombre recibe este órgano?

EG: El corazón profe

E1: ¡Vean como se mueve!

E2: Yo pensé que era como una muela, hasta que vi cómo se mueve.

P: Bien chinitos, veo que tenemos presentes los movimientos del ciclo cardiaco, uno de contracción y otro de relajación (el maestro aprieta y relaja su puño para ejemplificar la contracción y relajación del corazón), pero no se afanen por ello todavía, más adelante los analizaremos, ahora volvamos a la imagen y lo hablado el día de hoy ¿qué creen ustedes que pasará si el corazón no tiene energía?

E1: Se muere profe

E2: Deja de funcionar, profe

E3: Funciona más rápido buscando tener más oxígeno, porque él hace que nos movamos

E4: No se mueve el corazón, se detiene y no funciona más.

P: Si, pero pilas a esto, si se fijan en la imagen el corazón está latiendo, y si miran la imagen a la derecha vemos las células sanguíneas circulando por la sangre, nuestro cuerpo libera energía gracias a los alimentos que comemos y el oxígeno, quiere decir que sin oxígeno ¿que pasara con mis células y tejidos?, piensen en sus dedos con el tapabocas,

E1: No tengo energía

E2: Se mueren las células

E3: Los carritos que transportan el oxígeno se quedan solos

E4: Pero los glóbulos rojos no creo que sean carritos, si viajan en la sangre, son como barcos

E5: Sin oxígeno las células no tendrán energía

P: Muy bien, por eso cuando estoy haciendo ejercicio que empiezo hacer, ¿qué pasa con el corazón y los pulmones?

E1: Respiro más rápido profe

E2: Mucho más rápido profe

E3: Si, porque si respiro más, tengo más oxígeno

P: Muy bien chinitos, ahora retomando la clase pasada ¿porque cuando corro, mi corazón late más rápido?

E1: Profe, para que se mueva más la sangre

E2: Creo que, entendí que todo es para que llegue más oxígeno al cuerpo y a las células

E3: Para mover más oxígeno, tener energía y poder seguir corriendo

E4: Entonces es para tener más energía

P: Muy bien para que la sangre circule más rápido y transporte oxígeno a las células, eso quiere decir que lo que como, con ayuda del oxígeno nos permite tener ¿Qué? chinitos

EG: Energía

E2: Movimiento

Lo anterior permite resaltar la importancia de ***El papel de los modelos y las imágenes diagnósticas en la comprensión de la dinámica del corazón***, ya que junto con la experiencia realizada previamente y desde el análisis de los GIF que se presentaban (Ver imagen 23), los estudiantes establecen relaciones entre el sistema cardiovascular y el respiratorio, las explicaciones que construyen a preguntas como **P:** Muy bien , por eso cuando estoy haciendo ejercicio que empiezo hacer, ¿ qué pasa con el corazón y los pulmones? ¿porque cuando corro, mi corazón late más rápido?, dan cuenta de la relación que establecen los estudiantes entre los sistemas respiratorio y cardiovascular, ya que por una parte, mencionan el aumento de la frecuencia respiratoria como respuesta compensatoria del organismo a la demanda de oxígeno por parte de las células durante la actividad física, pero también, resaltan el aumento de la frecuencia cardiaca en la distribución de las sustancias que circulan por la sangre a los diferentes tejidos del cuerpo humano.

Estas explicaciones surgen primero desde la experiencia sensible de los estudiantes y está mediada por el uso, análisis e interpretación de los modelos del corazón y los pulmones presentados a los estudiantes ya que, estos posibilitan la visibilización de los procesos y relaciones internas de los organismos.

Finalmente se resalta el siguiente testimonio por parte de un estudiante **E4**: *Pero los glóbulos rojos no creo que sean carritos, si viajan en la sangre, son como barcos* y se agrupa dentro de **Elementos emergentes en la propuesta**, ya que aunque durante la explicación inicial se realiza una analogía entre los glóbulos rojos, el oxígeno y el sistema vascular con medios de transporte como carros que llevan a pasajeros a su destino, el estudiante, reflexiona sobre ello y afirma que más que carros son barcos , entendiendo así parte de la naturaleza del tejido sanguíneo, finalmente la analogía planteada en clase y la transformación que realiza el estudiante de esta, posibilitan pensar en la importancia de la analogía en la construcción de discurso por parte de los estudiantes en relación a la dinámica cardiaca.

P: muy bien chinitos, ustedes son muy pilos, ahora quiero que miren la imagen (imagen 24), que están viendo, que creen, que se le viene a la cabeza.

E1: El corazón

E2: La sangre

E3: Venas

E4: Creo que venas y arterias

P: Muy bien, pero ahora chinitos porque creen ustedes que pintan a las venas y las arterias de ese color

E1: Para diferenciarlos

E2: Para poderlos distinguir

P: Bien chinitos, cuando se ahorcaron el dedito que paso, imaginen que van por la calle y una viejita que está caminando con mucho estilo se desmaya ustedes se acercan y ven a la viejita, con los labios azules, ¿qué es lo primero que pensarían?

E1: Que no le llega oxígeno suficiente a la sangre

E2: Si esta azul es porque las células están sin oxígeno, como el dedo (haciendo referencia a la actividad inicial, en la cual interrumpieron temporalmente el flujo sanguíneo)

E3: Se está muriendo, sin oxígeno, el corazón no funciona

E4: Tenía COVID o le dio un infarto, yo creo que por eso estaba azul, no tenía suficiente oxígeno o no se podía mover por la sangre

P: Muy bien, nosotros ya vimos que las venas y las arterias tienen un color que las representa, las arterias de rojo y las venas de azul⁴⁸, entonces qué podrían decirme ustedes sobre estos vasos sanguíneos y el aire.

E1: Profe las venas tienen menos oxígeno entonces son azules y las arterias como tienen más oxígeno son rojas

E2: Sí profe me acuerdo el ejemplo del oxígeno que se sienta en la hemoglobina, le da pena y se pone roja

Este fragmento se puede agrupar dentro del **papel de la experiencia en la comprensión de la estructura y la actividad cardíaca**, ya que a la pregunta *ven a la viejita, con los labios azules, ¿qué es lo primero que pensarían?*, las afirmaciones que plantean los estudiantes surgen desde algunas de las experiencias que se configuran en el aula, por ejemplo **E2: Si esta azul es porque las células están sin oxígeno, como el dedo**, lo anterior le permite al estudiante relacionar la fisiología del sistema circulatorio, el respiratorio y la actividad cardíaca, en la construcción de explicaciones a preguntas o situaciones que se pueden presentar en la cotidianidad. Por otra parte, la respuesta del **E4: Tenía COVID o le dio un infarto, yo creo que por eso estaba azul, no tenía suficiente oxígeno o no se podía mover por la sangre**, permite pensar en la forma en la que los estudiantes establecen una relación de interdependencia entre el corazón, la circulación y la respiración, su actividad es dependiente de las otras, si falla una de las relaciones, se pone en peligro el mantenimiento y regulación del organismo.

⁴⁸ Aunque se hace la claridad que en realidad las venas y arterias no presentan dichas coloraciones, es una forma de representarlas y facilitar su estudio en libros de texto o cuerpos a los que se les realiza técnicas modernas como la plastinación propuesta por Gunther von Hagens en 1977 en la cual se reemplazan los líquidos y lípidos de las estructuras por silicona u otras sustancias químicas, estas técnicas son de gran importancia desde los estudios de Galeno, ya que en palabras de Mandressi (2008) “en la primera mitad del siglo XVI, la lección de anatomía adquiere una configuración marcada por dos rasgos esenciales: el nuevo papel del maestro y la disposición de los anfiteatros, ambos subtendidos por las exigencias epistemológicas emanadas del “programa sensorial” (p. 173)

Continuando con lo anterior, se resalta el siguiente testimonio **E2: Profe me acuerdo el ejemplo del oxígeno que se sienta en la hemoglobina, le da pena y se pone roja**, el cual se puede agrupar dentro de **Elementos emergentes en la propuesta**, en tanto el estudiante relaciona la coloración de los vasos sanguíneos según la cantidad de gases presentes en ellos, más específicamente en los glóbulos rojos, esto mediante el uso de analogías en la explicación y ejemplificación de lo que sucede a nivel microscópico, nuevamente las analogías, visibilizan lo invisible a simple vista, y le permiten a los estudiantes establecer relaciones, conjeturas y explicaciones a situaciones o preguntas, que en este caso requieren de diferentes disciplinas de las ciencias naturales para ser explicadas, por ejemplo lo propuesto por Lavoisier que posterior al descubrimiento del oxígeno en 1778 deduce que la respiración en los animales es similar a una combustión lenta, la cual requiere de oxígeno que es transportado inicialmente por la hemoglobina hasta que por afinidad la mioglobina presente en los músculos capta el oxígeno, en palabras de Vera (2010) “la unión de la molécula de dióxigeno tiene lugar por medio del sexto enlace de coordinación del hierro hemínico, presente en la hemoglobina” (p.217), unión que intensifica el color rojo de la sangre, él cual es percibido por los ojos , como el reflejo de la luz roja en la hemoglobina.

Finalmente, resaltando la importancia de la actividad cardiaca en el transporte de sustancias por medio del torrente sanguíneo y de la hemoglobina en dicho proceso, se retoma la afirmación del estudiante a la pregunta ¿qué sucede con la anciana? **E3: Se está muriendo, sin oxígeno, el corazón no funciona**, o en palabras de Villegas (2007) “a menor cantidad de hemoglobina se presentan síntomas frecuentes que afectan al corazón, palpitaciones, disnea o sensación de falta de aire, soplos cardiacos, angina dolorosa, insuficiencia cardiaca, síncope o desmayo” (p.335)

En este punto de la sesión de clase, se realiza una explicación muy corta sobre la morfología y fisiología del sistema respiratorio, la cual se apoya en material visual,

una vez finalizada, se comparte un GIF que representa el proceso de la hematosis. (imagen 24)

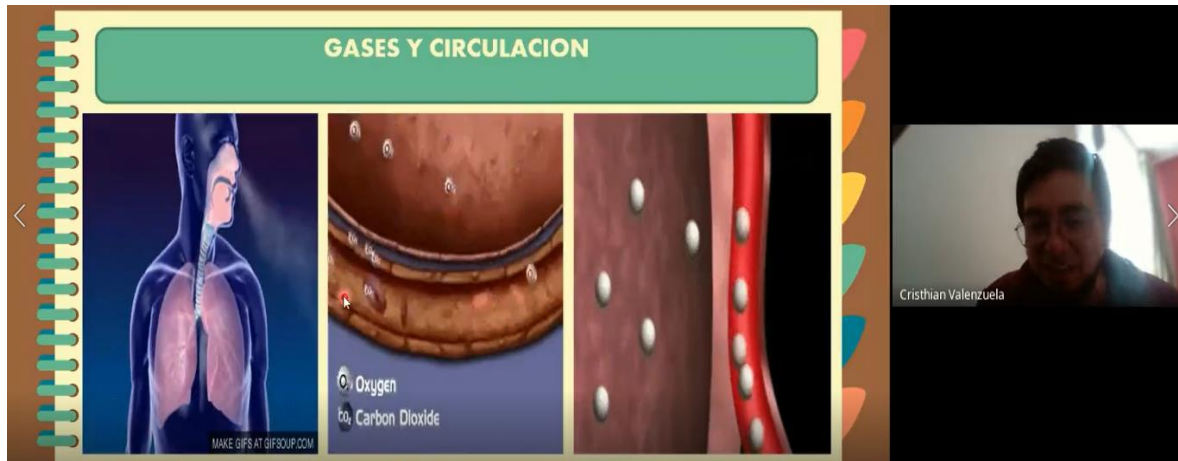


Imagen 24 Captura de pantalla de la grabación de la sesión. A la izquierda GIF sobre el proceso ventilatorio, imagen central e izquierda, proceso de intercambio gaseoso en los alveolos y capilares.

P: Si observan la imagen ustedes podrían decir que lo que ingresa al capilar es:

EG: (...) Oxígeno

E1: Se ve que oxígeno

E2: Lo que está saliendo del capilar al alveolo es el dióxido de carbono

P: Muy bien chinitos ahora quiero que piensen en lo siguiente: la sangre que viene de acá, que está sin oxígeno proviene de donde:

E1: Del cuerpo

E2: Yo creo que, de las venas, que recogen la sangre que no tiene oxígeno

E3: De los vasos azules

E4: El glóbulo se ve azul, entonces viene de las venas

P: Muy bien, y la sangre que se oxigena a donde se va:

E1: Al cuerpo

E2: Pues a todo el cuerpo, profe

E3: A todo el cuerpo para la energía

P: Qué pilos chinitos, ahora otra pregunta más, que pena ser tan cansón ¿cuándo yo exhalo estoy expulsando que chinitos?:

E: Dióxido de carbono (respuesta rápida)

P: Muy bien, quiere decir que ese dióxido de carbono es que:

E1: Un desecho, por eso lo sacamos del cuerpo

E2: No es tan necesario y se sale cuando exhalamos

El anterior relato se agrupa dentro del ***papel de los modelos y las imágenes diagnósticas en la comprensión de la dinámica del corazón***, ya que el uso de este tipo de representaciones le permite a los estudiantes emplear su experiencia sensible en la construcción de explicaciones sobre el proceso de hematosis que como explica Montenegro (2004) “es el intercambio de gases entre el aire alveolar y la sangre capilar debido a la existencia de gradientes de presión de gases (O_2 y CO_2) a ambos lados de la membrana respiratoria”(p.127), el cual es la emergencia de la interacción entre el sistema respiratorio, las sustancias y células que circulan en la sangre, junto con la actividad cardíaca, y difiere de la ventilación pulmonar como lo explica Minuchin (2008) “ este intercambio continuo se produce en las zonas más distales del árbol bronquial, específicamente a partir de la decimosexta generación de bronquiolos en adelante y se diferencia de la ventilación pulmonar al no ser un proceso cíclico de inspiración y espiración” (p.52 - 53).

Por otra parte, este ejercicio visibiliza el reconocimiento que los estudiantes realizan sobre la circulación mayor y menor, no solo desde los recorridos sanguíneos, sino que también desde la interacción de las sustancias circulantes, las células y otras que conforman tejidos diferentes, como lo ejemplifica el siguiente fragmento tomado de la sesión: **P:** Muy bien chinitos ahora quiero que piensen en lo siguiente: la sangre que viene de acá, que está sin oxígeno ¿de dónde proviene? A lo que el estudiante responde:**E1:** Del cuerpo **E2:** Yo creo que de las venas, que recogen la sangre que no tiene oxígeno, **E3:** De los vasos azules, **E4:** El glóbulo se ve azul, entonces viene de las venas, **P:** Muy bien, y la sangre que se oxigena a donde se va: **E1:** Al cuerpo, **E2:** Pues a todo el cuerpo, profe, **E3:** A todo el cuerpo para la energía, estas afirmaciones permiten reflexionar sobre la importancia de la representación en la construcción de una imagen del corazón como una estructura que favorece y permite la homeostasis, ya que los estudiantes configuran explicaciones sobre los recorridos y las interacciones de los gases, las células y las estructuras desde la observación del color tanto de los vasos sanguíneos, como de los glóbulos, permitiéndoles también construir conjeturas sobre los recorridos de la sangre arterial y venosa.

Finalmente las expresiones viene del cuerpo y va hacia el cuerpo que son utilizadas por el mismo estudiante, al explicar el proceso de hematosis, surge de pensar su respuesta estando ubicado en los pulmones, por lo que la afirmación viene del cuerpo se puede categorizar como circulación menor, y va hacia el cuerpo como circulación mayor o en palabras de Merí (2005) “cuando la sangre sale del corazón entra en un circuito arterial que reparte sangre oxigenada a los tejidos corporales, en cambio la circulación menor recoge la sangre cargada de CO_2 y la transporta a los pulmones para intercambiarlo por oxígeno” (p.42-43)

P: Muy bien chinitos, ahora imaginen por un momento que ustedes son médicos, si observan la siguiente (imagen 25) ¿que podrían decir ustedes sobre el niño?

