

¿CÓMO SE MUEVE LA SANGRE?

Por

YESSICA VIVIANA BARRAGÁN ORJUELA

LIGIA ROCÍO CASTELLANOS DURÁN

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES
BOGOTÁ D.C.

2016

¿CÓMO SE MUEVE LA SANGRE?

Por

LIGIA ROCÍO CASTELLANOS DURÁN
YESSICA VIVIANA BARRAGÁN ORJUELA

Trabajo De Grado Para Optar Al Título De Magister En Docencia
De Las Ciencias Naturales

Asesores:

SANDRA SANDOVAL OSORIO
JOSÉ FRANCISCO MALAGÓN SÁNCHEZ

GRUPO FÍSICA Y CULTURA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES
BOGOTÁ D.C.


2016

A mi fortaleza, mi guerrera madre Margarita Duran de Castellanos
A mis increíbles y amorosos abuelos Manuel Orjuela & Leonor Sánchez

AGRADECIMIENTOS


En primer lugar, queremos agradecer a Dios por bendecirnos para llegar hasta donde llegamos, por hacer realidad este sueño anhelado. A nuestros asesores Sandra Sandoval Osorio y José Francisco Malagón Sánchez, estamos seguras que sin su orientación, sabiduría, experiencia, paciencia y motivación no hubiese sido posible la construcción y desarrollo de este trabajo de investigación.

También nos gustaría agradecer al departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional y a los profesores que de una u otra manera estuvieron involucrados en nuestra formación durante el curso de esta maestría, a nuestros compañeros, por su amistad, compañía y animo en las diferentes actividades académicas. A nuestras familias por su apoyo y comprensión en nuestras ausencias, estamos seguras que nuestros triunfos lo sienten como suyos.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación de Maestros</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 94	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de Grado de Maestría en Investigación
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	¿CÓMO SE MUEVE LA SANGRE?
Autor(es)	Barragán Orjuela, Yessica Viviana; Castellanos Durán, Ligia Rocío
Director(es)	Sandoval Osorio, Sandra; Malagón Sánchez, José Francisco
Publicación	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional. 2016, 89 p
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	MOVIMIENTO SANGUÍNEO, PROCEDER EXPERIMENTAL, PUNTO DE INFLEXIÓN, CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES, VITALISMO, MECANICISMO.

2. Descripción
<p>La investigación se centra en fundamentar y caracterizar la actividad experimental dentro de los procesos de comprensión del movimiento sanguíneo y para lo cual se considera relevante el seguimiento de los modos de proceder de William Harvey (1628), quién consolidó una nueva perspectiva que se denomina un punto de inflexión del proceder debido a que constituye un máximo valor epistemológico a la experimentación que da un nuevo enfoque explicativo desde reflexiones y caracterizaciones cuantitativas fundamentadas desde filosofías mecanicistas que desde este juicio, consiente la construcción de explicaciones, debido a la forma en la que el experimento se convierte en motivo y variable de interpretación en el ámbito cuantitativo de la sangre, forma en la que interactúa con sus partes y las características funcionales de estas para así desarrollar una experiencia de aula que configura una idea de movimiento de las partes al todo.</p>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación al servicio de la sociedad</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página II de 94	

La investigación se desarrolla en tres aspectos; el primero es la contextualización del problema, se presenta los procesos de construcción, los supuestos y las problemáticas que permiten construir los referentes que constituyen la tesis. En segundo lugar, se hace el análisis del movimiento sanguíneo. Un punto de inflexión, se abordan las características epistemológicas y filosofías en el que se describen la relación vitalista y mecanicista al estructurar la obra de William Harvey como elemento de análisis, se caracteriza el proceder experimental como explicación del objeto de estudio y por último, dentro de este mismo aspecto, se estructuran los elementos que aporta este análisis como ejercicio reflexivo de comprensión. Y en el tercer momento se elabora una ruta de comprensión en el aula, se presenta el diseño e implementación donde se permite una descripción y análisis de la propuesta docente que se constituye a partir de las diversas reflexiones que se realizan en torno a los textos primarios del proceder experimental en la construcción de explicaciones del movimiento sanguíneo desde la lectura de William Harvey.

3. Fuentes

Las fuentes bibliográficas más precisas que sustentan este trabajo son:


Albarracín Teulón, A. (2001). El movimiento del corazón y la sangre. España: Nivola.

Álvarez, J. (2007). La controversia sobre la vivisección. Acta Bioethica, Vol. 13, 57-60.

Ayala Manrique, M., Romero chacón, Á., Malagón Sánchez, J., Rodríguez Rodríguez, O., Aquilar Mosquera, Y., & Garzón Barrios, M. (2008). Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Ayala, M. M. (2006). Análisis histórico-crítico y la recontextualización de saberes. Pro-posiáies, V. 17, n. 1 (49) - jan./Abr.

Barona, J. (1991). La fisiología: origen histórico de una ciencia experimental. En J. L. Barona, La historia de la ciencia y de la técnica (págs. 16-55). Madrid, España: Ediciones Akal, S.A.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación de Maestros</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página III de 94	

Canguilhem, G. (1971). El conocimiento de la vida. Barcelona: Editorial Anagrama.

Ciancaglini, C. E. (2003). Hidrodinámica de la circulación vascular periférica normal. Revista Federación Argentina de Cardiología, Vol. 32, 259-279.


Escobar, C. (2006). William Harvey: la circulación sanguínea y algunos de sus obstáculos epistemológicos. Latreia, Vol. 19 junio, 199-205.

Harvey, W. (1628). Exercitation Anatómica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus. En J. J. Izquierdo, Del movimiento del Corazón y de la sangre de los animales. Introducción histórico-crítica sobre los antecedentes, los orígenes y la importancia de esta obra.

Izquierdo, J. J. (1994). Del movimiento del corazón y de la sangre de los animales. Introducción histórico-crítica sobre los antecedentes, los orígenes y la importancia de su obra. México: Universidad nacional autónoma de México

4. Contenidos

El presente documento consta de tres capítulos en los que se presenta el desarrollo de la investigación realizada: En el Capítulo I: *Contextualización del problema* se presenta los procesos de construcción, los supuestos y las problemáticas que permiten construir los referentes que constituyen la tesis. En el Capítulo II: *Análisis del movimiento sanguíneo. Un punto de inflexión*, se abordan las características epistemológicas y filosofías en el que se describen la relación vitalista y mecanicista al estructurar la obra de William Harvey como elemento de análisis, se caracteriza el proceder experimental como explicación del objeto de estudio y por último se estructuran los elementos que aporta este análisis como ejercicio reflexivo de comprensión. En el Capítulo III: *¿Cómo se mueve la sangre?* Una ruta de comprensión en el aula, se presenta el diseño e implementación de la ruta de aula donde se permite una descripción y análisis de la propuesta docente que se constituye a partir de las diversas reflexiones que se realizan en torno a los textos primarios del proceder experimental en la construcción de explicaciones del movimiento sanguíneo desde la lectura de William Harvey.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación al servicio de la sociedad</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página IV de 94	

Finalmente, se establecen las conclusiones a las que se llegaron al culminar este trabajo y la bibliografía de referencia.

5. Metodología

Esta investigación se consolida desde textos y fuentes primarias donde se recopilan elementos de carácter filosófico, epistemológico e histórico que propician el análisis del movimiento sanguíneo desde la construcción de la experiencia por medio del seguimiento de la actividad experimental, en este sentido la investigación sigue las siguientes fases:


I. Fase de Caracterización del movimiento sanguíneo. En esta fase se consolidó el análisis de fuentes primarias de los elementos que permitieron constituir las preocupaciones y procederes del movimiento sanguíneo descrito por William Harvey

II. Fase de Caracterización de procederes experimentales. En esta fase se realizó una revisión acerca de la actividad experimental como práctica de explicación del movimiento sanguíneo de William Harvey, y su perspectiva o enfoque mecanicista de análisis.

III. Fase de construcción de la ruta de aula. Esta fase se consolidó con el diseño de una ruta que permitió estudiar los elementos caracterizados en el análisis de explicación como proceso de construcción del movimiento sanguíneo desde el estudio del proceder experimental.

6. Conclusiones

Los elementos de comprensión que aporta esta actividad experimental del movimiento sanguíneo permite concluir en primer lugar que la observación como fuente de análisis en la actividad constructiva del estudiante se ve inmerso en la consolidación explicativa ya sea para elucidar representaciones o en los modos de hablar, como es el caso del uso de cualidades de color, cambios de temperatura, dolor, entre otras.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación de Docentes</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página V de 94	

A partir de estas observaciones que se desarrollan de manera constante dentro del proceso de explicación, al igual que lo hizo Harvey es necesario plantear e intervenir en el experimento para dar claridad a las inquietudes que surgen a lo largo del proceso, como elemento necesario para determinar variables y características que se encuentran en la comprensión del movimiento sanguíneo. Sin embargo, no sólo es usado como elemento comprobatorio sino además permea consigo inquietudes que permiten generar nuevos supuestos, puestas experimentales e incluso interrelaciones con otros elementos que se ponen en juego a través de las modelaciones y representaciones causales del proceso, estas últimas, permiten constituir generalizaciones como síntesis del proceso en el cual se encuentra.