E1: Le falta oxígeno profe, por eso está azul

E2: Esta mal de oxígeno y con poca energía

EG: Con poco oxígeno profe

P: Excelente chinitos, eso está muy bien, ahora, ¿cuál es la frecuencia cardíaca esperada si el cuerpo busca compensar esa falta de oxígeno?

EG: taquicardia (respuesta rápida)

E1: Mayor a 100

E2: Muy acelerada

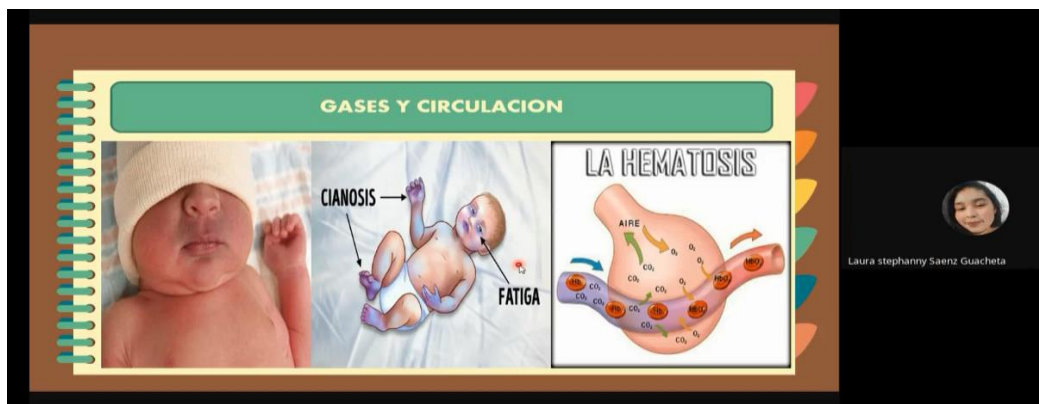


Imagen 25 Captura de pantalla de la grabación de la sesión. A la izquierda se observa la fotografía de un neonato con la periferia bucal levemente azul, a la derecha una representación del alveolo en el cual se ejemplifica el proceso de hematosis

P: Muy bien, ahora, atentos a esto, la frecuencia respiratoria es el número de veces que respiramos por minuto que generalmente está entre 12 a 20⁴⁹, ¿cómo estará entonces la frecuencia respiratoria, por ejemplo, en el chinito⁵⁰?

EG: Mas rápida

E1: Mayor de 20

E2: Alta

E3: Más alta, para buscar oxígeno

Durante el análisis de la sesión, se hace evidente la paulatina construcción de explicaciones a diferentes situaciones problemáticas, desde la interacción de los sistemas cardiovascular y respiratorio, el fragmento anterior en particular se puede agrupar dentro del **uso del concepto homeostasis en la explicación e interpretación que realizan los estudiantes de la dinámica cardiovascular**, ya que aunque no se hace un uso explícito del concepto homeostasis, los estudiantes reconocen la interacción de la respiración, la circulación y la actividad cardíaca, en el mantenimiento y desarrollo de la vida.

Al analizar el siguiente fragmento de la sesión **P:** *Muy bien chinitos, ahora imaginen por un momento que ustedes son médicos, si observan la siguiente imagen ¿que podrían decir ustedes sobre el niño?* **E1:** *Le falta oxígeno profe, por eso está azul,* **E2:** *Está mal de oxígeno y con poca energía,* **EG:** *Con poco oxígeno profe,* se hace evidente que los estudiantes desde la observación de la imagen atribuyen la coloración azul del bebe con un evento cianótico, en el cual el neonato presenta una baja concentración de oxígeno a nivel sanguíneo, ahora al plantear las siguientes preguntas: **P:** *¿cuál es la frecuencia cardíaca esperada si el cuerpo busca compensar esa falta de oxígeno?* **EG:** *taquicardia (respuesta rápida),* **E1:** *Mayor a 100,* **E2:** *Muy acelerada* y **P:** *¿cómo estará entonces la frecuencia respiratoria por*

⁴⁹ Esta frecuencia respiratoria es de gran importancia dentro del análisis del estado de salud de las personas ya que permite configurar conjeturas o predicciones sobre la evolución de los estados que pueda estar presentando, ya que como explica Daza (2007) "la frecuencia respiratoria es el número de respiración por minuto, este signo vital establece una relación directa con la edad: en el recién nacido es de 40 a 60 rpm, en un niño de 10 años es de 16 a 20 rpm y en el adulto es de 12 a 20 rpm" (p. 86)

⁵⁰ Se aclara que durante el ejemplo en el cual se analiza la imagen del neonato cianótico, se generaliza la frecuencia respiratoria para todas las edades entre 10 a 20 rpm, sin embargo, posteriormente se explican las variaciones según la edad, las cuales son mencionadas en la nota al pie anterior.

ejemplo, en el chinito? EG: Mas rápida E1: Mayor de 20 E2: Alta E3: Más alta, para buscar oxígeno, se puede afirmar que los estudiantes establecen una relación entre la actividad cardiaca y la velocidad con la que se distribuye el oxígeno por el organismo, es decir a bajos niveles de oxígeno, mayor frecuencia cardiaca y respiratoria, esto como mecanismo compensatorio, que evita la progresión del evento de estrés celular a otros más catastróficos, como isquemia tisular y una posterior necrosis, lo cual indudablemente podría causar la muerte del organismo.

Lo mencionado anteriormente permite desde las intervenciones de los estudiantes, comprender a la homeostasis como, un proceso sistémico, que, busca mantener al organismo dentro de un rango de equilibrio dinámico, gracias a la constante interacción de las células, tejidos, órganos y sistemas de los organismos, mediante mecanismos compensatorios, como es explicado a continuación por Guyton & Hall (2011):

El fisiólogo estadounidense Walter Cannon en 1929, acuñó el concepto homeostasis para referirse al mantenimiento de unas condiciones casi constantes del medio interno. Esencialmente todos los órganos y tejidos del organismo realizan funciones que colaboran en el mantenimiento de estas condiciones relativamente constantes (...) A menudo, la enfermedad se considera un estado de ruptura de la homeostasis. Sin embargo, incluso en presencia de enfermedades, los mecanismos homeostáticos siguen activos y mantienen las funciones vitales a través de múltiples compensaciones. Estas compensaciones pueden conducir en algunos casos a desviaciones importantes de las funciones corporales con respecto al intervalo normal, lo que dificulta la labor de diferenciar la causa principal de la enfermedad de las respuestas compensadoras. (p.33)

Finalmente se presenta un video en el cual se muestran dos vasos sanguíneos uno en vasoconstricción y el otro en vasodilatación, realizando una explicación breve con lenguaje coloquial que emplea el uso de analogías con una gallina y sus polluelos la cual se acurruca o no, para mantener el calor. (imagen 26)

P: Ahora chinitos imaginen que los glóbulos rojos son pollitos ¿qué pasará entonces cuando vamos al polo norte que harán nuestros vasos sanguíneos?

E1: Profe se contraen

E2: Yo creo que se contraen profe, como con los pollitos y la gallina

E3: Se aprietan profe

P: Bien chinitos ¿que pasara con sus vasos sanguíneos si se van a barranquilla?

E1: Se expanden

E2: Se vuelve más grande

E3: Se dilatan profe, con eso se baja el calor

E4: Lo contrario profe

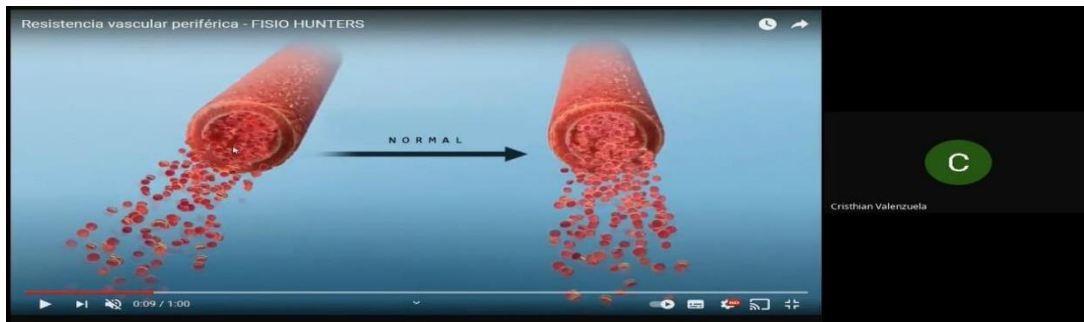


Imagen 26 Captura de pantalla del video en el cual se representan dos vasos sanguíneos, a la izquierda en vasoconstricción y a la derecha en vasodilatación

Este diálogo posibilita pensar en el papel **de los modelos y las imágenes diagnósticas en la comprensión de la dinámica del corazón** en la construcción de explicaciones que les permita a los estudiantes relacionar los cambios morfológicos de los vasos sanguíneos y su importancia en el mantenimiento de la homeostasis. También es oportuno mencionar la relación que hacen los estudiantes en cuanto al corazón y la circulación, ya que explicitan tanto los cambios en la tensión de los vasos sanguíneos y la variabilidad del ritmo cardiaco, ya sea, un aumento en la frecuencia o una reducción de este, como respuesta a los cambios en la temperatura externa e interna de los organismos.

Finalmente, y como se vio a lo largo de la sesión, los estudiantes establecen relaciones que les permite explicar, comprender y analizar algunos elementos de la actividad cardiaca y la homeostasis, desde el reconocimiento de las sustancias que circulan por el sistema vascular y la interacción de ellas, con el sistema respiratorio y la actividad cardiaca, resaltando la importancia de esta en los procesos compensatorios de la homeostasis. Cerrando así la primera fase de la propuesta de aula **el corazón y los estímulos del ambiente**, en la cual además de lo nombrado

anteriormente se logra reconocer que la actividad del corazón está mediada por las condiciones y situaciones tanto del ambiente externo como del interno.

Sesión número tres – fase dos

Esta fase de la propuesta inicia, con una breve explicación en relación a proteínas, lípidos, glúcidos, su importancia en el mantenimiento y desarrollo de los organismos, así como algunas patologías por la carencia o consumo excesivo de estas que inciden en el sistema cardiovascular y afectan la dinámica del corazón. Se abordan desde el análisis de imágenes diagnósticas y fotografías, la morfología interna y externa del corazón, los tipos de sistemas circulatorios en algunos grupos de vertebrados y los recorridos internos de la sangre en el corazón. Finalmente se aclara que durante el análisis de las relaciones y testimonios que surgen durante la sesión, sólo se tomarán los elementos directamente vinculados con el corazón y su actividad.

Es así como para la primera sesión de la fase número dos de la propuesta se establecen los siguientes propósitos:

- Reconocer y explicar algunas patologías vasculares que afectan la actividad cardíaca, por la ingesta excesiva de grasas
- Explicar los recorridos circulatorios de la sangre al interior y exterior del corazón, desde el uso de imágenes diagnósticas como ecografías trans torácicas y trans esofágicas.
- Configurar relaciones sobre la interacción entre gases circulatorios, glúcidos y lípidos presentes en la circulación y su importancia en la síntesis y liberación de energía en las células.



Imagen 27 Captura de pantalla de la grabación de la sesión. A la izquierda fotografía de una arteria con un proceso aterosclerótico, se observa la reducción de la luz arterial, lo cual se puede traducir como una disminución en la irrigación arterial y un posible estrés celular y tisular, a la derecha y en la imagen central, se observan dos GIFTS que representan el proceso aterosclerótico.

P: Ahora, miren esta imagen (imagen 27), es un vaso sanguíneo que transporta sangre rica en oxígeno es decir que estamos hablando ¿de qué chinitos?:

EG: De una arteria

P: Muy bien, ahora miren acá esto amarillo ¿Qué será?:

E1: Creo que grasas, profe

E2: Colesterol, profe

E3: LDL el malo

E4: Grasas malas profe

P: Excelente chinitos, ahora miren lo negro, ese espacio es la luz de la arteria es decir por donde circulan las sustancias, ¿qué pasará con la cantidad de sangre y glóbulos rojos que circulan?:

E1: Yo creo que pasa menos sangre

E2: Llega menos oxígeno a las células

E3: No pasan tantos glóbulos

E4: La sangre circula mal, profe

P: Perfecto, muy bien chinitos, pero como tiene menos oxígeno ¿qué pasará?, que pena ser tan cansón, imaginen que esa arteria va al corazón entonces ¿qué le pasará?

E1: Profe, se tapona el corazón

E2: Pues que, el corazón tiene menos oxígeno y menos energía

E3: Entonces ya no funciona bien

E4: No tiene suficiente energía

E5: No le llega oxígeno y el corazón no bombea la sangre

P: Muy bien, ahora vamos hablar sobre la isquemia, si tienen en cuenta lo anterior, podemos decir que, en la isquemia, ¿qué pasa con los tejidos y las células?

E1: Se mueren profe, están estresadas, como en el ejemplo

E2 No tienen suficiente oxígeno, entonces es más difícil que tengan energía.

E3: Si eso pasa en el corazón, no circula más sangre profe, el corazón estaría a punto de morir, se pondría morado como el dedo

P: Perfecto, como no tienen suficiente oxígeno, pasan por un periodo de estrés, pero si ese proceso isquémico continua y cada vez llega menos oxígeno a las células y a los tejidos que pasara

EG: Se mueren

Este fragmento resalta la importancia del **papel de los modelos y las imágenes diagnósticas en la comprensión de la dinámica del corazón**, ya que la imagen y la pregunta, les permite integrar los diferentes elementos y experiencias que se han construido durante la propuesta de aula, ya que ahora no solo relacionan al sistema vascular y respiratorio, sino que también vinculan en sus explicaciones alteraciones en la morfología vascular e inclusive realizan hipótesis sobre el origen de dichas alteraciones, **P:** *Muy bien, ahora miren acá esto amarillo ¿Qué será?:* **E1:** *Creo que grasas, profe,* **E2:** *Colesterol, profe,* **E3:** *LDL el malo,* **E4:** *Grasas malas profe,* estas afirmaciones están en concordancia con lo propuesto por Braunwald & Bonow (2019) “experimentos realizados durante el siglo XX utilizaron modulaciones dietéticas para producir lesiones grasas en las arterias de conejos, identificando el colesterol como el culpable de las lesiones, favoreciendo el concepto de la acumulación de lípidos como causa aterosclerótica”(p.859).

Continuando con el análisis de los registros por parte de los estudiantes se resalta el siguiente **P:** *Muy bien, ahora vamos hablar sobre la isquemia, si tienen en cuenta lo anterior, podemos decir que, en la isquemia, ¿qué pasa con los tejidos y las células?,* **E1:** *Se mueren profe, están estresadas, como en el ejemplo,* **E2** *No tienen suficiente oxígeno, entonces es más difícil que tengan energía,* **E3:** *Si eso pasa en el corazón, no circula más sangre profe, el corazón estaría a punto de morir, se pondría morado como el dedo,* este fragmento se incluye dentro del **papel de la experiencia en la comprensión de la estructura y la actividad cardiaca**, ya que, los estudiantes continúan vinculando en la construcción de explicaciones

actividades y ejemplos que se originaron desde la experiencia sensible⁵¹, estas explicaciones visibilizan la interacción de la actividad cardiaca con otros sistemas, reconociendo que el ciclo cardiaco posibilita la circulación de sustancias por el torrente sanguíneo a través del sistema vascular, las cuales son fundamentales para múltiples procesos metabólicos, inmunológicos, endocrinos y homeostáticos, haciendo explícito que el corazón depende en este caso de la morfología vascular ya que, aunque se cuenten con las sustancias en el torrente sanguíneo, si en su camino al corazón hay obstrucciones o alteraciones que reducen la luz o la integridad de la arteria, se pone en peligro la actividad del corazón y por lo tanto la de todo el organismo.

Posteriormente se les pide a los estudiantes que observen una representación del corazón (imagen 28), con la cual se realizaría el análisis y explicación de los recorridos sanguíneos tanto al interior como al exterior del corazón, explorando paulatinamente la morfología interna del corazón.

E1: Profe parece que tiene paticas el corazón (este estudiante comenta inmediatamente observa la imagen)

P: Si, esas paticas que mencionas son la vena cava inferior y superior y la arteria aorta, recuerden que unas van al corazón y otras salen del corazón, por ahora observen la imagen, las flechas tienen colores, estas flechas azules indican que la sangre llega al corazón, nos permite decir ¿que, chinitos? ¿Qué creen?

E1: Profe que se conectan al corazón y están sin oxígeno

E2: Yo creo que salen del corazón también, me imagino que, al pulmón, en la imagen se ve

E3: Están sin oxígeno

E4: Profe también creo que, así como llegan al corazón, se van a los pulmones para el intercambio de aire.

⁵¹ Por experiencia sensible se hace referencia a la actividad de la sesión anterior en la cual los estudiantes interrumpen abruptamente el flujo sanguíneo de sus dedos, observando cambios en la coloración de este.

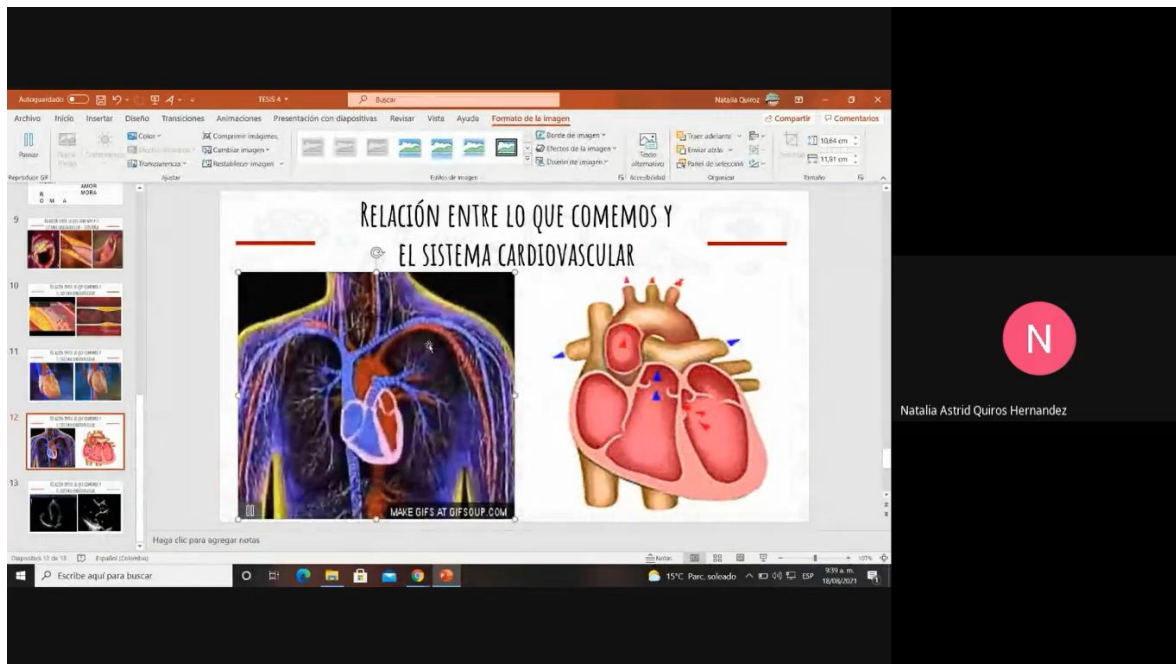


Imagen 28 Captura de pantalla de la grabación de la sesión. A la izquierda representación animada de la circulación arterial y venosa a la derecha, recorridos circulatorios arteriales y venosos al interior del corazón, se observan las cuatro cavidades internas del corazón.

P: bien, ahora esto de acá que recibe sangre con oxígeno que será

EG: las arterias

P: bien chinitos, ahora, quiero que miren este gif, cuántas cavidades tiene el corazón.

En este momento se presenta silencio, por lo que, sin perder tiempo, se le pregunta puntualmente a un estudiante, que guarda silencio, lo que provoca que los demás estudiantes, tomen la iniciativa a responder la pregunta, ¿cuántas cavidades tiene ese corazón?

E1: ¡Siete!

E2: ¿Cinco?

E3: Cuatro, profe

P: Muy bien, tiene cuatro cavidades

En el anterior fragmento se resalta en particular la siguiente intervención, **E2:** *Yo creo que salen del corazón también, al pulmón, en la imagen se ve, la cual permite reconocer el **papel de los modelos y las imágenes diagnósticas en la comprensión de la dinámica del corazón** ya que, la estudiante desde el análisis y observación del GIFT identifica que efectivamente las venas retornan la sangre al*

corazón con sustancias de desecho, pero además afirma que esta sangre es expulsada hacia los pulmones, reconociendo así uno de los recorridos de la circulación menor, en el cual puntualizan Welsch & Sabotta (2009) “que, la función principal consiste ante todo en dirigir la sangre desoxigenada del ventrículo derecho hacia los pulmones y allí se carga de oxígeno y retorna al atrio izquierdo” (p.235)

Por otra parte al analizar que los estudiantes categorizan la sangre y los vasos sanguíneos según la cantidad de oxígeno presente en ellos e infieren los recorridos al interior del corazón, se resalta el ***papel de la experiencia en la comprensión de la estructura y la actividad cardiaca***, ya que como se ha comentado a lo largo de la sistematización y análisis de la propuesta de aula, las actividades que hacen uso del cuerpo de los estudiantes para ejemplificar y explicar determinados procesos, permite que se reconfigure la forma de relacionarse e interpretar la imagen particular que cada estudiante construye sobre la actividad cardiaca.

Posterior al análisis y explicación en relación al corazón, se le pide a los estudiantes que realicen el dibujo de este, con el cual se explica desde otra representación, el nombre de las cuatro cavidades y sus principales características en relación al tamaño y forma de los atrios y ventrículos, esto con el fin de que los estudiantes reconozcan cada cavidad desde su morfología, y no desde ubicaciones que cotidianamente se presentan en los libros de texto y otras fuentes de información, es decir, los atrios en la parte superior del corazón y los ventrículos en la parte inferior de este.

Para poner en práctica y comprobar el anterior punto y superar las dificultades que se dieron durante la observación de la imagen (imagen 28), se comparte la imagen de dos ecocardiogramas transtorácicos⁵² (imagen 29)

⁵² Este método diagnóstico es ampliamente usado en los centros de cardiología a nivel mundial y aunque difiere de la resonancia magnética, suele ser mayoritariamente empleado por su costo, puede ser transtorácico, desde afuera del tórax, o transesofágico dentro del esófago, como explica Attie (2003) la “técnica empleada incluye: la ecocardiografía bidimensional, el Doppler, el mapa de colores de flujo y el contraste, con lo que se obtiene información tanto anatómica como funcional, en tiempo real(...) permitiendo una valoración detallada de las estructuras cardiacas y extracardiacas” (p.13)

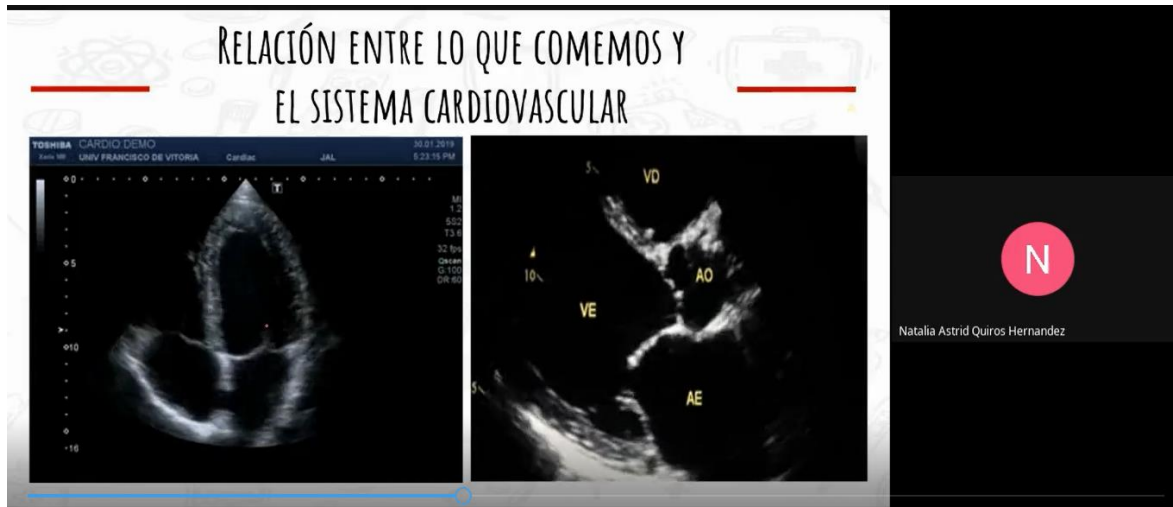


Imagen 29 Captura de pantalla de la grabación de la sesión GIF de un ecocardiograma transtorácico a la izquierda se observa un plano apical de cuatro cámaras, a la derecha corte de dos cavidades atrio izquierdo, ventrículo izquierdo y derecho, válvula aórtica y arteria aorta.

P: Muchachos esto que tenemos acá son GIFT de un examen que hacen los médicos cardiólogos se llama ecocardiograma y nos deja ver el corazón, vamos a imaginar que somos médicos y sin miedo a equivocarnos vamos a responder sin miedo, ustedes ya vieron varias imágenes sobre el corazón de todas las formas y colores, quiero que, me digan ¿que observan?

E1: profe, ahora si veo más claro, las cuatro cavidades

E2: Se ven en la fótico de la izquierda, la otra esta más difícil

P: Bien loquitos, quiero que me digan esas cavidades de arriba como se llaman

E1: Profe (...) son los ventrículos, son más grandes

E2: yo creo que son los atrios, porque están arriba

E3: ¡No! Son los ventrículos recuerde que el profesor dijo que eran más grandes

P: Bien mis chinitos, no nos podemos guiar por arriba y abajo, cada cavidad tiene una forma, alguien me puede decir que más observan

E1: Profe los ventrículos, los atrios, la pared que separa y las válvulas se ven en la mitad de cada lado, aunque acá se ven diferentes al video, pero se mueven parecido.

E2: Profe la imagen esta al revés cierto, porque el ventrículo izquierdo es el más grande

P: Muy bien chinitos, vamos excelente.

Este breve fragmento primero resalta el **papel de los modelos y las imágenes diagnósticas en la comprensión de la dinámica del corazón**, ya que posibilita la

ubicación de las cavidades cardíacas, el reconocimiento que realizan de estas se basa no en la ubicación de arriba y abajo, por el contrario, los estudiantes mencionan incluso que la imagen está al “revés” ya que, el ventrículo izquierdo está donde tendría que ir el derecho, pero afirman que es el izquierdo por la diferencia de tamaño en relación al derecho, ya que el izquierdo requiere una mayor fuerza para eyectar la sangre al resto del cuerpo. Identifican las válvulas mitral y tricúspide así como el septo interventricular. Este ejercicio requiere de una configuración de imagen del corazón, que les permite reconocerlo desde las características particulares de cada estructura observada en un GIF del plano apical de cuatro cámaras en el cual Chorro (2011) afirma que:

Se visualizan las cuatro cavidades, los septos interventriculares e interauriculares, así como la cruz cordis. Este plano es óptimo cuando se consigue obtener los ejes largos máximos de ambos ventrículos, así como la máxima excursión de las válvulas mitral y tricúspide. El ápex aparecerá en la parte superior de la pantalla y las aurículas en la parte inferior de esta, las cavidades derechas, en la parte izquierda, y las izquierdas, en la parte derecha. (p.60)

Ahora, se procede a realizar un ejercicio en el cual los estudiantes explican el recorrido que realiza la sangre al interior del corazón

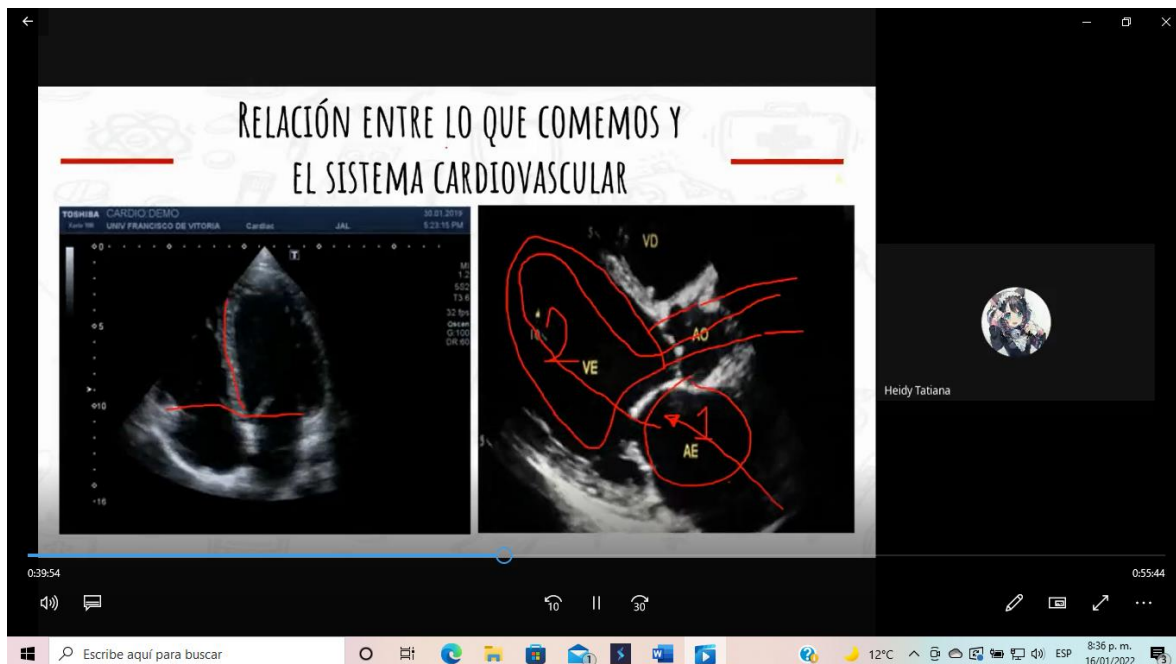


Imagen 30 Captura de pantalla de la grabación de la sesión. GIF de un ecocardiograma transtorácico, las líneas con color rojo, demarcan los recorridos y estructuras internas que los estudiantes integran en sus explicaciones.

P: Listo chicos muy bien, quiero que me digan si me paro acá en el uno (imagen 30) donde estaré.

E1: profe una pregunta, en ese uno usted acabo de hacer una flecha, esta flecha es porque la sangre llega del pulmón o del cuerpo.

P: ¿Qué creen ustedes chinitos? Yo puedo decir que llega después de la hematosis

E1: Osea del intercambio ¿cierto profe?

P: Sí señorita

E1: Entonces viene de los pulmones profe

P: Bien chinitos, eso quiere decir que, si me paro en ese número uno, ¿dónde estoy?

E1: En el corazón profe

E2: Por el tamaño creo que en la aurícula

E3: Si, porque las aurículas reciben la sangre

E4: Profe según lo que explicó ahorita, la parte izquierda tiene oxígeno, la derecha no

E5: Entonces estamos en el atrio izquierdo

P: Bien chinitos, muy bien, ahora paso al dos, pero antes paso por una puerta ¿alguien recuerda como se llama?

E1: La válvula

E2: Creo que es la mitral profe

P: Perfecto chinitos, ahora donde estoy y después para donde me voy

E1: Profe ahora estamos en el dos

E2: Por el tamaño en el ventrículo

E3: Sí y del ventrículo me voy al atrio

E4: Al atrio no, porque se devuelve, yo creo que pasa la última puerta o valvulita esa y se va por el cuerpo

E5: Si el dos es el ventrículo es grande y tiene más fuerza para expulsar la sangre

P: Perfecto chinitos, muy bien, una vez la sangre es eyectada o expulsada durante la sístole acuérdense del puño (cuando lo apretábamos, afirma un estudiante), antes de salir pasa por la válvula aórtica y llega a la arteria aorta, ¿esa arteria a donde lleva la sangre?