Para argumentar la causalidad del proceso, los estudiantes proponen la cuantificación como un componente en el nivel explicativo análogo a lo que Harvey considera un aspecto determinante en la comprensión de las particularidades, esta necesidad es una consecuencia de la organización de las comprensiones y caracterizaciones para dar cuenta en sí del movimiento.

En síntesis, se podría afirmar que el proceder experimental amplía la experiencia y dinamiza la comprensión del movimiento sanguíneo, a través de la significación producto de las transformaciones, modelaciones y concreciones constructivas en el ámbito explicativo.

Elaborado por:	Barragán Orjuela, Yessica Viviana & Castellanos Duran, Ligia Rocío
Revisado por:	José Francisco Malagón Sánchez & Sandra Sandoval Osorio

Fecha de elaboración del Resumen:	30	10	2016
--	----	----	------

Tabla de contenido

CAPÍTULO 1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA	1
Construcción del proceso de formulación.....	1
Objetivos	3
Objetivo General.....	3
Objetivos específicos	3
Incidencia de la investigación	4
Implicaciones Metodológicas	5
Un diálogo con los registros bibliográficos	6
CAPÍTULO 2. ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO SANGUÍNEO. UN PUNTO DE INFLEXIÓN DEL CONOCER	10
Caracterización De Las Concepciones De William Harvey	11
Interpretación vitalista de William Harvey.....	15
Interpretación mecanicista de William Harvey.....	17
CAPÍTULO 3: Análisis Del Proceder Experimental Como Consolidación De La Construcción De Explicaciones.....	20
Primeras aproximaciones del movimiento sanguíneo.....	22
Análisis de la actividad experimental de la obra de Exercitatio Anatómica De Motu Cordis Et Sanguinis In Animalibus de William Harvey	24
Caracterización del punto de inflexión de William Harvey como elementos de análisis	35
Descripción De La Ruta ¿La Sangre Se Mueve?	40

¿La sangre se mueve? El carácter dinámico de la sangre.	41
¿Qué hace que se mueva la sangre? Movimiento del corazón dentro del circuito sanguíneo ..	45
¿Hacia dónde se mueve la sangre? Arterias y venas en el papel del movimiento sanguíneo...	52
¿Cómo se mueve la sangre? El movimiento sanguíneo dentro de una idea de circuito	56
PLANTEAMIENTOS FINALES	62
BIBLIOGRAFÍA.....	65
ANEXO A. GUÍA ¿CÓMO SE MUEVE LA SANGRE?	68

Índice De Tablas

TABLA 1. ELEMENTOS DE ANÁLISIS	38
TABLA 2. ANÁLISIS Y RESULTADOS PRIMERA GUÍA ¿LA SANGRE SE MUEVE?.....	44
TABLA 3. ANÁLISIS Y RESULTADOS SEGUNDA GUÍA ¿QUÉ HACE QUE SE MUEVA LA SANGRE?	50
TABLA 4. ANÁLISIS Y RESULTADOS TERCERA GUÍA ¿HACIA DÓNDE SE MUEVE LA SANGRE?.....	55
TABLA 5. ANÁLISIS Y RESULTADOS CUARTA GUÍA ¿CÓMO SE MUEVE LA SANGRE?	60

CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA

La conclusión es que sabemos muy poco y sin embargo es asombroso lo mucho que conocemos. y más asombroso todavía que un conocimiento tan pequeño pueda dar tanto poder.
Bertrand Russell

Construcción del proceso de formulación

Se considera que la enseñanza de las ciencias se ha de preocupar por la comprensión de los saberes científicos, su estructura, los objetos de estudio, las preocupaciones particulares, las formas de proceder y cómo se consolida en el lenguaje. Desde esta mirada el quehacer docente, debe tratar de fomentar y encontrar mecanismos donde se fortalezca una nueva relación frente al conocimiento, en la que resulte posible organizar y ampliar la experiencia que establece una relación de diálogo con los pensadores y críticos de este orden y, en general, con la información que circula en su medio cultural desde una mirada reflexiva y de construcción del conocimiento en el aula. Por esta razón es necesario asumir la ciencia como una actividad que constituye las dinámicas pedagógicas en la construcción de explicaciones de mundo.

Vivenciar estas dinámicas dentro de la explicación del movimiento sanguíneo llevó a formar una relación íntima con los contextos y actividades científicas de carácter histórico ya que permitió constituir una significación del proceder experimental para comprender y transformar las concepciones de ciencia en la enseñanza, donde se da relevancia a la multiplicidad de ámbitos socio culturales que asume las implicaciones, discrepancias y comparaciones históricas que han influido no sólo en el fortalecimiento al legitimar conceptos como sistema y funcionalidad, desde perspectivas acabadas, sino la ciencia como una actividad científica que se transforma

constantemente; incluso en el aula es posible generar la construcción de conocimiento como un proceso de representar el mundo. Construir conocimiento en este sentido, significa elaborar y desarrollar a partir de las comprensiones sobre su realidad, esto hace que el conocimiento este sujeto a transformaciones, a organizaciones, incluso sea flexible desde una mirada actual a partir de las ya existentes. En este orden de ideas, la enseñanza de las ciencias propicia condiciones y procesos que permiten la recontextualización de saberes científicos como actividad constructiva de conocimiento en búsqueda de elementos que representen la imagen y comprensión del movimiento sanguíneo, ya que no dependen sólo de campos disciplinares como es el caso de la fisiología, sino de intereses y condiciones de quienes los constituyeron como Claudio Galeno, Miguel Serveto, William Harvey, entre otros. Para ello es necesario dejar de lado la visión acabada y precisa de libros de texto ya que estos tuvieron un origen y desarrollo enmarcados dentro de paradigmas y preocupaciones contextuales distintas.

Realizar un proceso reflexivo permite un acercamiento a las fuentes primarias y al análisis constructivo que enriquezca las concepciones que flexibilizan y generan nuevas comprensiones a partir de las problemáticas que motivan la elaboración de conocimientos en donde las contradicciones, debates, conflictos sean elementos en la construcción de conocimiento colectivo.

Como lo afirma Ayala (2006) *“no se trata de encontrar el significado de un texto, como si éste estuviera en él, ni de desvelar lo que ciertos autores (científicos) concebían acerca de fenómenos o problemáticas particulares de acuerdo al contexto en que fueron elaborados, ni de hacer seguimientos de la evolución de una noción o concepto específico, ni de esclarecer los obstáculos por los cuales diferentes teorías tienen dificultades en ser asimiladas. Se trata más bien de establecer un diálogo con los autores a través de los escritos analizados, con miras a construir una estructuración particular de la clase de fenómenos abordados y una nueva mirada que permita ver viejos problemas con nuevos ojos (proceder característico de la construcción de formas alternativas de representación). Es, pues, un diálogo y una construcción intencionada que intenta, además, establecer nexos con el “conocimiento común”, dada la perspectiva pedagógica que lo anima”* (Ayala, 2006, pág. 29).

En relación con lo anterior se propicia la realización de análisis de fuentes primarias de la actividad experimental de William Harvey que fue fundamental para explicar el movimiento sanguíneo, sus concepciones fueron producto de transformaciones y estructuraciones que desempeña un papel importante y se considera que brinda elementos que permite vincular los planteamientos teóricos y prácticos.

Este trabajo pedagógico está orientado a proveer condiciones de construcción para la organización y ampliación de la experiencia, ello implica caracterizar la experimentación o proceso detonante dentro del contexto de explicación a través del análisis de fuentes originales con fines metodológicos y pedagógicos como perspectivas fructíferas para este propósito. Desde este marco se configura la siguiente pregunta problema: *¿Qué elementos de comprensión aporta la actividad experimental del movimiento sanguíneo propuesta por William Harvey?*

Objetivos

Objetivo General

Derivar elementos del papel de la experimentación dentro de los procesos de conocimiento del movimiento sanguíneo.

Objetivos específicos

Establecer diálogos con las diferentes referencias bibliográficas y fuentes primarias que brinden elementos para la caracterización de la actividad experimental en el estudio del movimiento sanguíneo.

Constituir una reflexión del quehacer docente para comprender y establecer las implicaciones que tienen estos elementos del análisis del proceder experimental en los procesos de enseñanza del movimiento sanguíneo en las clases de ciencias

Incidencia de la investigación

Comprender la circulación sanguínea puede ser un tema en el aula de clase e incluso en la bibliografía como preestablecido y acabado, sin embargo, emprenderse a conocerlo inicialmente llevó a esta investigación a detenerse en el ámbito experimental como una actividad constructiva de conocimiento, desde esta perspectiva, surge considerar elementos históricos que condujeron a particularizar el sistema circulatorio a exclusivamente el movimiento sanguíneo, aplazando la caracterización de las interrelaciones químicas o biológicas que se presentan en esta acción, pero se pretende ofrecer elementos para posteriores investigaciones en este ámbito.