EG: A todo el cuerpo profe

El relato anterior se puede ubicar dentro del **papel de los modelos y las imágenes diagnósticas en la comprensión de la dinámica del corazón**, ya que estos GIF, permiten que los estudiantes expliquen los recorridos de la sangre en el corazón, incluyendo elementos morfológicos que les posibilita diferenciar y plantear

afirmaciones sobre la cavidad en la que se encuentra la sangre, así como inferencias sobre el resto del recorrido tanto a dentro del corazón, como afuera de este.

Al analizar el siguiente fragmento *E1: profe una pregunta, en ese uno usted acabó de hacer una flecha, esa flechita es porque la sangre llega del pulmón o del cuerpo.* *P: ¿Qué creen ustedes chinitos? Yo puedo decir que llega después de la hematosis,* *E1: ósea del intercambio ¿cierto profe?,P: Si señorita, E1: Entonces viene de los pulmones profe,* se puede agrupar dentro del **papel de la experiencia en la comprensión de la estructura y la actividad cardíaca**, ya que, los estudiantes analizan el punto uno en la imagen (imagen 30) e infieren que la sangre proviene ya sea de la vena cava, o desde los pulmones, pero al relacionar que el recorrido sanguíneo se da después de la hematosis, los estudiantes afirman con total certeza que la sangre proviene desde los pulmones, en los cuales se realizó el proceso de intercambio gaseoso, lo que les permite mencionar que la sangre proviene de los pulmones y llega al atrio izquierdo o en palabras de *E4: Profe según lo que explicé ahorita, la parte izquierda tiene oxígeno, la derecha no,* concluyendo así con el recorrido de la sangre en la parte izquierda del corazón, estableciendo relaciones entre la morfología de las cavidades, las válvulas y los vasos sanguíneos. Para sintetizar aún más se menciona lo propuesto por Ross & Pawlina (2016) “En los pulmones la sangre se oxigena y después vuelve a la aurícula izquierda por los vasos pulmonares, De la aurícula pasa al ventrículo izquierdo y se bombea hacia la aorta, que la transporta hacia los demás tejidos del organismo.” (p.438)

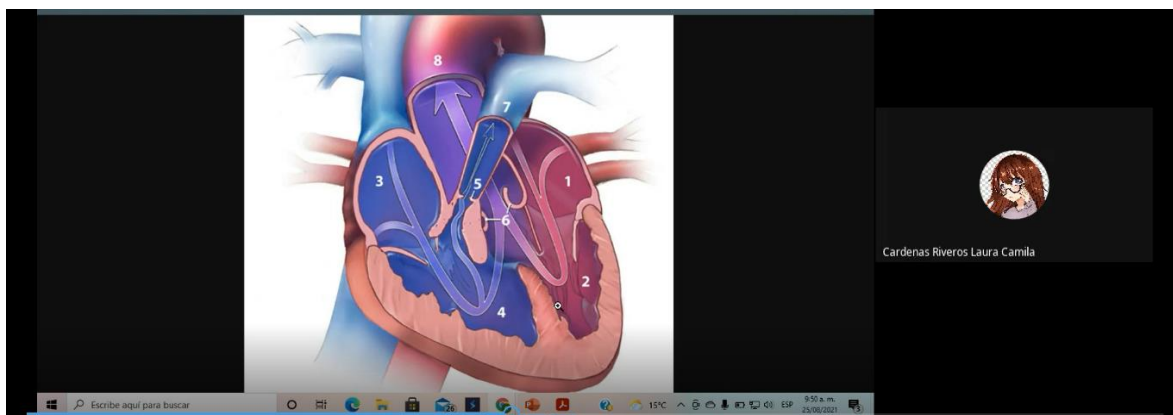


Imagen 31 Captura de pantalla de la grabación de la sesión. Representación de la patología congénita Tetralogía de Fallot

P: Bien chinitos ya para no molestarlos más, ¿qué pasará con esto, que ven raro, que creen que sucede con la sangre? (imagen 31)

E1: Nada profe, la sangre sigue circulando

E2: yo creo que la persona se muere, porque la sangre se mezcla

E3: La sangre se mezcla profe, pero sigue vive

E4: Profe le falta el cosito de la nariz

P: Bien chinitos, según el caso y el tamaño de la comunicación entre el lado izquierdo y derecho la persona puede morir o vivir⁵³, pero que creen que sucede con una persona que tiene su sangre, así como ustedes dijeron mezclada

E1: Profe se junta la sangre con y sin oxígeno

E2: Yo creo que tiene menos energía

E3: Sí menos energía, porque hay menos oxígeno, debe estar morada como la imagen del corazón de un reptil.

P: Chinitos, ustedes que creen que le pasara a un niño, al desarrollar sus actividades cotidianas

E1: Profe si eso da desde el nacimiento, entonces el niño se cansaría fácil, tendría poquita energía

E2: Profe ese es el chisme que nos contó hace rato, de la niña con algo parecido y que no crecía bien.

Este último relato de la sesión puede ser agrupado en ***El uso del concepto homeostasis en la explicación e interpretación que realizan los estudiantes de la dinámica cardiovascular***, ya que aunque los análisis de los estudiantes surgen de la interpretación de la imagen y no se hace una mención directa a la homeostasis, es interesante la forma en la que entienden y explican que al verse afectada la integridad del septo interventricular, se afectan directamente otros procesos como por ejemplo la circulación mayor y menor, así como otros de tipo metabólico. Afirmaciones como *E3: La sangre se mezcla profe, pero sigue vive*, *E4: Profe le falta el cosito de la nariz*, posibilitan pensar en las relaciones que establecen los estudiantes entre los recorridos y la morfología interna del corazón, ya que

⁵³ En este caso particular en la tetralogía de Fallot como explican Avery & Fletcher (2001) "poco después del nacimiento se comprueban diversos grados de cianosis y taquipnea leve. Si la hipoxemia es acentuada, el lactante puede estar hipotónico, hipotenso y bradicárdico" (p.607)

comprenden las particularidades de la sangre arterial que circula en el atrio y ventrículo izquierdo, así como las de la sangre venosa del atrio y ventrículo derecho. Por otra parte, la afirmación *E4: Profe le falta el cosito de la nariz*, resalta el papel de las analogías en la construcción de imágenes del corazón, ya que hace referencia directa al tabique o septo interventricular, el cual separa y en cierto sentido aísla el ventrículo derecho del izquierdo.

Otro elemento de análisis que se incluye es la relación constante que realizan los estudiantes entre la actividad del corazón y la circulación de sustancias en procesos metabólicos, y de verse afectado dicho transporte sanguíneo, se obtienen consecuencias casi que inmediatas en el organismo, por ejemplo en sus procesos de crecimiento y desarrollo , pero también en procesos metabólicos que requieren de oxígeno, lípidos y glúcidos, o en palabras de E1: Profe si eso da desde el nacimiento, entonces el niño se cansaría fácil, tendría poquita energía, E2: Profe ese es el chisme que nos contó hace rato, de la niña con algo parecido y que no crecía bien.

El uso de imágenes permite construir diferentes representaciones sobre el corazón, posibilita que los estudiantes se relacionen con él desde diversos puntos de vista, posibilita la construcción de explicaciones sistémicas y no exclusivas de la actividad de una estructura, como se ve a lo largo de la sesión, el corazón se aleja de lo estático e inmutable, presenta diversas patologías o cambios de una persona a otra.

Sesión número cinco de la práctica de laboratorio en casa – fase tres

Se realiza una práctica de laboratorio (disección del corazón de pollo) en casa de manera sincrónica con los estudiantes, antes de realizar la práctica se comparte la guía de laboratorio y el enlace al video (imagen 32) que prepararon los docentes con la intención de guiar la práctica y que los estudiantes tengan acceso al material en el momento en que ellos lo requieran. El objetivo general de esta práctica es que los estudiantes reconozcan la estructura interna y externa del corazón y algunos

aspectos fisiológicos generales. Se da la posibilidad a los estudiantes de realizar su informe de laboratorio por medio de escrito, imágenes o videos.

Durante la práctica de laboratorio los estudiantes manipulan el corazón de pollo⁵⁴, realizando algunos cortes e identificando sus partes. De igual forma realizan intervenciones a modo de pregunta tipo "¿qué sucedería si (...)?" refiriéndose a casos hipotéticos donde alguna estructura interna o externa del corazón tuviera proporciones diferentes, o el corazón estuviera afectado por una enfermedad. Al proponer situaciones hipotéticas desde lo patológico, los estudiantes reflexionan acerca de la importancia que tuvo y que tiene para la fisiología el estudio de las "anormalidades", pues como lo menciona Jacob (1999)

En fisiología la experimentación suele consistir en una modificación del estado natural de un organismo para perturbar los fenómenos ligados a tal o cual función. Sin embargo, se puede lograr idéntico resultado mediante la observación de ciertos estados patológicos. ¿Qué es una enfermedad, sino la exageración o la deficiencia de ciertos procesos que tienen lugar en el animal sano? (p.84)

Preguntarse por las causas y consecuencias de un posible engrosamiento, debilitamiento o inexistencia del pericardio, así como su tratamiento, implica, por ejemplo, que se tiene alguna noción del aspecto y función de este tejido en un animal sano o normal, por lo tanto, se puede pensar que existe una estrecha relación entre la comprensión de la fisiología y la patología.

Ahora bien, la práctica de laboratorio se considera como un elemento de la etiqueta ***el papel de la experiencia en la comprensión de la estructura y la actividad cardíaca***. Desde los problemas de conocimiento se considera que las prácticas experimentales posibilitan una forma particular de comprender el mundo ya que "el sentido y el significado que asignamos al mundo está en relación con la representación que construimos de él a partir de nuestras vivencias". Valencia y

⁵⁴ Los docentes realizan el video con un corazón de vaca y de pollo, sin embargo, realizan la práctica con los estudiantes usando corazones de pollo. En anatomía comparada estos corazones guardan estrecha relación morfológica con el corazón humano.

otros (2000). Esta aproximación a los fenómenos naturales permite cuestionar esos fenómenos y aproximarse a explicaciones que trasciendan la contemplación. Desde esta perspectiva, el estudiante tiene unos referentes relacionados con la comprensión de la dinámica del corazón obtenidos a partir de su experiencia básica (internet, escuela, textos, familia, etc.) y desde la práctica experimental se da posibilidad de que el estudiante confronte esos referentes cognitivos del objeto manipulando el objeto (el corazón de pollo), y a partir de esa interacción pasar de un primer momento muy importante y necesario que es el asombro⁵⁵ a otro momento, "la incertidumbre de la pregunta"(referencia), si el corazón es y funciona de esta manera, ¿qué pasaría si no fuera y funcionara de esta manera?, ¿por qué este tamaño?, ¿por qué este orden?, esta y otra serie de interrogantes que surgieron a partir de la práctica experimental le permiten al estudiante generar consensos entre lo real y los supuesto complejizando la manera en la que comprende la dinámica del corazón.

Micheli (2004) considera que se genera un punto de quiebre en la comprensión de la dinámica cardiovascular y la fisiología en general cuando Harvey incorpora elementos de la experimentación medible y cuantificable a la observación pasiva de los fenómenos, que se origina a partir de las prácticas experimentales, y para la enseñanza de las ciencias hoy día, es importante comprender que la teoría y la práctica son un mismo proceso, como menciona Sandoval y otros (2006) "la actividad experimental está cargada de presupuestos teóricos a la vez que las teorías científicas exhiben siempre una carga experimental importante y además que la actividad científica es estéril si se prescinde de la actividad experimental", esto indica que el ejercicio de manipular, realizar cortes y reconocer la estructura del corazón tiene implícita una fuerte carga conceptual y teórica que le es propia, reforzando la idea que son elementos de un mismo proceso donde juntos se "modifican e interactúan mutuamente". Es por ello que se comparte la intencionalidad de las prácticas experimentales que plantea Sandoval y otros

⁵⁵ Roa y Vargas (2009), mencionan que las percepciones sensibles son parte del aprendizaje; ahora sabemos que las sensaciones son esenciales para una comprensión profunda

(2006) al "privilegiar la producción de conocimiento más que la adquisición o distribución de los resultados", en esta práctica de laboratorio se considera que parte de esa producción de conocimiento está relacionada con comprender la estructura y fisiología del corazón, lo que permite cuestionar ese conocimiento a la luz de las patologías, lo que a su vez incentiva la indagación y consensos que permitan construir explicaciones sobre esos fenómenos.

Retomando el producto del trabajo de los estudiantes durante su práctica de laboratorio, se puede evidenciar que los estudiantes reconocen acertadamente los elementos más importantes de la estructura interna y externa del corazón señalándolas por medio de alfileres de colores o con el dedo testimonios como el que menciona el **E1** cuando dice "también tenemos acá como el cuerito del corazón que es el pericardio", da a entender que los estudiantes asocian esos elementos conceptuales con situaciones cotidianas, pues se entiende que "el cuerito" es una membrana que recubre una estructura, esta analogía es empleada para referirse al pericardio del corazón. A continuación, se encuentra algunas capturas de pantalla del video realizado por la **E1**



Imagen 32 Capturas de pantalla, durante la práctica de laboratorio disección del corazón de pollo.

Otro elemento que resulta interesante en el testimonio de la **E1**, está relacionado con los diferentes cortes que hace al corazón de pollo (transversales, frontales completos e incompletos), ello le permite por un lado reconocer las características

de cada tejido del corazón (pericardio , miocardio, endocardio) y a su vez reconocer ubicación y tamaño de las diferentes cavidades del corazón (aurículas y ventrículos), así como el septo interventricular que separa el lado derecho e izquierdo del corazón, elementos fundamentales a la hora de comprender la estructura general del corazón.

Por otro lado, resulta interesante observar cómo los estudiantes se apropian de elementos didácticos usados durante el video realizado por los docentes, pues para representar los diferentes recorridos de la sangre (imagen 33), el **E2** usa hilos de diferentes colores (elemento de uso común en el hogar) Nuevamente se pone de manifiesto el papel de la experiencia en la comprensión de la actividad cardiaca, ya que realizar esta explicación y usar esos elementos implica un grado importante de apropiación de los conceptos abordados.



Imagen 33 Captura de pantalla, practica de laboratorio, y video guía de laboratorio. Representación de los recorridos de la sangre al interior del corazón por medio de hilos de colores. A la izquierda la representación del E2 y a la derecha la representación realizada por los docentes en el video explicativo de la práctica.

Con esta sesión finaliza el análisis de los testimonios verbales que surgen durante cada una de las grabaciones de las sesiones de la intervención de aula, los cuales se constituyen como un elemento central en la propuesta, ya que interpretar y reflexionar en la forma verbal en la que los estudiantes se relacionan con el corazón y su actividad como objeto de conocimiento, permite comprender, el papel dinámico de la educación, es decir, más que testimonios verbales, estos registros se constituyen como relatos, que dan cuenta de la forma en la que los estudiantes como sujetos de conocimiento, traducen los elementos que configuran su realidad,

en tanto, el análisis y reflexión de ellos, permite comprender las relaciones que los estudiantes establecen entre el conocimiento, su historia de vida, es decir el contexto, las formas de pensar propias y del otro que se confrontan , se contrastan y que finalmente transforman la relación con el corazón como un objeto de conocimiento.

Los relatos que se compartieron anteriormente, son potentes registros de la interacción humana, la cual es mediada por el contexto, social, familiar, educativo y todo aquel, que incida directamente en la forma de interpretar y relacionarse con la realidad, por ello, las explicaciones en torno a un fenómeno, son tan variadas y en ocasiones tan distantes entre sí, lo que por fortuna para el aula, permite la construcción de múltiples subjetividades y explicaciones en relación a un mismo fenómeno, o como explica Candela y otros (2020)

Se muestra que la producción de explicaciones sobre el fenómeno que se estudia es producto de un proceso dinámico y complejo que reúne, ensambla y reordena diversos elementos heterogéneos desperdigados en el tiempo y el espacio. Maestro, estudiantes y artefactos se entrelazan y transforman mutuamente para traducir y poner a circular una explicación científica (p.713)

A continuación, se presenta el análisis de los registros duros, los cuales como se mencionaban al inicio de este apartado, son todos aquellos registros que el estudiante desarrolla y construye de forma tangible, como, por ejemplo, escritos, apuntes de cuaderno, infografías, videos, entre otros.