Cuando se buscaron estos elementos históricos importantes en la determinación del carácter del movimiento de la sangre se encontraron con multiplicidad de supuestos filosóficos y epistemológicos del contexto que permiten o no el desarrollo de la ciencia, en este caso los personajes más significativos como Claudio Galeno, Miguel Serveto, William Harvey, entre otros, contribuyeron al desarrollo de la concepción de circulación, sin embargo, desde esta mirada la investigación se centra en uno de ellos, William Harvey Halke, no porque sea más o menos importante, sino porque con él se establece un punto de inflexión desde sus análisis en las prácticas experimentales, aunque utilizó prácticas tradicionales como lo es la vivisección, por primera vez no son objeto comprobatorio, sino que es usado como elemento de explicación, teniendo en cuenta que su filosofía apropia elementos vitalistas, su obra cúlpe radica en realizar una interpretación del experimento desde dinámicas y filosóficas mecanicistas, donde cada parte del mismo sistema circulatorio (partes) permitieron consolidar una generalización a la explicación del fluir sanguíneo y desde este aspecto experimentar implicó replantear e intervenir en él para poder generalizar estas comprensiones, al producir en este sentido, fisuras en las doctrinas de la época como lo afirma Izquierdo (1994) *“expuso el conflicto existente entre lo enseñado por los antiguos y los fenómenos, tal como él los veía producirse en la naturaleza. Así fue como surgieron en su mente las objeciones que puso en el proemio de su obra para poner al descubierto las partes endebles y carcomidas de la antigua doctrina. Pero como sabía Harvey que no bastaba con demoler, sino que había que levantar un nuevo edificio que sustituyese al antiguo, sus esfuerzos en el resto de la obra se encaminaron a la objeción de los materiales indispensables para lograrlo”* (Izquierdo, 1994, págs. 73-74).

Desde esta mirada, se buscan estos elementos en su proceder que permiten ampliar la experiencia, organizar las observaciones, generar cuestionamientos que construyen nuevas explicaciones dentro de los procesos de aprendizaje. Este trabajo de investigación no solamente reconoce la importancia de los presupuestos de los sujetos, sino que además los convierte en objeto de análisis y reflexión; lo cual se constituye en precedente para la argumentación de las explicaciones, donde el aula tiene la posibilidad de involucrarse en el campo de las comprensiones como una actividad que se construye socialmente que no está terminada y en la cual se puede intervenir. Se tiene en cuenta lo anterior, se diseña e implementa una ruta de aula para estudiantes de grado séptimo del colegio Cardenal Sancha que brinda argumentos a la investigación, alrededor de las reflexiones de la actividad experimental que se considera desde el precedente histórico de construcción y análisis.

Implicaciones Metodológicas

Esta investigación se consolida desde textos y fuentes primarias donde se recopilan elementos de carácter filosófico, epistemológico e histórico que propician el análisis del movimiento sanguíneo desde la construcción de la experiencia por medio del seguimiento de la actividad experimental, en este sentido la investigación sigue las siguientes fases:

I. Fase de Caracterización del movimiento sanguíneo. En esta fase se consolidó el análisis de fuentes primarias de los elementos que permitieron constituir las preocupaciones y procedimientos del movimiento sanguíneo descrito por William Harvey

II. Fase de Caracterización de procedimientos experimentales. En esta fase se realizó una revisión acerca de la actividad experimental como práctica de explicación del movimiento sanguíneo de William Harvey, y su perspectiva o enfoque mecanicista de análisis.

III. Fase de construcción de la ruta de aula. Esta fase se consolidó con el diseño de una ruta que permitió estudiar los elementos caracterizados en el análisis de explicación como proceso de construcción del movimiento sanguíneo desde el estudio del proceder experimental¹.

Un diálogo con los registros bibliográficos

Esta parte del documento presenta el informe de los hallazgos bibliográficos y los análisis hechos a una serie de textos, investigaciones y artículos que se recolectaron con el fin de consolidar los referentes de la presente investigación. Este proceso se realizó a partir de la búsqueda de elementos en el campo filosófico, epistemológico y pedagógico que permitieran situar la investigación en un área de conocimiento específico.

Los criterios de selección de las fuentes se establecen a partir de la identificación de trabajos que aportan dentro de este campo que rescatan las inquietudes e ideas para establecer los posibles problemas en el ámbito de las ciencias naturales.

Conforme a lo anterior, se identifican trabajos que aportan elementos enriquecedores al tema de esta investigación que durante su desarrollo y elaboración se han categorizado en dos aspectos que guían la planeación:

- Conceptualización disciplinar
- Conceptualización filosófico-epistemológica

La circulación sanguínea ha tenido diferentes miradas de comprensión entre ellas se encuentran perspectivas como lo es *Hidrodinámica de la circulación vascular periférica normal* de Ciancaglini (2003) que realiza el análisis de los principales conceptos básicos de la física (hemodinámica o hidrodinámica aplicada al movimiento pulsátil de la sangre) que rigen el funcionamiento del aparato circulatorio en condiciones normales y patológicas; intenta explicar en términos sencillos lo que

¹ A partir de los estudios de fuentes y textos primarios, se elaboraron criterios para la organización experimental en la enseñanza de las ciencias que se concreta en el diseño y elaboración de módulos para trabajar con estudiantes de grado séptimo del colegio Cardenal Sancha. En estos módulos, se hace énfasis en desarrollar un trabajo de reconstrucción de la actividad experimental que lleve a plantearse cuestionamientos, cualificar y caracterizar el movimiento sanguíneo.

muchas veces no lo es, sobre todo para quien no está familiarizado con el lenguaje de la física, así como abundar con ejemplos que sirvan a ese propósito, en este sentido, *el sistema cardiovascular y la actividad física* de Ramón (2000), aborda aspectos relacionados con la presión sanguínea: anatomía macroscópica y microscópica del sistema cardiovascular, describe aspectos a nivel cardíaco y de los vasos sanguíneos; fisiología cardiovascular: ciclo cardíaco, frecuencia cardíaca, eventos mecánicos del ciclo cardíaco, gasto cardíaco, diferencia arteriovenosa de oxígeno, consumo de oxígeno, presión sanguínea, y las Influencia de la actividad física sistemática sobre el sistema cardiovascular, alteraciones del sistema cardiovasculares y aplicación de la actividad física.

En esta misma línea se encuentra la monografía, *La física de los fluidos en el sistema circulatorio propuesta didáctica para comprender los fenómenos físicos de fluidos en el organismo humano* por Mosquera Hurtado Arlex (2011). La propuesta didáctica aborda el estudio de los procesos físicos en el transporte de fluidos a través del sistema circulatorio, integra conceptos interdisciplinarios y supone la posibilidad de que los estudiantes encuentren significado a lo que van aprender, ya que se establece un vínculo tangible entre un concepto y los procesos físicos que se dan en el cuerpo humano. Es esta significación de lo que se aprende, lo que ha de llevar a los estudiantes a revisar, modificar y enriquecer sus conocimientos previos y las estructuras de pensamiento que les permita establecer relaciones que aseguren la funcionalidad y la apropiación comprensiva de lo que se aprende. Se considera que los conceptos y procesos se integran a una serie de significados accionantes en el contexto, los cuales facilitan a los estudiantes diseñar e implementar estrategias o soluciones coherentes en el estudio de situaciones problemáticas.

Después de realizar el rastreo disciplinar de la sangre y su movimiento, es necesario situar la investigación dentro de parámetros y paradigmas específicos en el campo epistemológico, filosófico y pedagógico que permitan ahondar la problemática, para ello es importante plantear la carga metodológica desde una mirada de análisis de fuente primarias, como lo constituye *los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades* por Ayala M. Mercedes (2006) donde se discute la problemática de la formación en física de los profesores de física. Se plantean supuestos y exigencias que se derivan de una aproximación a la física desde un punto de vista disciplinar, en el que la imagen de ciencia que se hace viable no antagoniza con la imagen de conocimiento y quehacer científico implicados en los

enfoques contemporáneos de la historia de las ciencias. Se presenta y caracteriza el tipo de análisis histórico crítico desarrollado con el fin de orientar los procesos de recontextualización de saberes para la formación docente. Se recogen de esta manera indagaciones llevadas a cabo y propuestas que se configuran en un proceso de casi dos décadas en el Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia.

La Pertinencia de la Historia en la Enseñanza de Ciencias: Argumentos y Contraargumentos de Lombardi (1997) que realiza una crítica al enfoque histórico debido al clima que propicia la comunicación entre ciencia natural, historia y filosofía, algunas voces se alzan para presentar fuertes críticos al programa de introducir la historia de las ciencias en la enseñanza de ciencias. Una de estas voces es la de Martin Klein, quien sostiene que todo intento de presentar los contenidos científicos desde una perspectiva histórica implica «seleccionar, organizar y presentar estos materiales históricos no históricamente, quizás incluso anti-históricamente» (Klein, 1972), este hecho levantada contra la relevancia de la historia en la enseñanza de ciencias es la presentada por Whitaker, quien señala que la historia utilizada en los cursos de ciencia es, en realidad, una casi historia pues constituye «el resultado de numerosos libros de autores que han sentido la necesidad de dar vida a sus explicaciones [...] con un poco de contenido histórico, pero que de hecho han reescrito la historia acomodándola paso a paso con la física» (Whitaker, 1979), a partir de estas posturas el autor esclarece que todo relato histórico orientado a la enseñanza debe necesariamente seleccionar algunos hechos considerados relevantes a la luz del sentido que se desea brindar a tal relato. Si se pretendiera que los alumnos abordasen la historia con la profundidad y el detalle del historiador, seguramente sería imposible avanzar más allá del primer contenido presentado en clase.

Con respecto a las miradas filosóficas que encaminan la actividad experimental se encuentra *el giro hacia la práctica en filosofía de la ciencia: una nueva perspectiva de la actividad experimental* de Iglesias (2004) quien concibe el experimento como una concepción “heredada” como una generalidad que confirma o refuta hipótesis o teorías (ubicados conceptualmente en el Empirismo Lógico o Neopositivismo). Una nueva perspectiva de la práctica experimental es ver la ciencia desde la perspectiva de acción donde el experimento no es algo que simplemente confirma o refuta teorías (Kuhn, 1993), tiene una función significativa en la ciencia normal: hace real o explícito el acuerdo ya implícito entre la teoría del mundo. Es por ello que es relevante el pensarse la práctica

experimental como una construcción y es necesaria una redefinición de la actividad experimental. La filosofía aborda el problema de la evidencia empirista, busca es una perspectiva práctico-abstracta congruente con una visión teórica de la ciencia que incluya la práctica, pero desde el pensamiento y acción de hacer ciencia y ver el mundo en que los pensamientos y la vida experimental concuerdan con dar ideas de conocer como realidad

Dentro de esta perspectiva el artículo titulado *es el momento de dar otro paso: de una filosofía del experimento hacia una filosofía de las prácticas científicas* de Quesada (2006) describe que la filosofía de la ciencia ha experimentado varios cambios de perspectiva en su enfoque entre los que se encuentra el giro historicista o relativista, el experimental y, en los últimos años, se habla de una nueva tendencia, el giro praxiológico. Para establecer una postura la autora defiende la propuesta de una filosofía de las prácticas científicas, donde conviene hacer una revisión de algunos de estos cambios y del estado del arte de la disciplina conocida más ampliamente como los estudios de ciencia.

En el campo epistemológico y en la búsqueda de caracterizar los planteamientos y posturas de William Harvey, Escobar G. Carlos (2006) en su artículo *William Harvey: la circulación sanguínea y algunos de sus obstáculos epistemológicos*, señala la importancia de éste como precursor del método experimental en medicina en el orden epistemológico, cualquier época incluyendo la presente posee doctrinas, autoridades, actitudes y estilo de pensamiento que dificultan la generación de nuevos conocimientos, en un momento dado tiende a reproducirse y no es tarea fácil romper con él y así producir cambios novedosos. Se mencionan algunos obstáculos teóricos que tuvo que afrontar dentro del contexto y elaborar su teoría de la circulación sanguínea donde contradice la teoría galénica aceptada como doctrina en su tiempo como es la sanguificación: donde la acción y esencia del mismo provienen de pensamientos, doctrinas y teorías humorales desde la formación de alimentos; venas y arterias: la funcionalidad de las venas como proyección del corazón, las arterias un gran enigma desde la importancia del espíritu vital, recibe el aire puro refrigerante; el tabique interventricular, los poros invisibles y el problema del pulso: como facultades naturales de conexión análogas a una fosa que pasa por los poros invisibles concepto usado como facultades atractivas.

Capítulo 2

ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO SANGUÍNEO. UN PUNTO DE INFLEXIÓN DEL CONOCER

<<Recuerdo que cuando le pregunté al famoso Harvey, en la única conversación que sostuve con él que fue un mes antes de su muerte), cuáles fueron las cosas que le indujeron a pensar en la circulación de la sangre, él me respondió que cuando tuvo noticias de que las válvulas de las venas de tantas partes del cuerpo estaban colocadas de forma que daban paso libre a la sangre hacia el corazón, pero que se oponían al paso de la sangre venosa en dirección contraria, fue alentado a imaginar que una causa tan providente como la naturaleza no había colocado tantas válvulas sin un propósito; y que ningún propósito parecía más probable, puesto que la sangre, a causa de las válvulas interpuestas, no podía ser bien enviada por las venas a los miembros, debía serlo por las arterias, y volver por las venas, cuyas válvulas no se oponían a su curso en esa dirección>> Boyle,1772

La actividad experimental dentro de los procesos de construcción de explicaciones constituyen una forma de análisis en el carácter de comprensión de los mismos fenómenos, es por ello que la presente investigación considera relevante el seguimiento y análisis de procedimientos experimentales del movimiento sanguíneo, más específicamente el proyectado por William Harvey, quién establece una nueva perspectiva que se denomina un punto de inflexión del proceder debido a que constituye un máximo valor epistemológico a la experimentación que da un nuevo enfoque explicativo al permitir situarlo desde reflexiones y caracterizaciones cuantitativas fundamentadas desde filosofías mecanicistas que desde este juicio consiente la construcción de explicaciones debido a la forma en la que el experimento se convierte en motivo y variable de interpretación en el ámbito contable de la sangre, forma en la que interactúa con sus partes y las características funcionales de estas.

Inicialmente el autor se ve motivado por las dificultades y discrepancias de la teoría del movimiento sanguíneo de su época desde una perspectiva enteramente nueva por medio del análisis cuidadoso de las vivisecciones, aunque ya se habían realizado anteriormente, le permite plantear hipótesis de este movimiento con el uso de metodologías comparadas y experimentaciones

intencionadas, donde limita sus investigaciones en los procesos fisiológicos a problemas resueltos en el experimento y la cuantificación.

En éste apartado se consolidan reflexiones a partir de los supuestos teóricos y se emprende un viaje para construir experiencias desde las mismas comprensiones que se tienen del fenómeno, desde esta reflexión, la teoría y el experimento están estrechamente relacionadas y al mismo nivel jerárquico. Incluso el mero hecho de organizar las comprensiones involucra relacionar, comparar y generar discusiones dentro del campo a investigar que se ven reflejadas en las múltiples representaciones que se utilizan para formalizar el entendimiento de las mismas.

En esta medida, inicialmente se abordan las características epistemológicas y filosóficas del autor que describen la relación vitalista y mecanicista que estructura su obra como elemento de análisis, posteriormente se caracteriza el proceder experimental como explicación del objeto de estudio y por último se estructuran los elementos que aporta este análisis como ejercicio reflexivo de comprensión.

Caracterización De Las Concepciones De William Harvey

En el siglo XV existe una transición de la edad media al mundo moderno que hace relevante los cambios históricos, evoca la llegada del renacimiento donde se presentan una serie de factores sociales y culturales que configuran un cambio de la cultura clásica. Dentro de esta metamorfosis se comprende una posible configuración del mundo sensible, la aparición de elementos, técnicas y cambios de la estructura social. Esto influyó en considerar una mayor valoración cultural de la experiencia frente a la tradición y de los adelantos técnicos que hizo generar crisis en las perspectivas de predominio teórico, las ideas de progreso hicieron del experimento un elemento clave para articular el proyecto de avance a la disposición técnica del mundo (Barona, 1991, pág. 16).

Desde esta transformación la ciencia se ve afectada y da una nueva relevancia a la *observación de los fenómenos de la naturaleza*. Esta nueva mirada adquiere un valor dentro del estudio de la teoría de conocimiento que no poseía en la antigüedad, hecho que contribuyó a que en el renacimiento la investigación empírica adquiriera un auge particular.

En este sentido, el campo fisiológico consolidó la práctica de disecciones, lo cual propició una revisión de los planteamientos generales que sustentaban los conocimientos morfológicos hasta ahora implementados. Esta práctica de disecciones de cadáveres no sólo se aplicó con intereses de conocimiento, sino también con el fin de evidenciar las diferentes enfermedades que afectaban en el momento, dando origen a las primeras autopsias con esta intensidad (Rinaldi & Fernando, 2008, pág. 20). Este interés por la observación de la naturaleza propició importantes estudios embriológicos aportados por el doctor Fabrizio d'Acquapendente y de anatomía comparada del doctor Volcher Coiters que abrieron las puertas de la experimentación en el estudio de las funciones de los organismos².

Sin embargo, estas disecciones no eran suficientes para aclarar el funcionamiento de los órganos y organismos vivos por lo cual se recurre a las vivisecciones³. Estas nuevas prácticas permitieron el estudio sobre la tráquea, los órganos torácicos, el contenido de los vasos y estuvo muy directamente vinculada a los principales descubrimientos fisiológicos del renacimiento como el de la circulación sanguínea. Estas prácticas propician la transformación radical de los fundamentos aristotélicos-

² *La anatomía comparada establece similitudes entre las estructuras de las distintas especies independientemente de que exista o no una correlación evolutiva. Para poder comparar estructuras éstas deben ser homólogas; Aristóteles figura en la historia como el precursor de los estudios de Anatomía Comparada, ya que distinguió en sus trabajos entre analogía (similares funciones independientemente de la forma y origen) y homología (semejantes estructura y origen independientemente de la función). Sin embargo, el comienzo real como disciplina científica de la Anatomía Comparada se puede decir que surgió a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX en plena ebullición de la corriente filosófica de gran influencia en la vida social, cultural y científica de Alemania, la "Naturphilosophie". En esta etapa la Anatomía Comparada se convirtió en un saber elaborado y sistemático formando parte como disciplina básica de las modernas Ciencias Biológicas" (Montero, 1997, pág. 52); se tiene en cuenta que la presente investigación se desarrolla en el marco del siglo XVI, se asume la postura de anatomía comparada basada en las ideas biológicas Aristotélicas.*

³ *"El término "vivisección" deriva del latín vivus, vivo, y sectio-ōnis, corte, esto es la realización de cortes o disecciones en un organismo vivo. Se ha practicado –con defensores y detractores– en distintos períodos de la historia, tanto en animales humanos como no humanos. En la Antigüedad se realizaron vivisecciones en condenados a muerte o en presos; hoy está claro que esta práctica no es éticamente aceptable" (Alvarez, 2007, pág. 2).*

galénicos de la fisiología tradicional que fortalecen nuevas corrientes de pensamiento moderno (Alvarez, 2007, pág. 4).