Análisis de los registros en el cuaderno Apuntes en el cuaderno y actividades elaboradas en las sesiones

Sesión seis – Fase Tres

Durante diferentes momentos de la intervención se les pide a los estudiantes hacer el registro de los conceptos, diagramas, datos, imágenes, etc. de lo que consideren fundamental (imagen 34), además de responder preguntas y hacer algunos modelos a partir de los cuales se pueda explicar la dinámica del corazón, su relación

con la sangre y otras estructuras. De este modo se hace necesario incorporar en el proceso de sistematización el uso del diario de campo o cuaderno de campo⁵⁶ como parte de lo que en la matriz se denomina **elementos emergentes en la propuesta**

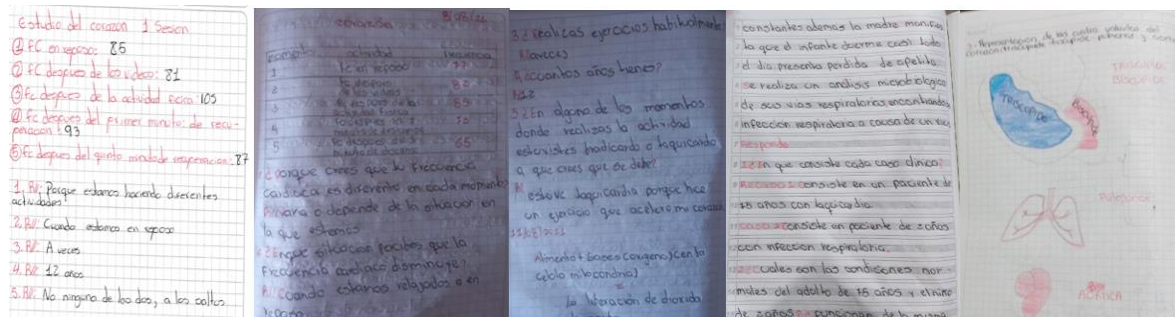


Imagen 34 Imágenes de algunos cuadernos de diario compartido por los estudiantes para su análisis, realizados durante distintos momentos de la intervención

Según Rubiano (1999), citado por Roa y Vargas (2009), "el diario de campo, o diario del naturalista, tiene como principal propósito que los estudiantes aprendan a registrar observaciones y experiencias de índole subjetiva y científica", en este sentido, el diario de campo se configura como un elemento importante, que le permite al estudiante sentirse libre de consignar sus recuerdos y experiencias, registrar lo que sus sentidos consideran importante con base en la observación, análisis, cuestionamiento, etc., brindando elementos de análisis al docente, al confrontar los relatos, notas, imágenes que el estudiante redacta en su diario de campo en distintos momentos de la experiencia y reconocer ese proceso de construcción conceptual.

Dentro de esta etiqueta de elementos emergentes se plantea la idea de resaltar la importancia de las representaciones (escritas, gráficas o modelizaciones) que los estudiantes tienen en cuenta al momento de explicar la dinámica del corazón. Estos registros se obtienen en distintos momentos de la intervención, sin embargo, adquieren una trascendencia mayor durante la sesión 6 en la cual se les pide a los estudiantes materiales como plastilina, colores, lápices, etc., que les permita realizar

⁵⁶ Roa y Vargas (2009) hacen la distinción, dando a entender que el diario de campo es el elemento de uso cotidiano para registrar observaciones, conceptos, notas, etc., que surgen durante las actividades, mientras que el cuaderno de campo es un elemento más elaborado, producto de la transcripción reciente de los elementos recopilados en el diario de campo. En esta recuperación de la experiencia de los estudiantes no se tendrá en cuenta esta distinción y ambos elementos se referirán a lo mismo.

representaciones y modelos de los temas vistos en clase. Al finalizar la sesión se solicita a los estudiantes que realicen una representación de los temas que llamaron más su atención durante esta y las sesiones de clase previas (el docente da una lista de posibles temas que pueden ser de interés para los estudiantes). Resultado de este ejercicio se obtienen registros que demuestran la iniciativa y creatividad de los estudiantes al momento de dar a conocer sus conocimientos, ejemplo de ello es el trabajo realizado por la E1 (imagen 35)

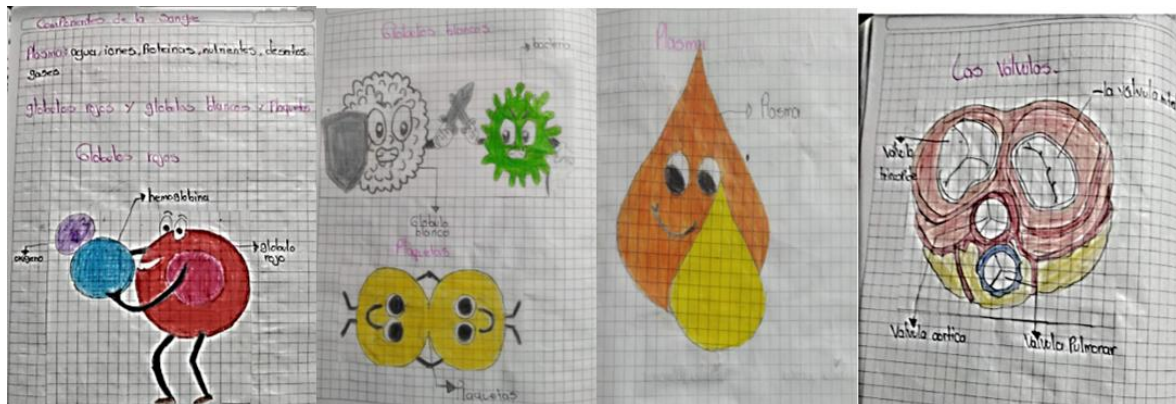


Imagen 35 Fotografía cuaderno del estudiante. Representación gráfica del E1, donde se muestran entre otras los componentes de la sangre y las válvulas del corazón.

El E1 decide realizar una representación gráfica de los componentes de la sangre y las válvulas del corazón. El primer aspecto a resaltar es la evidente representación antropomorfa⁵⁷ de los elementos que constituyen la sangre, en la primera imagen se puede observar una representación de la relación que se establece entre el glóbulo rojo, la hemoglobina y el oxígeno. En este caso el glóbulo rojo se representa como un ser vivo (acercándose más a la caracterización de un personaje de caricatura), llevando consigo una molécula de hemoglobina con un pequeño oxígeno. Posteriormente se observa una caracterización similar de un glóbulo blanco atacando a un elemento extraño (bacteria patógena), y debajo dos plaquetas juntándose y "tomándose de los brazos".

⁵⁷ De acuerdo a Scotto, (2015), " Antropomorfismo es un término que deriva del griego anthropos: hombre y morphé: forma (...), Suele definirse genéricamente como la atribución de características humanas a otras criaturas o entidades no humanas, o, más específicamente, de rasgos subjetivos, mentales o intencionales.

Después de analizar los videos se estableció que existe una relación entre el discurso del docente, la imagen que el estudiante forma de algunos fenómenos y la manera en que decide representarlo en su diario de campo. El docente hace uso de múltiples herramientas para explicar los elementos que constituyen la sangre, utilizando imágenes de textos académicos, animaciones, igualmente realiza ciertas analogías que le permiten al estudiante apropiarse de los conceptos, ejemplo de ello son los siguientes testimonios:

P: Chicos, imaginemos que el Transmilenio es un glóbulo rojo, en ese orden de ideas, ¿quiénes serían las sillas, y quiénes serían los pasajeros?

P: Como vimos en el video, los glóbulos blancos son muy pequeños y atacan a agentes externos como bacterias y otros patógenos, son como "pequeños soldados" que se encargan de defendernos.

P: Las plaquetas se encargan de formar lo que conocemos como costras, cuando nos raspamos hagan de cuenta que esas plaquetas se acumulan y se "abrazan" las unas con las otras, de ese modo evitan un sangrado mayor y permiten la curación de la herida.



Imagen 36 Modelo en plastilina y otros materiales realizados por el E3 durante la sesión 6. Con ellos el estudiante explica la estructura interna y externa del corazón haciendo énfasis en los vasos coronarios, tejidos como el pericardio y las válvulas del corazón. Se observa también la Infografía realizada por el G1. Los integrantes de este grupo solicitan realizar la actividad por medio de infografía (herramienta usada en otro momento de la intervención). Con esta herramienta los estudiantes explican algunos elementos patológicos del corazón

Por otro lado, los testimonios de los **E2, E3 y G1** (imagen 36) enmarcados dentro de la misma actividad se ajustan a la etiqueta **el papel de los modelos y las imágenes diagnósticas en la comprensión de la dinámica del corazón**. De acuerdo a sus intereses, por ejemplo, el E2 (imagen 37) decide dar mayor

trascendencia al proceso de intercambio gaseoso que ocurre al interior de los pulmones, representando los pulmones, los vasos sanguíneos y las células sanguíneas con pequeñas moléculas de oxígeno, esta representación hace referencia a lo que se conoce como circulación menor, a su vez da un espacio a los componentes de la sangre. Es una representación que se ajusta más a la teoría y a referentes que los estudiantes pudieran encontrar en internet, los colores de los vasos sanguíneos también se ajustan a los referentes de sangre arterial y venosa. Este modelo es una representación que vincula elementos estructurales y fisiológicos en los procesos de circulación sanguínea. Este modelo posibilita pensar en los límites de las estructuras, el corazón, los pulmones, los vasos sanguíneos y otras estructuras están compuestas por células que adquieren un nivel particular de especialización en concordancia a la función que cumplen en el organismo, esto permite comprender las estructuras de manera individual, sin embargo esto no quiere decir que se desconozca la organización sistémica del organismo al abordar funciones de manera particular, Este ejercicio nos permite pensar en el concepto de "límites" en las estructuras, recordando como lo dice Jacob (las células tienen una vida individual, pero también tienen una vida asociada al organismo).

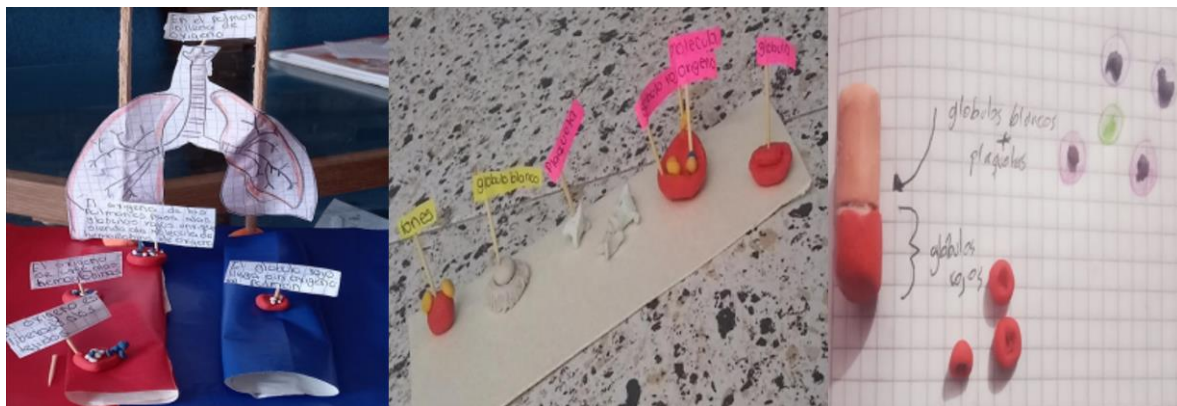


Imagen 37 Modelo en plastilina y otros materiales realizados por el E2 durante la sesión 6. Con ellos el estudiante explica los componentes de la sangre, el proceso de hematosis, características de la sangre, entre otros.

Sesión siete infografías – fase tres

Se propone a los estudiantes realizar una infografía por grupo de trabajo, en la cual se realice el análisis de la lectura propuesta en la guía, (respuesta del organismo a

los cambios de temperatura, ver anexo guía de trabajo), para ello se crean salas al interior de la reunión con los integrantes de cada grupo (aula sistema de relaciones). Los testimonios que a continuación se analizan corresponden a la etiqueta denominada ***el uso del concepto homeostasis en la explicación e interpretación que realizan los estudiantes de la dinámica cardiovascular***. De este modo, a la pregunta de la guía ¿cómo se vincula la termorregulación con el sistema cardiovascular? (imagen 38), los estudiantes de los distintos grupos respondieron:

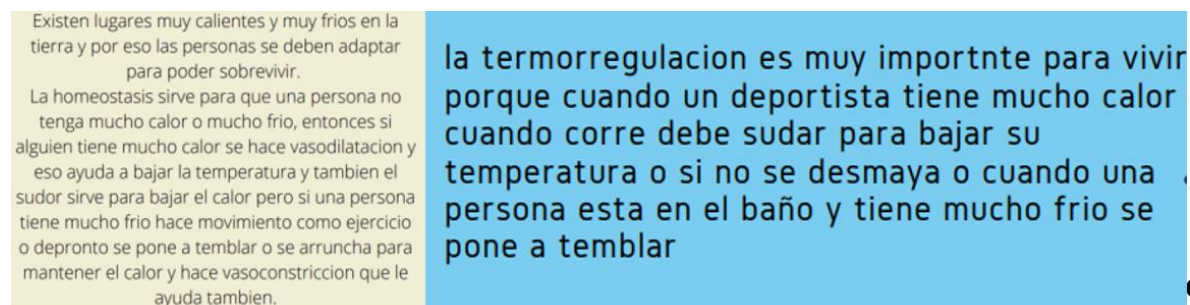


Imagen 38 Extracto de las infografías, en las que se responde a la pregunta ¿cómo se vincula la termorregulación con el sistema cardiovascular?

G1: "La homeostasis sirve para que una persona no tenga mucho calor o mucho frío, entonces si alguien tiene mucho calor se hace vasodilatación y eso ayuda a bajar la temperatura y también el sudor sirve para bajar el calor, pero si una persona tiene mucho frío hace movimiento como ejercicio o de pronto se pone a temblar o se arruncha para mantener el calor y hace vasoconstricción que le ayuda también."

G2: "La termorregulación es muy importante para vivir porque cuando un deportista tiene mucho calor cuando corre debe sudar para bajar su temperatura o si no se desmaya o cuando una persona está en el baño y tiene mucho frío se pone a temblar."

G3: "Una persona puede hacer vasodilatación cuando tiene mucho calor y su flujo sanguíneo es mejor y también puede hacer vasoconstricción cuando tiene mucho frío y aumenta su temperatura, en eso influye mucho el corazón y la circulación porque todo el cuerpo está conectado."

En los testimonios de **G1 - G2 - G3**, se aprecia que los estudiantes formaron una imagen particular de homeostasis producto de los análisis, discusiones y consensos generados en distintas sesiones de clase. Cuando el **G3** menciona "*en eso influye mucho el corazón y la circulación porque todo el cuerpo está conectado*", se le está

asignando a los seres vivos una noción de organización donde sus estructuras son interdependientes, en este sentido como lo menciona Jacob (1999) "los seres vivos se distinguen de las cosas por su organización", pensar en la unidad funcional y estructural de los organismos implica trascender una idea mecanicista⁵⁸ de los seres vivos a una imagen "holística", "sistémica" de lo vivo, donde las estructuras fundamentales que hacen parte del ser vivo están estrechamente vinculadas al grado de que el desequilibrio en una de ellas puede afectar a las otras de manera positiva o negativa a todo el organismo.

En este mismo sentido, se puede inferir que los estudiantes comprenden que los seres vivos responden a los estímulos del ambiente y que los límites mismos de su existencia trascienden las partes que lo componen, las cuales se vinculan a la función y a las condiciones del ambiente con la intención de generar en una dinámica que le permita mantenerse vivo, de ello da testimonio por ejemplo decir que *"si una persona tiene mucho frío hace movimiento como el ejercicio o de pronto se pone a temblar o se arruncha para mantener el calor (...) en eso influye mucho el corazón y la circulación"*. Aquí los estudiantes vinculan reacciones que tienen sus propios cuerpos a los cambios de temperatura en el ambiente, vinculando esos cambios de temperatura en el ambiente con su cuerpo y una función vital (la circulación).