Dentro de estas corrientes se hace énfasis en cuatro grandes tendencias en el estudio de los procesos vitales: la interpretación vitalista, una orientación empírica y experimental, sin un claro componente especulativo o teórico, una orientación iatroquímica y finalmente una corriente mecanicista, “*estas corrientes ideológicas dieron lugar a dos tipos de sustrato metodológicos; por un lado el experimento resolutorio de los mecanicistas, postulado por Galileo y defendido por sus seguidores, aspiraba a la comprobación práctica de una idea a priori y su posterior formulación mediante una fórmula matemática dentro de un programa cuyo principal objetivo era alcanzar la matematización de la naturaleza y por otro lado la experiencia simpática o “Erfahrung” de Paracelso y los paracelsitas, la cual, a diferencia de la “experientia”, aspiraba alcanzar el descubrimiento espiritual de la realidad en si misma mediante una comunicación con ella*”⁴ (Barona, 1991, pág. 26).

Bajo estas diferentes transformaciones experimentales se ve inmerso uno de los personajes más representativos de los saberes fisiológicos y polémicos de la época, llamado William Harvey⁵, catalogado como padre de la fisiología gracias a que su trabajo formalizó un proceder desde las dificultades y discrepancias de las concepciones del movimiento sanguíneo de su época, debido a

⁴ La presente investigación tendrá en cuenta las implicaciones que tiene la corriente ideológica mecanicista desde el ámbito experimental, los procesos de comprobación práctica y las formulaciones mediante la matematización de los aspectos fisiológicos.

⁵ William Harvey (Inglaterra en 1578 – 1657), médico y fisiólogo. Estudio en Canterbury y Cambridge. En 1598 viaja a Padua donde se convirtió en discípulo de Fabricio d’Acquapendente, 1602 vuelve a Inglaterra y es nombrado médico del Hospital San Bartolomé de Londres, en 1616 es maestro del curso de anatomía del Colegio de Médicos donde al parecer ya tenía idea de que la sangre se movía del corazón a las arterias y de las venas al corazón, al pasar por los pulmones. Sin embargo, no es sino hasta el año 1628 cuando publica la tesis y la demostración de la circulación de la sangre, en el libro de sólo setenta y dos páginas que tiene un amplio proemio y diecisiete concisos capítulos, donde expone una serie de experimentos titulado en “*Exercitatio Anatómica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus*”, (Ejercicios Anatómicos sobre el movimiento del corazón y la sangre en los animales). A partir de esta fecha el célebre libro se conoció como *De Motu Cordis* (Izquierdo, 1994, págs. III-IV).

que configura una perspectiva enteramente nueva por medio del análisis cuidadoso de los fenómenos que le permite edificar dentro de su proceder, hipótesis de este movimiento con el uso de metodologías comparadas y experimentaciones intencionadas que se denominaron procederes mecanicistas aunque con un punto de vista de la teoría del conocimiento fundamentado en sustentos lógicos Aristotélicos que limita sus investigaciones a problemas resueltos en el experimento y la medida como concepción mecanicista⁶.

Estas características propias agreden directamente en el campo epistemológico núcleos fundamentales de las doctrinas anteriores; Valga la aclaración que Harvey no renuncia completamente a todo lo que en su momento se apreciaba como verdad, como es el caso de consolidar las virtudes del “calor innato” y aun introdujo al ventrículo derecho como fuerza que impulsaba la sangre hacia el pulmón, no alcanzó a reconocer la importancia del intercambio gaseoso que allí ocurría (Escobar, 2006, pág. 204).

Para comprender la forma de proceder de William Harvey es importante clarificar sus explicaciones y supuestos permeados por sus concepciones personales que el presente trabajo clasificará en dos grandes líneas de conocimiento que se identifican e interpretan en su obra, como lo son, el vitalismo y el mecanicismo que, aunque en un principio eran consideradas de enfoques distintos, dieron la consolidación del proceder, interés, finalidad y la condición para explicar las funciones vitales.

⁶ La investigación se centra en William Harvey, no porque sea más o menos importante, sino porque con él se establece un punto de inflexión desde sus análisis en las prácticas experimentales, aunque utilizó prácticas tradicionales como lo es la vivisección, por primera vez no son objeto comprobatorio, sino que es usado como elemento de explicación, y desde este aspecto experimentar implicó replantear e intervenir en él para poder generalizar estas comprensiones, al producir en este sentido fisuras en las doctrinas de la época ([ver contextualización del problema](#))

Interpretación vitalista de William Harvey

Para poder comprender las ideas vitalistas que se arraigan en el discurso de William Harvey el presente apartado realiza una primera descripción del pensamiento vitalista de su época y posteriormente enlaza estas ideas con las que hace alusión su obra.

Fundamentación del pensamiento vitalista

Los planteamientos de esta corriente consistían en postular la existencia de una fuente vital rectora de la vida del funcionamiento íntimo de los organismos vivos, la naturaleza en este sentido se considera en su conjunto desde la acción de su espíritu creador esencial. Por esta razón la realidad del mundo sensible constituye sólo la apariencia de ese mundo ideal que no es otra cosa que manifestaciones del despliegue del espíritu universal.

En este sentido constituye dos componentes importantes del vitalismo en relación con el origen natural de la vida (Barona, 1991, pág. 26):

- La idea de Dios al otorgar a la materia la capacidad de desarrollar reacciones vitales. Todo tejido orgánico gozaría así de capacidad de percepción, de apetito y de capacidad de movimiento catalogadas como reacciones conscientes de las estructuras vivas.
- La concepción del organismo basada en la perspectiva animista, donde el cuerpo y el alma permitía la salvación eterna.

Ideas vitalistas del movimiento sanguíneo en su obra

Harvey subrayó la constante permanencia de las fuerzas vitales en todas las partes de su obra y de este modo, comenzó a centrar su interés en la primacía de la sangre, muy alejado todavía de su descubrimiento de la circulación. La vida animal, en su opinión, era una propiedad de la sangre más que el resultado de la interacción entre los diversos órganos y agentes causales (Albarracín Teulón,

2001, pág. 66). Para él los agentes causales tradicionales “los espíritus y el calor innato”⁷ se reducían a cualidades inseparables de la sangre, en tanto que la consideraba sustancia viva. En este sentido la sangre necesitaba de explicaciones más estructuradas que permitieran dirigir la mirada a un ejercicio completo de análisis, y consideraciones más factibles en términos funcionales como lo es su movimiento. Sin desligar su visión mecanicista y funcional recalca el papel importante de la misma en la vida del ser humano, ya que concibe que los órganos reciben vida a partir de ella, gracias a las aseveraciones consolidadas en las vivisecciones, establecía una estrecha relación entre la pérdida de la sangre con la ausencia de vitalidad y el calor característico como si con ella se fuese la vida misma, la sangre es *per-se* y el resto del cuerpo es un añadido que sirve en virtud de ella:

“En las palabras del propio Harvey en el tratado sobre la generación --Pero la sangre no se ha de llamar la parte primigenia y principal sólo porque con ella se origine el principio de movimiento y del pulso, sino también porque en ella es donde primero nace el calor animal, se engendra en el espíritu vital y se asienta en la misma alma. Porque donde quiera que se halle el instrumento inmediato y principal de la facultad vegetativa, allí es verosímil que se encuentre también principalmente el alma, y de allí deriva su origen, ya que no puede separarse del espíritu y del cálido innato--” (Albarracín Teulón, 2001, pág. 63)

Con respecto a la función del corazón Harvey consideraba que existe sólo para un fin: enviar la sangre a los tejidos, para llevar el aire tanto nutricio como vital. Así, se requiere de la mecánica para que pueda cumplirse el vitalismo (Izaguirre, 2005, pág. 12). La función del corazón está supeditada al impulso de la sangre, la cual es líquida y lleva la vida:

“El movimiento de la sangre nutre, da calor y vigoriza todas las partes, al llevarles sangre más caliente, más perfecta, más vaporosa y espirituosa y aún diría yo, más aumentativa. En las partes (órganos) sucede lo contrario: la sangre se enfría, se espesa, y por decirlo así, tiene que volver al principio, o sea el corazón, al cual regresa como a la fuente u hogar del cuerpo, para recuperarse. Allí, por el calor natural, potente cuanto impetuoso tesoro de vida, vuelve a licuarse y a preñarse

⁷ Los espíritus habían servido para designar a factores que no se lograban ver, ni palpar, ni explicar y mucho menos comprender como fenómenos propiamente dichos, pero cuyas manifestaciones se consideraban apreciables.

de espíritus (que es como si dijésemos de un bálsamo), para volver a ser distribuida”. (Harvey, 1628, pág. 157).