Por otro lado, se puede afirmar que los estudiantes vinculan aspectos fisiológicos del corazón y el sistema circulatorio al mencionar conceptos como vasodilatación o vasoconstricción⁵⁹ y asociando estos procesos a la actividad del corazón en sus discusiones y sustentaciones, lo cual da a entender que los procesos de termorregulación están estrechamente vinculados con la fisiología y mecánica del sistema cardiovascular.

⁵⁸ Se refiere a la forma en que en el siglo XVII se concebía el universo, Como lo menciona Jacob (1999) el mecanicismo muy natural y necesario para su época, plantea que todos los cuerpos sean astros, piedras o seres vivos están sometidos a las mismas leyes del movimiento, es decir, que los seres vivos son máquinas, que se definen por las leyes de la física newtoniana, no existe aún una división fundamental entre vivo y no vivo.

⁵⁹ Capacidad de los vasos sanguíneos de contraerse o expandirse como respuesta a unas condiciones fisiológicas o ambientales.

En otro momento de las infografías, los estudiantes interpretan la imagen usada en clase para explicar un ejemplo de homeostasis y den sus propias explicaciones de lo que se puede interpretar de la imagen. De este ejercicio se pueden resaltar los siguientes testimonios (imagen 39):



Imagen 39 Extracto de las infografías donde los grupos interpretan la gráfica usada en clase para explicar el concepto de homeostasis

G1: "En la foto vemos cómo es la homeostasis como puede ser la temperatura de alguien cuando está vivo, puede ser dinámico porque puede subir o bajar mucho sin morir, pero si no mejora si se puede morir. Cuando sube por mucho tiempo más de 37°C el cuerpo debe hacer vasodilatación, sudar y aumentar su frecuencia cardiaca, y cuando baja menos de 34°C, debe comer mucho y hacer mucho ejercicio y por ejemplo abrazar a otras personas para no morirse de frío"

G2: " En la imagen podemos ver como se cambia la temperatura de una persona por cosas como estar asustado como lo hicimos en la clase de los videos o cuando hace ejercicio, entonces la persona tiene un ritmo cardiaco en un momento y de pronto puede cambiar y también puede cambiar su temperatura, pero tiene la oportunidad de volver a su estado normal "

A partir de este ejercicio se evidencia el uso que se le da al concepto homeostasis en la dinámica cardiovascular, debido a que los estudiantes vinculan la gráfica con los rangos de temperatura en los cuales el hombre puede mantenerse vivo. Es interesante analizar la forma en que los estudiantes se apropian de los conceptos trabajados en clase, por ejemplo, asociando el concepto de homeostasis a ejercicios

realizado en sesiones anteriores como lo manifiesta el **G2** cuando menciona que "*en la imagen podemos ver como se cambia la temperatura de una persona por cosas como estar asustado como lo hicimos en la clase de los videos o cuando se hace ejercicio*". En este ejemplo, aunque los estudiantes no comprendan todo aquello que conlleva el concepto de homeostasis (debido a muchas limitantes, entre otras el tiempo), articulan situaciones en las cuales dan cuenta de las generalidades de la homeostasis, demostrando que a partir de ejemplos particulares y vivencias propias.

Otro aspecto que es susceptible de análisis es el testimonio del **G1** cuando mencionan refiriéndose a la homeostasis que "*puede ser dinámico porque puede subir o bajar mucho sin morir, pero si no mejora si se puede morir*". Este testimonio es clave porque da a entender que los estudiantes desde sus propias palabras entienden (comprende, interpreta, complejiza) que los seres vivos, su estructura, funciones y organización no son estáticas y por el contrario dan cuenta de una compleja dinámica en la que el organismo responde a estímulos⁶⁰ del ambiente, por ejemplo, los cambios de temperatura mostrando diversas reacciones que le permiten mantenerse dentro de un rango de tolerancia. En este orden de ideas los estudiantes afirman que, si la temperatura baja mucho la persona debe comer mucho, pero también debe hacer ejercicio y moverse para generar calor o abrazar a otras personas para mantener el calor corporal, estas afirmaciones llevan implícita la idea de que todas las estructuras y sistemas del cuerpo (por ejemplo, el sistema nervioso, el sistema digestivo, el sistema cardiovascular, etc.) actúan de manera coordinada para regular la temperatura del cuerpo.

Sesión ocho – Fase cuatro

En esta sesión de clase se planteó como objetivo realizar una reconstrucción que permita visibilizar la imagen que los estudiantes tienen del corazón como una

⁶⁰Los organismos están profundamente vinculados al ambiente el cual incide constantemente en ellos, en palabras de Jacob (1999), " Para que un ser se mantenga vivo, para que respire y se alimente, es necesario que se establezca un acuerdo entre los órganos encargados de las grandes funciones y las condiciones exteriores"

estructura que favorece la homeostasis, mediante la construcción de un mapa corporal ⁶¹(realizar el croquis o silueta del cuerpo del estudiante, ubicar estructuras y algunas notas de interés producto del conocimiento adquirido a lo largo de las sesiones de clase).

El primer testimonio relevante lo realizan las **E1** y **E2** (imagen 40) quienes optan por construir el mapa corporal mediante un video tipo captura de pantalla con sus voces de fondo, en el que se usan fotos de actividades realizadas en sesiones anteriores, imágenes compartidas por los docentes e imágenes consultadas en internet. El discurso que acompaña las imágenes del video es muy diverso y abarca muchos de los temas tratados en las sesiones de clase, dentro de los que se pueden resaltar la estructura interna y externa del corazón, movimientos del corazón, ubicación del corazón, componentes y recorridos de la sangre, así como aspectos patológicos del corazón (particularmente la arteriosclerosis) y hábitos para mantener el corazón en una buena condición.

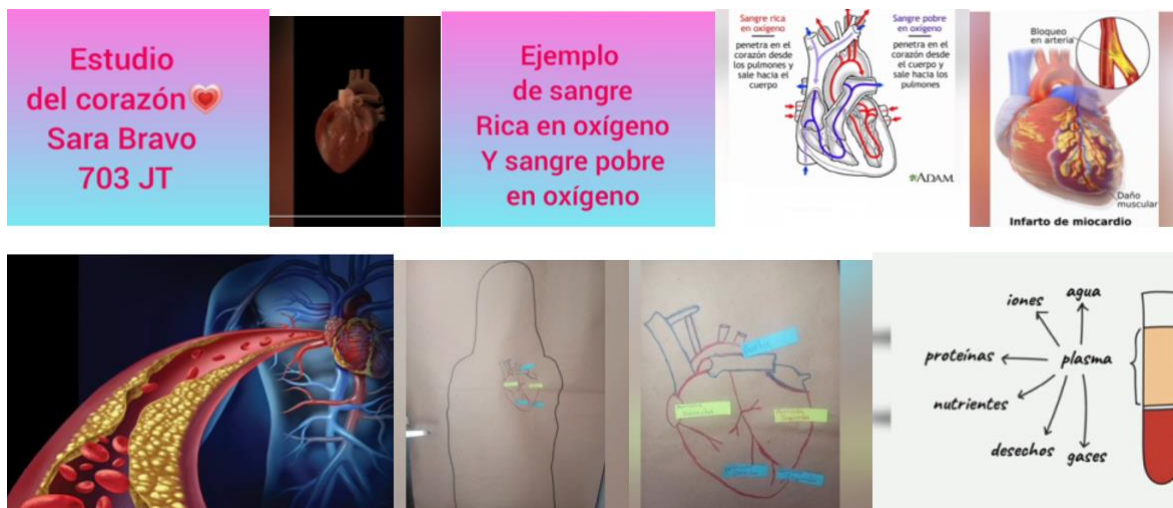


Imagen 40 Captura de pantalla del ejercicio "mapa corporal" de la E1, donde se puede evidenciar diferentes representaciones gráficas del corazón, aspectos fisiológicos, estructurales, patológicos y aspectos relacionados con la función y composición de la sangre.

A continuación, se encuentran unos extractos del discurso que la **E1** y **E2** comparten en el video. Por un lado, la **E1** menciona que:

⁶¹ El concepto "mapa corporal" surge durante las asesorías de este proyecto, el cual se entiende como una estrategia que le permite al estudiante expresar por medio de imágenes y texto elementos de su experiencia que considere relevante, en este caso para la comprensión de la dinámica del corazón. En fuentes bibliográficas como Díaz (2019), se le conoce como "cartografía corporal".

"La frecuencia cardiaca puede aumentar cuando la sangre necesita oxígeno...Este es un ejemplo de la sangre pobre en oxígeno representada por el color azul, y la sangre rica en oxígeno representada por el color rojo. La sangre pobre en oxígeno es transportada a los pulmones donde se convierte en sangre rica en oxígeno y se devuelve al corazón donde el ventrículo izquierdo la expulsa a todas las partes del cuerpo"

En este apartado la **E1** considera fundamental mencionar la relación que se establece entre la frecuencia cardiaca y los gases que transporta la sangre, haciendo alusión a lo que se conoce como circulación menor⁶². Estos registros, al contener una gran cantidad de representaciones gráficas, se considera que hacen parte de la etiqueta ***el papel de los modelos y las imágenes diagnósticas en la comprensión de la dinámica del corazón***, y algo que puede dar cuenta de esto es cuando la **E1** hace referencia a los colores azul y rojo para entender que la sangre transporta oxígeno, elemento fundamental para la liberación de energía (ATP) en las células.

Por otro lado, la **E2** menciona lo siguiente:

"La actividad del corazón puede variar de acuerdo a la actividad que estemos haciendo, por ejemplo, si estamos en reposo o si estamos en ejercicio, en algunos casos puede ser por alguna enfermedad, una de estas enfermedades puede ser la enfermedad coronaria, es cuando en los principales vasos sanguíneos hay una lesión, y principalmente es provocada por las acumulaciones de placas de grasa por malos hábitos alimenticios. Otra de estas enfermedades es la hipertensión arterial, es cuando la presión de la sangre en las arterias es demasiado alta." **E2**

La **E2**, decide dar mayor trascendencia a la relación de la sangre y el corazón ligado a elementos de orden patológico, pues en su discurso hace mención a la

⁶² También es conocida como circulación pulmonar, y de acuerdo a Grignola y otros (2017), es un sistema de baja resistencia, alta capacitancia y baja presión diseñado para favorecer el intercambio gaseoso pulmonar y disminuir el costo energético del ventrículo derecho

enfermedad coronaria⁶³, dejando de lado o mencionando de forma esporádica aspectos básicos de la estructura y función del corazón. Esto da a entender que el estudiante le asigna al corazón una función globalizadora en el momento en el que lo vincula con el recorrido de la sangre, pero de forma más directa cuando menciona que "la actividad del corazón puede variar de acuerdo a la actividad que estemos haciendo" su interés particular en mencionar los aspectos patológicos, hábitos saludables y los rangos de actividad del corazón en distintos momentos, da a entender que el estudiante está abordando al corazón como una estructura vinculante que interviene en la homeostasis del organismo, la cual está en constante cambio de acuerdo a unos rangos y de acuerdo a ciertos estímulos internos y externos, motivos por los cuales se decide relacionar este testimonio con la etiqueta **el uso del concepto homeostasis en la explicación e interpretación que realizan los estudiantes de la dinámica cardiovascular**. En esta etiqueta también se puede vincular el testimonio del **E3**

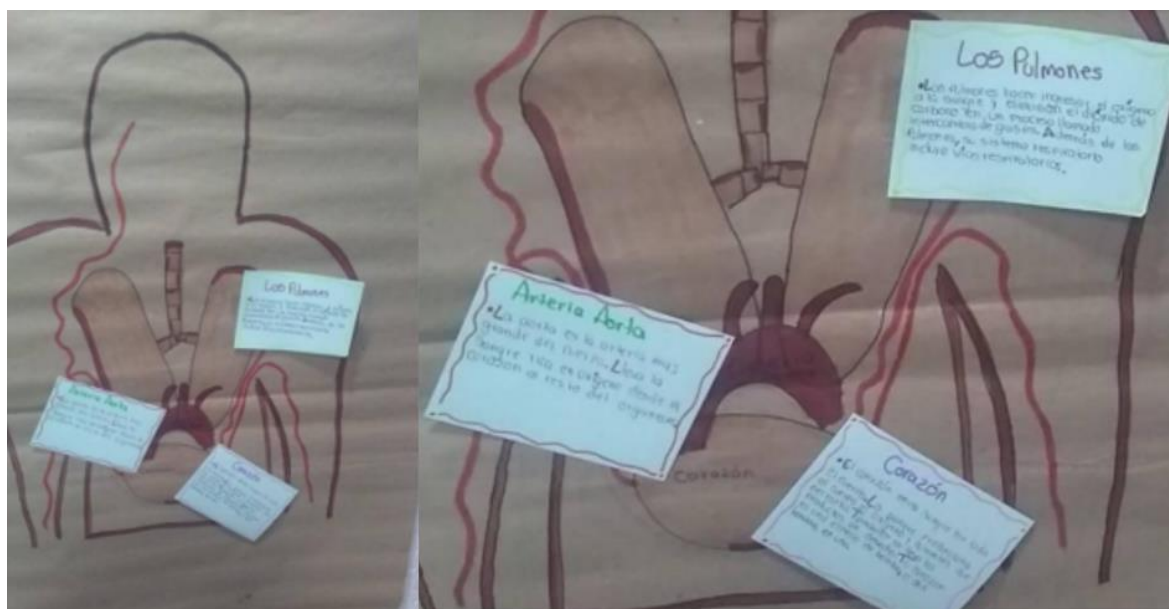


Imagen 41 Mapa corporal del E3, donde se dibuja al corazón junto a estructuras vecinas como los pulmones, mencionando en las fichas bibliográficas aspectos relacionados con la fisiología del corazón y su relación con estas estructuras vecinas.

En el caso del **E3**, se puede observar que el estudiante hace una representación del corazón (imagen 41) donde resalta aspectos relacionados con su función, su

⁶³ La enfermedad coronaria también se conoce como cardiopatía coronaria o isquémica es un conjunto de alteraciones en las que se genera un desequilibrio entre la cantidad de oxígeno que requiere el corazón y el flujo coronario, lo cual genera otras condiciones patológicas.

ubicación, su relación con la sangre y algunas estructuras vecinas. El siguiente testimonio es recuperado de las fichas bibliográficas que el estudiante adhiere a su mapa corporal:

"El corazón envía sangre a todo el cuerpo. La sangre proporciona al cuerpo oxígeno y nutrientes, también recoge los productos de desecho. Tu corazón es una especie de bomba. La aorta es la arteria más grande del cuerpo, lleva la sangre rica en oxígeno desde el corazón al resto del organismo. Los pulmones hacen ingresar el oxígeno a la sangre y eliminan el dióxido de carbono en un proceso llamado intercambio de gases".

Este testimonio permite reconocer la idea del corazón como una estructura interdependiente en la cual su actividad es dinámica y no depende únicamente de sí misma sino de elementos como las estructuras vecinas (particularmente pulmones y vasos sanguíneos). Del mismo modo se vincula la actividad del corazón con la homeostasis al mencionar que la actividad del corazón interviene en el funcionamiento de todo el organismo

El anterior ejercicio de recuperación de la experiencia permite desde el análisis y reflexión tanto de los relatos, como de los registros duros, establecer relaciones que desde las etiquetas permiten reconocer lo siguiente:

1. El papel dinámico de la educación, ya que es en el aula y la escuela, donde las formas de traducir la realidad convergen, para que desde la interacción con los demás actores diverjan en nuevas explicaciones y formas de relacionarse con los demás y el conocimiento.

2. El papel de la imagen y la representación en la configuración del corazón y su actividad como objeto de conocimiento, ya que es desde ella y también desde las preguntas que se realizan en torno a estas, los estudiantes como sujetos de conocimiento, indagan, cuestionan y se preguntan por la morfología y fisiología del

organismo, es decir las representaciones e imágenes diagnósticas, posibilitan la construcción de explicaciones y conjeturas que den cuenta de la actividad cardiaca.

3. La experiencia sensible, al ser estimulada, posibilita la construcción de nuevas subjetivas en relación al corazón como una estructura que favorece la homeostasis, en tanto los estímulos de las condiciones de aula, son captados por los sentidos y dotan de nuevos significados la interpretación y relación que tienen con el corazón como objeto de conocimiento.

PRODUCCION DISCURSIVA

Como se ha venido mencionado a lo largo de estas páginas, la educación como acto social y cultural, requiere de espacios de reflexión que permitan reconocer las formas particulares en las que sus actores conciben la realidad y el conocimiento, así como la forma en la que se relacionan con ellos. Es precisamente este acto de reflexión y análisis lo que permite transformar las relaciones que como maestros se establecen con los objetos de conocimiento, ya que la transformación de las mismas permite reconfigurar las prácticas y las condiciones de aula que se pueden dar en ella.

Este proceso de reflexión fue posible gracias a las relaciones que se dieron durante el desarrollo de la propuesta de aula, así como los aportes de los espacios de la maestría, que, contrastados con la profundización teórica, posibilitan pensar en formas alternativas de posicionar al corazón como un objeto de conocimiento, en la escuela y la educación básica.

El papel de la profundización teórica en la actividad del maestro de ciencias

Se considera fundamental en una propuesta enfocada en los problemas de conocimiento, configurar un cuerpo documental que genere un diálogo con múltiples autores que expliquen la dinámica del corazón desde diferentes referentes y momentos históricos, es desde allí que se reconoce la importancia de comprender esas condiciones técnicas y teóricas que han hecho del corazón un objeto de conocimiento.

La revisión histórica realizada para comprender las formas en las que se han configurado las explicaciones en torno al corazón, permitió reconocer que estas son dinámicas y en constante proceso de cambio, así mismo que, la validez de las explicaciones se ajustan a momentos históricos y a diferentes contextos, por ejemplo en la edad media y parte del renacimiento se generaban esfuerzos en vincular la actividad cardiaca con lo divino, la forma en que Dios ingresaba al

organismo a través del pneuma inspirado del aire y dotaba al organismo de un alma, siendo estas interpretaciones perfectamente validas ya que ajustaban a las necesidades explicativas de la época.

De un modo similar se considera interesante analizar la manera en la que las diferentes técnicas desarrolladas para entender la anatomía y fisiología del corazón, dinamizaron esas explicaciones, trascender de la contemplación pasiva de los tratados a la incorporación de la práctica experimental tecnicada e intencionada, le permitió a la ciencia cuestionar interpretaciones de la realidad que en su momento eran casi que indiscutibles, ampliando la visión de los fenómenos del mundo, ejercicio que requirió esfuerzos importantes de muchos pensadores. Es por ello que desde allí se reconoce el aporte a la comprensión del corazón que tuvieron técnicas como la disección y la microscopia, y aunque con intencionalidades distintas, se consideran elementos fundamentales en el diseño e implementación de propuestas de intervención de aula, en tanto brindan elementos fundamentales en la comprensión de la dinámica del corazón desde la manipulación del objeto de conocimiento.

La interacción que se da con el objeto de conocimiento desde la manipulación que se realiza durante las prácticas de laboratorio, le permite a los estudiantes y maestros hacer palpable todos aquellos elementos teóricos que hacen parte del acto educativo, es decir, la manipulación del corazón en disecciones estimula la experiencia sensible, y dota de nuevos significados e interpretaciones a la dinámica del corazón, reconfigurando así, las relaciones que los sujetos de conocimiento establecen con el corazón como objeto de conocimiento.

La dinámica del corazón como problema de conocimiento y su aporte en la enseñanza de las ciencias.

Articular el corazón con los problemas de conocimiento, fue un ejercicio interesante ya que como se pudo evidenciar en la profundización teórica de orden disciplinar, la información relacionada con la estructura y actividad del corazón humano es

bastante robusta, y si a eso se le suma los conocimientos en patologías cardíacas y las formas de tratarlas, el cuerpo documental se vuelve a una más complejo, por ello es importante realizar un filtro que permita seleccionar los elementos trascendentales que posibiliten desde el conocimiento del corazón, comprender al organismo en su complejidad.

Ahora bien, vincular estos conocimientos en la educación básica, requiere de un ejercicio de reflexión que permita reconocer las relaciones que los estudiantes establecen con el objeto de conocimiento, y desde el uso de representaciones e imágenes diagnósticas, construir condiciones de aula, que permitan la exploración del corazón y su actividad, para la posterior construcción de conjeturas y explicaciones en relación a la dinámica cardíaca, que desde su comprensión como una estructura que favorece la homeostasis, posibilita pensar en la enseñanza del cuerpo humano desde un sistema y desde allí, articular y hacer palpable las relaciones e interdependencias que se establecen con otros.

Las representaciones y el uso de imágenes diagnósticas en la educación básica, posibilitan que los estudiantes construyan conjeturas en relación a lo que observan y pueden categorizar como patológico o que se sale de lo normal, por ejemplo, la imagen empleada durante la intervención del aula en relación a la Tetralogía de Fallot, permitió reconocer las relaciones que los estudiantes establecen con este tipo de representaciones, ya que al observarla y analizar elementos que se salen de lo normal, configuran conjeturas, de cómo esta puede afectar la dinámica de la actividad cardíaca, e inclusive la forma en la que se puede afectar la dinámica de lo viviente.

Por otra parte el uso de ecocardiogramas, le permite a los estudiantes, establecer explicaciones y conjeturas sobre la actividad cardíaca, la interpretación de este tipo de imágenes que hacen visible la estructura interna y externa del corazón y que se sale de lo cotidiano en las aulas, posibilita entender las relaciones que ellos establecen con el objeto de conocimiento, ya que como se veía anteriormente,

desde la observación de ellas, los estudiantes configuran explicaciones sobre la estructura y actividad cardiaca, así como de las relaciones morfológicas y fisiológicas que establece con otras estructuras y sistemas.

Lo anterior, permite pensar que los estudiantes incluyen todos esos elementos teóricos, en la comprensión y explicación del corazón como una estructura que posibilita la homeostasis, ya que leer e interpretar la imagen, requiere de un ejercicio importante de abstracción que incluye elementos como la experiencia cotidiana, la experiencia sensible y los modos particulares en los que se comprende el corazón. Por otra parte, el uso de este tipo de imágenes posibilita en los estudiantes, pensar en el cuerpo humano como un todo complejo, donde no hay jerarquías preestablecidas y la actividad del mismo depende de la integridad estructural y funcional del sistema.

Los problemas de conocimiento propuestos por Valencia y otros (2003), da la posibilidad de reconocer ese carácter cultural de la ciencia y su enseñanza, por lo tanto le permite a los docentes replantear su quehacer, desde el ejercicio de analizar las formas en las que se adquiere o construye conocimiento desde lo colectivo, tomando como referente las experiencias sensibles de los sujetos para generar actividades desencadenantes que permita encender esa curiosidad innata y motive a los sujetos a preguntarse alrededor de los fenómenos del mundo, yendo más allá de la contemplación pasiva, manipulando y generando hipótesis que den cuenta del objeto de interés.

Dentro de los problemas de conocimiento la explicación de lo normal y lo patológico, se configura como central ya que desde esta confrontación, los estudiantes establecen criterios de clasificación de la estructura que les permite la construcción de conjeturas sobre la fisiología y actividad del corazón, es decir, lo patológico es un elemento que puede configurar una actividad desencadenante, que motive la duda, investigación y participación de los estudiantes en el acto educativo, y en este

caso particular, en la comprensión del corazón como una estructura dinámica que favorece la homeostasis de los organismos.

Retomando lo anterior, en este trabajo de grado se reconoce la importancia del uso de las imágenes diagnósticas y las representaciones en la comprensión de la dinámica del corazón, pues es a través de las representaciones que los estudiantes dan a entender las formas en las que se relacionan con el objeto de conocimiento, reconociendo esa reciprocidad del sujeto – objeto, y que no hay una manera “establecida” de entender, interpretar y representar la dinámica del corazón, esto se hace desde el ejercicio colectivo y por lo tanto es susceptible al debate y la controversia, lo que permite una reconfiguración constante de estas formas de relacionarse con el corazón como objeto de conocimiento.

Estas formas de entender y representar el corazón son posibles gracias a la manipulación y exploración sensorial del corazón que se lleva a cabo desde la actividad experimental. Abordar el corazón desde la experiencia sensible de los estudiantes, los referentes teóricos y la actividad experimental como parte de un mismo ejercicio y no como secciones separadas e independientes, le permite al estudiante reconocer una linealidad y secuencia en la construcción y configuración de las explicaciones de la actividad del corazón.

La recuperación de la experiencia y el rol del docente de ciencia

Realizar un ejercicio de recuperación de la experiencia requiere de una capacidad reflexiva importante. Este ejercicio fue posible gracias a las herramientas tecnológicas de las plataformas empleadas para el desarrollo de las sesiones, ya que la grabación de las mismas, y los registros obtenidos en ellas fueron recuperados de manera rigurosa y fiel por los docentes, lo cual posibilitó retomar elementos del desarrollo de las sesiones de clase fundamentales para el análisis de las formas en la que los estudiantes construyeron sus explicaciones de la dinámica del corazón.

Pero el ejercicio de recuperación de la experiencia no solo se configura en el relato de los eventos ocurridos durante las sesiones de clase, sino que en ellos se vinculan categorías de análisis previamente establecidas que le permiten a los docentes comprender los alcances de las intervenciones de los estudiantes en relación a las actividades propuestas y las dinámicas propias que se dan en la clase.

Por otra parte los relatos se constituyen como registros de la traducción que los partícipes de la intervención del aula realizan de la realidad y el conocimiento, estas traducciones son distintas y variables entre cada participante, ya que son el resultado del devenir histórico particular de cada individuo, donde la forma de entender y representar la actividad del corazón, esta permeada por las singularidades y especificidades de cada contexto que incide en la forma que como sujetos de conocimiento, interpretamos un mismo elemento de lo que conocemos como realidad.

Es por ello que los relatos, permiten reconocer la forma en la que los sujetos se relacionan e interpretan el objeto de conocimiento, pero como se mencionaba anteriormente, la traducción que se realiza de la realidad está mediada por las particularidades de cada mente, es decir, estos relatos pueden ser interpretados por otro sujeto de formas totalmente distintas a las que se plantean en este trabajo, lo cual no es más que, un valioso testimonio del carácter social y cultural no solo de la educación sino que también de la ciencia. En este sentido, según los intereses particulares o formas establecidas que cada lector tenga de relacionarse o interpretar el corazón, podrá nutrir aún más la reflexión que se realiza de los relatos y su papel en el estudio de las relaciones que se establecen entre el sujeto, el contexto, y el objeto de conocimiento.

Limitantes y recomendaciones para el desarrollo de intervenciones en el aula centradas en la dinámica del corazón

La enseñanza del corazón se puede considerar un elemento central desde el cual se comprende al organismo en su complejidad, pues desde allí se abordan no solo la circulación, sino otras grandes funciones vitales como la respiración, la irritabilidad, la regulación hormonal, térmica, entre otras. De un modo similar se puede comprender las alteraciones del organismo por las presiones ambientales y como ello va modificando y regulando múltiples actividades de manera simultánea. Es por ello que desde la perspectiva de este trabajo de grado se considera al corazón algo más que un elemento tangencial y anclado únicamente al sistema circulatorio, pues finalmente como se ha venido mostrando, la actividad del corazón es fundamental para el desarrollo de otras, pero su actividad a su vez depende de ellas, en un ciclo complejo de interdependencias.

Abordar el corazón como un objeto de conocimiento que permita la articulación de saberes disciplinares de las diferentes ramas de las Ciencias Naturales (física, química y biología), es posible, sin embargo se requiere conformar un cuerpo explicativo mucho más complejo que abarque temas relacionados con la conductividad eléctrica, presiones, cargas y poscargas, así mismo reacciones químicas en los procesos de hematosi, hematopoyesis, propiedades de los gases (en los procesos de intercambio gaseoso), entre muchos otros temas, con lo cual se puedan establecer elementos centrales de análisis y posteriormente actividades que posibiliten un diálogo e intercambio de saberes desde el que hacer propio del aula, junto con las preguntas e intervenciones de los estudiantes. Si bien este era uno de los objetivos con los que se comienza a proponer este trabajo de grado, las condiciones de virtualidad, tiempos y elementos centrales en la comprensión de la dinámica del corazón condujeron a modificar esta intención. Este tipo de propuestas, serían enriquecidas por el trabajo interdisciplinar de maestros en las diferentes disciplinas científicas, lo cual potenciaría aún más su valor social y cultural en la escuela.

Por otra parte, es importante mencionar que la pandemia por el virus del SARS-COV2 alteró de manera significativa las prácticas educativas en su momento, pues obligó a las instituciones educativas, y particularmente a los docentes a adquirir conocimientos informáticos que garanticen el proceso educativo de los estudiantes, de esta manera se implementaron las sesiones virtuales, las cuales tuvieron puntos a favor y en contra. Por un lado, no todos los estudiantes tenían los equipos y acceso a internet, lo que impidió el acceso a las sesiones virtuales de muchos estudiantes, particularmente en los estudiantes de estratos 1, 2 y 3, de hecho esta población fue con la que se abordó la propuesta de trabajo de grado, situación por la cual se decidió seleccionar a estudiantes que no solo estuvieran interesados en la propuesta, sino que también tuvieran la disponibilidad en tiempo y recursos, esto debido a que la implementación de la propuesta se dio en tiempo distintos a los destinados a las clases institucionalmente establecidas, por lo que fue necesario llegar a ciertos consensos con las familias de los estudiantes para que les permitieran conectarse en tiempos adicionales, situaciones que limitaron el número de participantes. Sin embargo, uno de los puntos a favor de implementar las TIC's, es la posibilidad de analizar mejor las imágenes diagnósticas, al poder ampliarlas a gusto, la posibilidad de activar el audio y dar sus aportes fue fundamental al momento de analizar los relatos de las clases, pues de ellos se realizó toda una reflexión sobre la imagen que los estudiantes fueron generando alrededor del corazón.

Por otra parte, no se puede olvidar, que la velocidad de conexión de los participantes impedía que encendieran sus cámaras, situación que limitaba la interacción social y la interpretación de los testimonios, ya que de tener grabada la expresión de cada estudiante al momento de realizar las intervenciones, las traducciones que se realizan de los mismos serían posiblemente diferentes, ya que la lectura de la corporalidad dota de mayor emoción los testimonios dados.

Si bien la propuesta está fuertemente influenciada por la virtualidad, es importante mencionar que muchos de los elementos utilizados en la intervención de aula se

pueden adaptar a la presencialidad, uno de los más importantes son las actividades experimentales, las cuales se realizaron desde casa, pero adquieren una connotación distinta en la presencialidad, con el acompañamiento del docente, quien puede orientar los procedimientos y aclarar las dudas, en cuanto a las imágenes, se podrían abordar desde las instituciones si ellas cuentan con televisores o video-beam con una resolución adecuada, o también desde los celulares de los estudiantes. Del mismo modo, se pueden abordar dinámicas que permitan modificar la actividad cardíaca y enseñar a los estudiantes cómo medir su frecuencia cardíaca y realizar gráficas que demuestren los diferentes momentos de la misma.

Finalmente, el programa de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales, de la Universidad Pedagógica Nacional, junto con los espacios que la constituyen, se consideran como fundamentales en la constante formación como maestros, ya que las reflexiones y discusiones que en ellos emerge, permite reconocer el papel del maestro como intelectual, al resignificar y transformar la forma en la que se relaciona con el conocimiento y la realidad. En este sentido la profundización teórica que se realiza a lo largo de trabajo de grado, junto con la construcción de condiciones de aula en la intervención de aula, posibilitan configurar múltiples explicaciones en relación al fenómeno viviente y particularmente al corazón como una estructura dinámica que favorece la homeostasis. Por otra parte al concebir el que hacer docente, como la posibilidad de confrontar experiencias desde la crítica y la reflexión, genera oportunidades de proponer elementos que permitan nutrir su práctica así como las políticas públicas en educación, pues se considera que la investigación en educación desde los docentes y no desde actores externos a la educación adquiere un valor significativo, pues son ellos quienes de primera mano conocen los contextos y particularidades de los estudiantes, en este sentido, este tipo de propuestas enriquecen las relaciones que se presentan en el aula, entre el maestro, estudiantes, conocimiento y realidad, resignificando el papel del maestro, el estudiante, la familia y la escuela.