En estas discusiones y afirmaciones se puede apreciar que Harvey no es ajeno a los pensamientos y doctrinas de la época, es más, parte de éstas para consolidar algunas afirmaciones que sustentan su trabajo, sin embargo, ello no implica que no se desligue de algunas posturas con las cuales no comparte como por ejemplo la acción real del corazón, la naturaleza y yacimiento de la sangre y la descripción global del movimiento sanguíneo, en este sentido, parece que para facilitar las explicaciones y que estas permanecieran validadas por la sociedad académica era necesario e imprescindible no desanudar el lenguaje dominante para evitar confusiones.

Interpretación mecanicista de William Harvey

Indiscutiblemente su obra cúlpe se arraiga en la interpretación mecanicistas del proceder experimental de su obra, por consiguiente, debe ser caracterizada de una manera más explícita, para ello se realiza una primera descripción del pensamiento mecanicista de la época y posteriormente se configura estas ideas con las que hace alusión su obra.

Fundamentación del pensamiento mecanicista

A la cabeza del movimiento mecanicista en el tiempo que comprende entre los siglos XVI - XVII se encuentra Galileo Galilei quien a la luz de su proceder permitió la difusión de esta mentalidad cuantitativa de la ciencia de la vida que dio lugar a la formulación de modelos, y representaciones mecánicas o físicas, de un fuerte contenido matemático para explicar el desarrollo de los procesos vitales *“medir lo que sea medible y convertir en medible aquello que todavía no lo sea. Galileo Galilei”*.

En este sentido se constituyen dos componentes importantes del mecanicismo en relación con las concepciones vitales (Barona, 1991, pág. 22):

- Los fenómenos tanto orgánicos como inorgánicos que son el resultado de la ordenación de las partículas más elementales en el vacío, en el caso de los cuerpos animales las partículas

de mayor tamaño configuran los huesos y la carne a materia sólida, mientras que las partículas más sutiles y dinámicas se traducirían en acciones vitales que atraviesan los órganos del cuerpo

- El cuerpo es concebido como un mecanismo ordenado, cuyas funciones son el resultado de la ordenación de las estructuras orgánicas de acuerdo con las leyes físicas que rigen el universo.

Ideas mecanicistas del movimiento sanguíneo en su obra

Harvey consolida desde el proceder sus ideas de organización experimental y de pensamiento, inclusive en algunos momentos se arriesga a hacer manifiesto su molestia en relación con la forma en la que se ha configurado estas prácticas de disección en la época que presentan fallas de operación y lo más contundente las preexistencias de las doctrinas que no permitieron emancipar las investigaciones gracias a que debían adquirir verdades predestinadas.

En este sentido, comprender desde concepciones esencialistas llevaba consigo inquietudes de causalidad y funcionalidad en las estructuras, es por ello que Harvey emprende un viaje a la construcción de explicaciones del movimiento sanguíneo, apartándose de la naturaleza de la misma. En este punto, el permitir un desarrollo de supuestos y procedimientos experimentales con un enfoque diferente permiten la consolidación de ampliar la experiencia teórico-experimental. Justo en este momento se considera que el trabajo mediático entre las corrientes vitalistas y mecanicistas toman gran valor y desde el presente análisis se considera que estas dos afianzan la teoría y experimento como estructuras de igual nivel jerárquico, ya que inicialmente Harvey usa las disecciones como herramientas experimentales comprobatorias que toman matices de interpretación el proveer conjeturas, abordadas posteriormente en conjunto con la experimentación, facilita con ello un análisis más sólido de explicación, las fuerzas vitales pierden toda relevancia como lo hace explícito en algunos momentos de su obra:

“La llama vital que arde en el corazón sería cualitativamente idéntico al fuego común y su misión principal sería la de preparar a la sangre para desempeñar las funciones vitales y proyectarla hacia el torrente circulatorio” (Barona, 1991, pág. 22)

En otras perspectivas de organización, por ejemplo, se observa más allá a toda una gama de animales de sangre roja, incluso en animales como quisquillas, insectos y caracoles, vio que éste era solamente una parte del problema más general del movimiento de la sangre en el cuerpo considerado como un todo, como es el caso de los peces que no tenían pulmones, en las ranas, renacuajos, culebras y lagartos (que se parecían a los peces por tener sólo un ventrículo) y también en los embriones de animales pulmonados, no se planteaban de ninguna forma las doctrinas de considerar que no eran comparables por no ser de la misma naturaleza esencial.

“Si al haber observado en la intimidad de las relaciones que existen entre el corazón, el pulmón fue causa de que se cayera en el error, ello se debe a que los que así los han juzgado han pecado como los anatómicos que, por lo general trata de demostrar o conocer la parte de los animales, se limitan a examinar el cuerpo humano ya muerto. Es obvio que han procedido como el que pretende levantar un sistema de disciplina política, después de no haber examinado más que una sola república, o por el que conocer apenas la naturaleza de un campo determinado se declarase capacitado para opinar sobre la agricultura, porque a partir de una proposición particular no es posible sacar conclusiones sin lógicas universales” (Harvey, 1628, pág. 140)

Su contribución imperante consistió en captar y afirma una gran idea teórica que había sido desarrollada por instancias Galileanas pero que dentro de estructuras fisiológicas habían podido parecer descabelladas para la época “el cuerpo es una máquina y todas sus operaciones deben ser explicadas por los principios y leyes físicos que se aplicaban al mundo inanimado”. Aunque en su obra utilizaba términos como “espíritus”, estos eran meramente materiales y obedecían a las leyes mecánicas; los espíritus y principios específicos encargados en la antigua fisiología de cada función concreta habían sido eliminados (Izquierdo, 1994, pág. 213).

Por estos aspectos la obra de Harvey consolida una rama explicativa y argumentativa que se instaure desde el experimento como fuente de validación y caracterización, se evidencia indiscutiblemente cuando no sólo asume el circuito sanguíneo del corazón a los pulmones y su

regreso, sino que experimental y teóricamente describe minuciosamente la circulación como un circuito de relaciones y partes que se configuran interrelacionándose. Inicia desde el ventrículo izquierdo a través de la arteria aorta y de las arterias periféricas para luego regresar al corazón por la aurícula derecha a través de la vena cava.

Análisis Del Proceder Experimental Como Consolidación De La Construcción De Explicaciones

Harvey emplea el experimento minucioso y riguroso con el fin de describir el proceso del movimiento de la sangre a través de los vasos sanguíneos como consecuencia de los impulsos ejercidos por el corazón “*A lo largo de nueve años confirme mi opinión ante vuestra presencia con muchas demostraciones de las objeciones de los anatomistas [...]*” (Harvey, 1628, pág. 101), estas opiniones fueron publicadas en un manuscrito llamado “*Exercitation anatómica de motu Cordis et Sanguinis in Animalibus*”, más conocido como *De motu Cordis*.

Este compilado de experimentos, creó efectos diversos en la vida de éste médico, bien sea por la aceptación de quienes creían en los sucesos alrededor de sus descripciones, por ser algo transformador desde las concepciones tradicionales y de quienes se negaban a aceptar las aseveraciones descritas en su obra. Para entonces en el siglo XVII, esta tradición estaba enmarcada por el legado de Galeno, quien había enseñado que la sangre se producía en el hígado, de donde se dirigía a la aurícula derecha y luego pasaba al lado izquierdo del corazón a través de un agujero. La funcionalidad del corazón no era para bombear la sangre, sino para calentarla; los pulmones actuaban entonces como fuelles para enfriarla, mientras que consideraba que las arterias tenían movimientos repetitivos y propios, pero con todo esto no se dio cuenta de cómo se movía la sangre ni en qué sentido.

En su obra, Harvey, expone los elementos necesarios para aclarar, verificar, refutar y generalizar los detalles que sus precursores habían pasado por alto en una serie de experimentos, para describir cómo la sangre hace un movimiento en círculo, “*la sangre circula: impulsada por el ventrículo izquierdo hacia la aorta y las arterias, vuelve hacia el corazón por las venas, llega a la aurícula*

derecha a través de la vena cava, pasa a los pulmones y regresa a la aurícula izquierda por las venas pulmonares, donde completa el círculo” (Harvey, 1628, pág. 156)

Esta nueva consideración de movimiento enuncia paso a paso a través de diferentes puestas experimentales, en donde a la vez permite dar cuenta de un gran cambio en la relación con la forma, la anatomía, el movimiento y la función, donde expone a igual jerarquía los supuestos teóricos que emprenden su búsqueda al tratar de entender la dinámica como una consecuencia de la forma anatómica.

En las concepciones y procedimientos de William Harvey darle movimiento a la anatomía, hasta entonces estática y sin vida, con métodos experimentales de intervención consolida una nueva forma de conocer la naturaleza para revelar su actuar constante y describir sus configuraciones naturales.

El eje transversal al análisis del proceder experimental de este personaje, permite adquirir elementos de comprensión a partir de sus descripciones, su forma de actuar frente a una serie de inquietudes y preguntas que consolidan la construcción de los procesos del movimiento de la sangre debido a una reinterpretación en el cambio total de la teoría fisiológica, su estructura anatómica da un nuevo lugar en el sistema de análisis de la particularidad, a construir una visión generalizada de explicación sin distinción animal.