BIBLIOGRAFÍA

Aragoncillo, P. (2009). Capítulo 2 Anatomía del corazón. En F. González, & M. Macaya, Libro de la salud cardiovascular del Hospital Clínico San Carlos y la Fundación BBVA (págs. 35-40). Bilbao: Editorial Nerea S.A.

Bachelard, G. (1938). La química del fuego. En G. Bachelard, Capítulo 5. Psicoanálisis del fuego (pág. 104). Paris: Editions Gallimard.

Bachelard, G. (1985). El compromiso racionalista. México: Siglo XXI Editores.

Barbosa, J. (2009). Breve historia del corazón y de los conocimientos cardiológicos. En A. Lopez, & M. Carlos, Libro de salud cardiovascular (págs. 23-34). Fundación BBVA.

Beas, R. (s.f.). Tipos de microscopios. Recuperado el 16 de 04 de 2022, de <http://rodrigo-beas.com/biologia/wp-content/uploads/2015/09/L-Tipos-de-microscopios-.pdf>

Buzzi, A. (2016). La circulación de la sangre a 400 años de su descubrimiento. Revista argentina de cardiología, 595-600.

Campohermoso, O. F., Solíz, R., Campohermoso, O., Flores, R. H., & Quispe, A. (2018). William Harvey, Ibn Al-Nafis y Miguel Servet descubridores de la circulación sanguínea. Revista Cuadernos, 71-83.

Candela, A., Naranjo, G., De la Riva, M., Moreno, J., & Rey, J. (2020). TEORÍA DEL ACTOR-RED Y CONTEXTOS ESCOLARES. Revista Mexicana de Investigación Educativa, 689-717

Castro, G., Rincón, Ó., & Cely, A. (2006). Capítulo VI Enfermedades de la válvula aórtica. En S. Franco, Enfermedad valvular cardiaca (págs. 531-343). Bogotá: Asociación Sociedad Colombiana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular.

Duque, J., Barco, J., & Morales, G. (2014). La Disección In vivo (Vivisección): Una Visión Histórica. International Journal of Morphology, 101-105.

Escobar, C. (2006). William Harvey: la circulación sanguínea y algunos de sus obstáculos epistemológicos. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, 199-205.

Eynard, A., & Muñoz, S. (2008). Parte II - Interacciones celulares, patrones complejos e histogénesis, Capítulo 9, Los movimientos del cuerpo, de las vísceras y del sistema cardiocirculatorio. En A. Eynard, M. Valentich, & R. Rovasio, Histología y embriología del ser humano: bases celulares y moleculares, Edición (págs. 263 - 304). Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.

Facultad de Medicina UNAM. (s.f.). Galeno. Recuperado el 13 de 04 de 2022, de <http://www.facmed.unam.mx/Libro-NeuroFisio/Personas/Galeno/Galeno.html>

Fernández, A. (2008). Antropología del corazón (I). El corazón a través de la historia de la medicina. Boletín de la Real Academia de Córdoba de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes., 305-322.

Fernández, J., Sun, F., Crisóstomo, V., Baez, C., & Pérez, A. (2013). Modelos animales en el aprendizaje de cardiología intervencionista. Revista española de cardiología, 40-46.

Field, D. (2004). El Tórax. En D. Field, ANATOMÍA. Palpación y localización superficial (Color) (págs. 208-209). Barcelona: Paidotribo.

Fox, S. (2016). Capítulo 14: Gasto cardíaco, flujo sanguíneo y presión arterial. En S. Fox, Fisiología Humana. Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España.

Galian, L., & Evangelista, A. (2006). Actualización en válvula aórtica bicúspide y complicaciones asociadas. Revista de ecocardiografía práctica y otras técnicas de imagen cardíaca, 9-14.

González, Á. (29 de octubre de 2009). investigaciónciencia - Universidad Complutense de Madrid (UCM). Obtenido de investigaciónciencia - Universidad Complutense de Madrid (UCM): <https://www.investigacionciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/10/posts/la-combustin-y-el-oxigeno-10170>

González, I. (s.f.). LA DISECCIÓN DEL CUERPO HUMANO. Recuperado el 18 de 04 de 2022, de https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-41507/Diseccion_anatomica_IRENE_GONZALEZ_2013.pdf

Guyton, A., & Hall, J. (2006). Capítulo 4: Transporte de sustancias a través de la membrana celular. En A. Guyton, & J. Hall, Tratado de fisiología médica (págs. 50 - 53). Madrid: Elsevier.

Guyton, A., & Hall, J. (2016). Capítulo 10 Excitación rítmica del corazón. En A. Guyton, & J. Hall, Guyton y Hall. Tratado de fisiología médica (págs. 317-333). Barcelona: Elsevier.

Guyton, A., & Hall, J. (2016). Capítulo 9 Músculo cardíaco: el corazón como bomba y la función de las válvulas cardíacas. En G. Arthur, & H. John, Guyton y Hall. Tratado de fisiología médica (págs. 285-316). España: Elsevier.

Hacking, Ian. (1996). Representar e intervenir. Universidad Nacional Autónoma de México. Editorial Paidós.

Hill, R., Wyse, G., & Anderson, M. (2004). Animales y ambientes: Función en el escenario ecológico. En R. W. Hill, Fisiología Animal (pág. 13). Madrid: Editorial Médica Panamericana.

Jacob, François (1999). Capítulo 2 La organización. La lógica de lo viviente (págs. 56 - 88). Tusquets Editores.

Lara, R. (2010). Las aulas como espacios vivos para construir la equidad escolar. *Revista Iberoamericana de Educación / Revista Ibero-americana de Educação*, 1 - 13.

Latarjet, M., & Ruiz, A. (2005). Sección XIV Sistema Cardiovascular, Capítulo 77 Pericardio. En M. Latarjet, & A. Ruiz, *Anatomía Humana*, Tomo 2 (págs. 912-945). Buenos Aires: Editorial Medica Panamericana.

Latarjet, M., & Ruiz, A. (2005). Sección XIV Sistema Cardiovascular, Capítulo 77 Pericardio. En M. Latarjet, & A. Ruiz, *Anatomía Humana*, Tomo 2 (págs. 912-945). Buenos Aires: Editorial Medica Panamericana.

Lopez, M. (2016). El aula de Anatomía y el laboratorio de disección Una aproximación etnográfica al estudio de la anatomía humana. *Cuadernos de Antropología Social*, 129-142.

Mandressi, R. (2008). Técnicas de disección y tácticas demostrativas: instrumentos, procedimientos y orden del pensamiento en la cultura anatómica de la primera modernidad. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 167-189.

Mejía, D., Paredes, F., Licon, T., & Salinas, L. (2016). Histología: desde su origen hasta la actualidad. *Revista Científica de la Escuela Universitaria de las Ciencias de la Salud*, 47-57.

Micheli, A. (2005). William Harvey y los inicios de la ciencia médica moderna. *Gaceta Médica de México*, (págs.233-237)

Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje Ciencias Naturales • V.1*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional de Colombia.

Ministerio de Educación Nacional. (10 de 10 de 2020). Colombia aprende la red del conocimiento. Obtenido de Colombia aprende la red del conocimiento: <http://aprende.colombiaaprende.edu.co/es/siempreidae/107746>

Ministerio de Educación Nacional. (1998). *serie lineamientos curriculares Ciencias Naturales y Educación Ambiental*. Santa Fe de Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.

Ministerio de Educación Nacional. (Julio de 2007). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional de Colombia.

Montalvo, C. (08 de 2010). TÉCNICA HISTOLÓGICA. Recuperado el 17 de 04 de 2022, de https://bct.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2018/08/3_tecnica_histologica.pdf

Moore, K., & Agur, A. (2003). Capítulo 2: El Tórax. En K. Moore, & A. Agur, *Fundamentos de anatomía con orientación clínica* (págs. 52-104). Madrid: Editorial Medica Panamericana.

- Morcillo, V., & García, F. (2014). El aula en contextos diversos: algo más que distintos escenarios de aprendizaje. *Investigación en la escuela*, 59 - 71.
- Müller, W. (2004). Principios de la comunicación intercelular mediante hormonas. En W. Müller, *Bioquímica. Fundamentos para Medicina y Ciencias de la Vida* (pág. 392). Barcelona: Reverté.
- Netter, F., & Engelhardt, S. (2003). Fundamentos. En F. Netter, S. Engelhardt, & M. Kortenhaus, *Medicina Interna* (págs. 2-14). Madrid: Elsevier.
- Orozco, J., Valencia, S., Méndez, O., Jiménez, G., & Garzón, J. (2003). Los problemas de conocimiento una perspectiva compleja para la enseñanza de las ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 1 - 14.
- Ovalle, W., Nahirney, P., & Frank, N. (2021). II: Aparatos y sistemas, Aparato cardiovascular. En W. Ovalle, P. Nahirney, & N. Frank, Netter. *Histología esencial con correlación histopatológica* (págs. 187-210). Barcelona: Elsevier.
- Patton, K. (2020). Capítulo 13: Aparato Cardiovascular. En K. Patton, *Estructura Y Función del Cuerpo Humano, Edición 16* (págs. 268-299). Barcelona: Elsevier.
- Paulsen, F., & Waschke, J. (2017). Órganos de la cavidad torácica, válvulas cardíacas y esqueleto del corazón. En F. Paulsen, & J. Waschke, Sobotta. *Atlas de anatomía humana vol 2: Órganos internos* (págs. 24-59). España: Elsevier.
- Pérez, Á. (2000). *La cultura escolar en la sociedad neoliberal*. Madrid: Morata.
- Perrone, S. (2014). En búsqueda del Santo Grial. *Insuficiencia cardíaca*, 36-47.
- Rohen, J., Yokochi, C., & Lütjen, E. (2003). *Atlas de anatomía humana. Estudio fotográfico del cuerpo humano*. Barcelona: ELSEVIER SCIENCE.
- Romero, A., Ramírez, J., López, R. ., Francisco De la Orta, J., Trejo, L., Vorhauer, S., & García, S. (2011). Galeno de Pérgamo: pionero en la historia de la ciencia que introduce los fundamentos científicos de la medicina. *Anales médicos*, 218-225.
- Ross, M., & Pawlina, W. (2016). Capítulo 11: Tejido muscular / Músculo Cardíaco. En M. Ross, & W. Pawlina, *Roos Histología texto y atlas Correlación con biología Molecular* (págs. 339-383). Barcelona: Wolters Kluwer.
- Ross, M., & Pawlina, W. (2016). Capítulo 13: Sistema Cardiovascular / Corazón. En M. Ross, & W. Pawlina, *Roos Histología texto y atlas Correlación con biología Molecular* (págs. 437 - 478). Barcelona: Wolters Kluwer.
- Sánchez, D., & Yen, S. (2003). Anatomía de los nodos cardíacos y del sistema de conducción específico auriculoventricular. *Revista Española de Cardiología Sociedad Española de Cardiología*, 1085-1092.
- Sandoval, Sandra. Ayala, María. Malagón, José. (2013). La actividad experimental: construcción de fenomenologías y procesos de formalización. *Revista Praxis filosófica*, Nº 36.

Sandoval, Sandra. Ayala, María. Malagón, José. Tarazona, Liliana. (2006). El experimento en enseñanza de las ciencias como una forma de organizar y ampliar la experiencia. Ponencia presentada al III Congreso Nacional de Enseñanza de la Física.

Sinnatamby, C. (2003). Capítulo 4 Tórax. En C. Sinnatamby, Anatomía de Last: Regional y Aplicada (págs. 173-214). Barcelona: Editorial Paidotribo.

Solomon, S., Wu, J., & Gillam, L. (2019). Capítulo 14 Ecocardiografía, Enfermedad Valvular Cardíaca. En E. Braunwald, D. Zipes, P. Libby, R. Bonow, D. Mann, & G. Tomaselli, Braunwald. Tratado de cardiología. Texto de medicina cardiovascular, 11.ª edición (págs. 206-217). Barcelona: Elsevier.

Soto, E. (2007). Una mirada a la historia de la cardiología. Los frescos de Diego Rivera en el Instituto Nacional de Cardiología. Elementos: Ciencia y cultura., 13-20.

Suárez, J., Iturrieta, I., Rodríguez, A., & García, F. (2007). Capítulo 3 Aparato Circulatorio. En J. Suárez, I. Iturrieta, A. Rodríguez, & F. García, Anatomía humana para estudiantes de Ciencias de la Salud (págs. 61-80). Barcelona: Elsevier.

Valencia, Steiner. Méndez, Olga. Garzón, Juan. Jiménez, Gladys. (2001). De la contemplación a la comprensión de los seres vivos. Revista Campo Abierto. Universidad de Extremadura.

Valencia, Steiner. Méndez, Olga. Jiménez, Gladys. (2006). Los saberes de la representación o de cómo imaginar la escuela. Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 9 (1), Pag 1 - 10.

Verdú, F. (2004). Corazón e historia. Miguel Servet, un precursor. Medicina naturista, 269-275.

Webb, G., Smallhorn, J., Therrien, J., & Redington, A. (2019). Cardiopatías congénitas en el paciente adulto y pediátrico. En E. Braunwald, D. Zipes, P. Libby, R. Bonow, D. Mann, & G. Tomaselli, Braunwald. Tratado de cardiología. Texto de medicina cardiovascular, 11.ª edición (págs. 1519-1572). Barcelona: Elsevier.

Welsch, U., & Sobotta, J. (2006). Aparato Cardiovascular. En U. Welsch, & J. Sobotta, Histología (págs. 257-258). Munchen: Elsevier.

Wisniak, J. (2009). Carl Wilhelm Scheele. Revista CENIC. Ciencias químicas, 165-173.

Wright, T. (2016). La circulación de la sangre. La revolucionaria idea de William Harvey. Ciudad de México: Fondo de cultura económica.

Zalaquett, R. (2016). 400 años del descubrimiento de la circulación de la sangre. Revista Chilena de Cardiología, 188-195.

ANEXOS

<https://drive.google.com/file/d/1S2GVPEiXzaKfPPwXIKH5LBTioP3nrd5q/view?usp=sharing> (Video disección corazón de res y pollo)

Formato consentimiento informado para proyectos de investigación.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Realizando la diferencia</small>	FORMATO		
	CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN		
Código:FOR026INV	Fecha de Aprobación: 28-08-2019	Versión: 02	Página 171 de 171

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo _____
Identificado con Cédula de Ciudadanía _____, en representación de
_____ con número de identificación _____.

Declaro que:

1. He sido invitado a participar en la investigación y de manera voluntaria he decidido hacer parte de este estudio.
2. He sido informado sobre los temas en que se desarrollará el estudio, han sido resueltastodas mis inquietudes y entiendo que puedo dejar de participar en cualquier momento si así lo deseo.
3. Sobre esta investigación me asisten los derechos de acceso, rectificación y oposición que podré ejercer mediante solicitud ante el investigador responsable, en la dirección de contacto que figura en este documento.
4. Conozco el mecanismo mediante el cual los investigadores garantizan la custodia y confidencialidad de mis datos.
5. La información obtenida de mi participación será parte del estudio y mi anonimato se garantizará. Sin embargo, si así lo deseo, autorizaré de manera escrita que la información personal o institucional se mencione en el estudio.
6. Autorizo a los investigadores para que divulguen la información y las grabaciones de audio, video o imágenes que se generen en el marco del proyecto y que no comprometan lo enunciado en el punto 4D.

En constancia, manifiesto que he leído y entendido el presente documento.

Firma, _____ Firma del participante (si aplica), _____

Nombre: _____

Identificación: _____

Fecha: _____

Con domicilio en la ciudad de: _____

Dirección: _____

Teléfono y N° de celular: _____

Correo electrónico: _____

La Universidad Pedagógica Nacional agradece sus aportes y su decidida participación