En este sentido, las preocupaciones de William Harvey predisponen un cambio en la forma de ver la sangre, más explícitamente del movimiento, esta nueva estructura se considera importante ya que brinda elementos para la construcción de explicaciones, sin embargo, es necesario hacer lectura de los devenires y formas en las que el autor considera sus supuestos tanto experimentales como teóricos en el desarrollo de sus experiencias, con ello es posible pensar cuáles son esas derivaciones que permiten hablar de tal punto de inflexión, como si fuese un tejido de interrelaciones y condiciones para entender los efectos entre unos y otros, en este sentido, el presente apartado abordar como primera medida las concepciones anteriores al autor para contextualizar las posturas de William Harvey, posteriormente se establece un análisis reflexivo del proceder en la experimentación.

Primeras aproximaciones del movimiento sanguíneo

Describir las concepciones preliminares del movimiento de la sangre, facilita entender las transformaciones en el ámbito metódico y conceptual realizado por William Harvey, ya que este último emplea una nueva forma de analizar el experimento como un artificio idóneo para recoger hechos de observación de datos ininteligibles en sí mismos que son concluyentes respecto al encadenamiento de la fisiología moderna, enfatiza cautelosamente los modos de observarlos e intervenir en estos para propiciar sobre los resultados un proceder particular (Albarracín Teulón, 2001, pág. 37)

Antes de hablar de los procedimientos experimentales de Harvey es importante establecer los hechos y doctrinas regidas durante tanto tiempo para entender el punto de inflexión que se originó por su proceder en cuanto al movimiento de la sangre.

El concepto de la naturaleza, la *physis*, en la época de Aristóteles (siglo V a.C.) estaba enmarcado como “el principio o la causa del movimiento en reposo” que se concibe desde la particularidad común en todo el universo. Desde esta perspectiva, el movimiento de la sangre es vista como una transformación sustancial explicada a través de la teoría humoral que consiste en un conjunto de cuatro elementos (agua, tierra, fuego y aire) y de cuatro humores que constituyen la *physis* del hombre: sangre, pituitaria, bilis amarilla y bilis negra, en donde su proporcionalidad equilibra la salud y la potestad de uno de ellos, da cabida a una enfermedad.

Para Galeno (siglo II d.C.) sus concepciones de movimiento se caracterizaron por considerarse doctrinas que prevalecieron en el tiempo denominadas galenismos hasta el siglo XV. En las concepciones galénicas no existe relación entre la forma y la función de los órganos y emplea el experimento únicamente como elemento comprobatorio dando validez a sus hipótesis fundamentales en relación con la formación de los espíritus y del calor innato. A partir de este juicio el movimiento de la sangre en el organismo animal afirma que (Izquierdo, 1994, págs. 30-32):

- La digestión propicia la realización de la sangre en una primera aproximación en el estómago, donde se producirá la transformación sustancial del alimento en quilo.

- La segunda, transporta el quilo al hígado para dar lugar a la formación de sangre venosa.
- La sangre que se forma en el hígado sigue dos recorridos en direcciones opuestas, una parte se dirige al corazón, y la otra parte a las estructuras periféricas en donde se convierte en carne, llevándose a cabo la tercera digestión.

Para Galeno el movimiento sanguíneo tiene cabida desde la formación de la sangre que se direcciona por la vena cava hacia el lado derecho del corazón, en específico a la aurícula y ventrículo, una porción que pasa a los pulmones para su alimentación a través de la vena arteriosa almacenándose en ellos sin posibilidad de retornar al corazón.

En el siglo XIV Miguel Serveto a partir de sus explicaciones encuentra una concepción errónea de Galeno con su descubrimiento de la circulación pulmonar de la sangre, se considera que sus arraigos religiosos estaban inmersos en todo su discurso. Concibe la sangre como purificador del alma y es allí cuando la sangre que ha quedado en la cavidad derecha del corazón pasa a la cavidad izquierda, para su pneumatización a través del aire que la arteria venosa conduce desde el exterior. Sin embargo, no logra avanzar en la forma en la que pasa la sangre de las cavidades derechas a las izquierdas del corazón, razón por la cual y al igual que Galeno, describe que la sangre se mueve tanto en las venas como en las arterias que configura una direccionalidad continua y sin retorno.

En este sentido, Harvey busca desmentir y aclarar las antiguas conjeturas, como lo enuncia en su obra:

“He venido haciendo múltiples disquisiciones acerca de cuanta podría ser la cantidad de sangre, al hacer algunos experimentos en animales vivos, disecando y abriendo sus arterias. Al observar la magnitud y simetría de los ventrículos del corazón y de los vasos que llegan o salen de este, he reflexionado que la naturaleza que no hace nada en vano, no habría dado inútilmente a esos vasos magnitud tan amplia. Finalmente, he considerado repetida y seriamente, y repasado varias veces en mi mente, el artificio armonioso y exactísimo de las válvulas, de las cuerdas y de lo demás de la fábrica del corazón, así como muchas otras cosas. No podía admitir ni que la cantidad de sangre pudiera proceder del jugo de los alimentos, ni mucho menos que pudiera originarse de ellos en el breve tiempo en que se transmitía. Pensé, además que con ceder tal cantidad las venas quedarían vacías y completamente exhaustas; y que las arterias, con recibirla, se romperían, debido a la

excesiva intromisión de la sangre. Y que todo esto sería así, a menos que fuese la misma sangre la que regresara de las arterias a las venas y luego fuese devuelta al ventrículo derecho del corazón” (Harvey, 1628, págs. 155-156)

Análisis de la actividad experimental de la obra de *Exercitatio Anatómica De Motu Cordis Et Sanguinis In Animalibus* de William Harvey

La obra se ve permeada por concepciones del siglo XV en relación con ideas donde prevalece puntos privilegiados como centro de dependencia, como es el caso del sol desde principio y fundamentos caracterizados en tres preceptos principales del universo visible catalogadas desde la historia de las ciencias:

- El macrocosmos, con el sol en el centro y principio
- El microcosmos, asociado a los organismos animales, cuyo sol es el corazón
- La comunidad política, la Republica, de la cual es el Rey corazón.

Cabe aclarar que estos cánones establecen de cierta manera la magnitud y aspiraciones de su obra a partir de una serie de experimentos intencionados que le van a dar la primicia de explicar la circulación de la sangre de manera general todos los sistemas circulatorios en los animales. Sus observaciones, análisis y conclusiones fueron desarrolladas en diferentes etapas durante nueve años y publicada por primera vez en 1628 en la obra titulada *Exercitatio Anatómica De Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus*.

En la obra de Harvey, se puede describir en sus primeros ocho capítulos que configuran una respuesta a trozos que permite la consolidación de un sistema en general, de manera que la causa del movimiento de la sangre pudiera ser descubierta a partir de sus acciones, este proceder emergió de la duda de los argumentos de Galeno en donde afirmaba que la sangre dejaba el corazón en la diástole y su exposición del pulso arterial. Después de analizar las dificultades de la teoría de Galeno y contrastar observaciones realizadas por otros autores, se centra en demostrar que la

acción del corazón durante la sístole, la naturaleza del pulso y el efecto en el flujo continuo de la sangre por el corazón en diferentes animales, no era sino el resultado de su latido continuo.

En los nueve restantes capítulos describe de manera argumentativa sus observaciones, a partir de corroborar sus hipótesis iniciales del movimiento de la sangre, a continuación, se describen las consecuencias generadas por la interpretación de la fuente primaria:

- Señala que la contracción del corazón era una contracción muscular que se iniciaba en las aurículas y seguía a los ventrículos, esta contracción provocaba la expansión de las arterias.
- La secuencia de la contracción determinaba que se produjese un flujo de sangre desde las venas, pasando por el corazón a las arterias.
- El descubrimiento de las válvulas venosas impedía el retorno del fluido por ser unidireccional y que además era un proceso continuo.

Los experimentos descritos a continuación se han agrupado en cuatro caracteres desde el proceder al intervenir en el movimiento de la sangre y su implicación en el sistema, en este análisis no fue posible caracterizar todos los experimentos realizados debido a su gran magnitud, sin embargo, se enfatizan en los más relevantes:

- Caracterización del corazón en el movimiento
- Caracterización de las arterias en el papel del movimiento
- Movimiento del corazón y de las aurículas
- Comprobación experimental de su descubrimiento

I. Caracterización del corazón en el movimiento: ¿Cuáles son y cómo se hacen sus movimientos?

Con estos experimentos Harvey logra a partir de la observación minuciosa construir una actividad precisa que permite describir las relaciones y hechos específicos de las descripciones del actuar del corazón en la acción del movimiento de la sangre, pone en tela de juicio la vieja doctrina galénica sobre si la dilatación y contracción de corazón y arterias es simultánea o alternativa y si estas laten activamente o se distienden pasivamente por la impulsión de la sangre desde el corazón:

El primer experimento que realiza Harvey es abrir el pecho de múltiples animales para evidenciar sus movimientos y disecciona las cápsulas que envuelven los corazones, donde observa su actividad en el interior y exterior del organismo para describir su endurecimiento y características como fibras y demás en el corazón. En este caso la preocupación del autor estaba enmarcada en describir una serie de elementos característicos del movimiento del corazón, en donde le permite:

- Categorizar animales que considera de fácil observación “Animales fríos” como sapos, serpientes, ranas, caracoles, camarones, crustáceos, almejas y peces pequeños; y animales no fríos como perros y cerdos.
- Caracterizar a partir de múltiples vivisecciones dos estados quietud y movimiento, donde el primero es fácilmente apreciable en los animales fríos, mientras que en los animales no fríos este mismo estado sólo es observable si se encuentran en estado de agonía. Para poder hablar de ello hace uso de sus cualidades, donde el corazón “[...] *es blando, flácido, invernado y abatido como la muerte*” (Harvey, 1628, pág. 118).
- Explicar desde la forma simétrica, tiempos y sensación en el interior y exterior del corazón y los fluidos que lo contienen donde el corazón “[...] *se endereza, y se eleva hacia la punta, de suerte que en este momento hiere el pecho y su pulsación puede ser sentida por fuera y se contrae en todas sus partes y más especialmente hacia los lados, por lo que parece de menor tamaño un poco alargado y más retraído*” (Harvey, 1628, págs. 117-118), desde esta mirada el sentir la pulsación desde el exterior del organismo, permite consolidar la idea particular de contracción y relajación, donde es posible evidenciarlos a partir de los cambios de tamaño.

En el segundo experimento aísla el corazón de una anguila sobre una tabla y con su mano percibe su contracción, este proceder particular muestra que manipula el experimento al extraer del sistema una parte de él, lo cual le permite:

- Buscar analogías para explicar sus formas de ver el fenómeno como el funcionamiento del antebrazo “*asiendo el corazón con la mano, se le siente más duro al tiempo en el que se mueve. Su dureza es como la que se aprecia cuando mientras se abarcan con la mano los músculos del antebrazo, se nota que, al mover los dedos, los tendones se ponen más*

renitentes” (Harvey, 1628, pág. 118), esta forma le permite constituir un lenguaje desde conceptos conocidos para ser más explícito en su explicación.

- Relacionar variables como el color y el movimiento “*Además en los peces y los animales de sangre fría [...] se observa que el tiempo en el que se mueve el corazón su color palidece y que, al parar de moverse, toma un color de sangre más oscuro*” (Harvey, 1628, pág. 118), usar cualidades apreciables como estas permite construir una noción de llenado y vaciado como característica principal del movimiento del fluido.
- Explicar características de estreñimiento, tensión, completitud con el movimiento, en esta misma línea caracteriza morfológicamente el corazón (cónico y alargado) al transformar debido al paso del fluido, constituyen una forma de hacer explícito lo que allí ocurre (sístole y diástole).
- Cuantificar como una necesidad para explicar lo que ocurre en el corazón desde la temporalidad “*se supone que es a un mismo tiempo cuando el corazón hiere el pecho, deja sentir por fuera su latido, se dilata en el sentido de los ventrículos y se llena de sangre, precisamente lo contrario a lo que se ajusta con los hechos, ósea que el corazón se vacía cuando se está contrayendo*” (Harvey, 1628, págs. 119-120), hace que logre refutar uno de los dogmas en relación con la diástole de la época, ya que encuentra que en términos temporales ocurre el proceso inverso “*al parecer lo que es cierto es lo contrario a la opinión más generalmente aceptada, pues, aunque según está se supone que es a un mismo tiempo cuando el corazón hiere al pecho, deja sentir por fuera su latido, se dilata en el sentido de los ventrículos y se llena de sangre, precisamente lo contrario es lo que se ajusta con los hechos, o sea que el corazón se vacía mientras se está contrayendo*” (Harvey, 1628, pág. 119).

Un posterior experimento le permite argumentar sus hallazgos, cuando hiere el corazón en el momento en el que se encuentra en tensión, éste expulsa la sangre y vuelve a llegar al ventrículo, donde adquiere un purpúreo color sanguíneo. En este proceso se interviene el experimento con el objetivo de afianzar la simultaneidad de los movimientos como características principales de cuantificación desde cualidades específicas de causalidad como el engrosamiento de fibras, y la salida impetuosa de la sangre.

El autor hace claridad nuevamente de lo que ocurre en estos movimientos cardiacos, a partir de los supuestos teóricos y experimentales donde decide utilizar otros métodos para observar, en este sentido utiliza instrumentos para penetrar la estructura del corazón de manera más minuciosa, encontrando las siguientes interrelaciones:

- Cuando se produce una pulsación, está simultáneamente genera una tensión del corazón que “eleva la punta”, la sangre es lanzada hacia afuera, y el latido es percibido desde afuera como si golpeará el pecho.
- Al generarse este efecto otras cualidades salen a explicar el cambio morfológico cuando se engrosan las paredes y la sangre sale impetuosa como un efecto de la constricción desde la temporalidad de su salida.

Con estas interrelaciones, Harvey describe los movimientos del corazón a lo que hoy conocemos como diástole y sístole, relacionándolos con cualidades perceptibles como el cambio de color, tamaño y tiempo. En su discurso usualmente se encuentra que habla del corazón, sin embargo, desde estas descripciones y caracterizaciones se refiere exclusivamente al ventrículo izquierdo debido a que su acción emana la salida de la sangre independientemente de su estado.

Aunque habla de estas cualidades como el color en el llenado y vaciado, y la distinción en venas y arterias, no logra explicar la naturaleza de estos cambios de coloración. Debido a su primera caracterización generaliza en los animales de sangre fría estos cambios con mayor certeza que los de sangre caliente⁸.

Se concluye que, en el momento de la relajación, es decir el movimiento diastólico, el corazón permite el llenado nuevamente de sangre, mientras que cuando se contrae, es decir el movimiento sistólico se precisa la expulsión de la misma. Estos movimientos se presentan simultáneamente, donde Harvey lo describe en relación con el movimiento ventricular. Vale aclarar que en este punto los movimientos del corazón son descritos de manera general sin tener en cuenta el tipo de corazón estudiado.

⁸ En este capítulo cambia la forma de enunciar los animales que no son de sangre fría e inicia a nombrarlos como de sangre caliente.

II. Caracterización de las arterias en el papel del movimiento

Harvey retoma los experimentos anteriores, sin embargo, posa su mirada a intereses distintos, en este caso los elementos que describen y explican las venas y arterias, donde contrasta el movimiento cardíaco con estas.

Con el uso del experimento donde abre el pecho de múltiples animales enfoca ahora su análisis en describir el movimiento y pulsación de las arterias, en cuanto a sus formas, tiempos y acción. Esta mirada permite establecer el carácter de causalidad entre los animales y lo enuncia desde una perspectiva lineal, a través de los métodos de vivisección que le permite hablar en términos generales.

Desde esta perspectiva las dependencias y relaciones, estructura una nueva mirada debido a que analiza cada una de las partes y todo el tiempo las está ligando al proceso de movimiento. Posteriormente realiza una serie de experiencias que le permite enfatizar en las siguientes observaciones:

- Cuando el corazón se encuentra realizando una sístole, se tensiona, se contrae y golpea el pecho, esté desencadena una dilatación en las arterias, generando a su vez un pulso al dilatar la vena arteriosa; por su parte el ventrículo derecho se contrae y expulsa la sangre que encierra hacia la vena arteriosa.
- Cuando el corazón se contrae con languidez, el ventrículo izquierdo y las arterias deja de moverse, es decir de pulsar y de contraerse, análogamente ocurre el mismo efecto con la aurícula derecha y la vena arterial.

En un posterior experimento Harvey realiza una arterioctomía donde punza o secciona una arteria cualquiera, justo en el momento en el que el ventrículo izquierdo se contrae, la sangre es expulsada con “ímpetu” a través de la herida; este mismo resultado se presenta al punzar la vena arterial cuando la aurícula derecha se contrae, donde permite protagonizar el flujo como variable de análisis en términos de su funcionalidad y cuantificación que posteriormente se comprueba en el análisis de un caso patológico de un individuo con un tumor altamente pulsátil (aneurisma), justo antes y después de su deceso. En este caso la sangre como flujo es

transversal a todas las interrelaciones, y da visos de su inquietante fascinación por observar más allá de lo observable es decir establecer relaciones más específicas de cada una de sus partes como consolidación de su explicación generalizada. Otro factor que sale a relucir es la incorporación de nuevos términos como ímpetu, término usado por Giovanni Bruno para explicar la cantidad de movimiento como una fuerza o violencia también denominada por Aristóteles para caracterizar el movimiento de los cuerpos, aunque no siendo adoptada en su época, actualmente constituye una forma de investigación.

En otro experimento corta el vaso que conduce la sangre del corazón a las branquias en los peces, desencadenando un efecto de salida del fluido cuando el corazón se contrae al igual que en el experimento anterior, sin embargo, al momento de hacer explícitas sus afirmaciones, el tiempo parece ser una variable importante en esta distinción, al momento de relacionar los eventos como si estos estuvieran enmarcados en la simultaneidad.

De la misma forma intenta dar explicación de la direccionalidad del movimiento sanguíneo por medio del uso de analogías, *“el impulso que es dado a la sangre por el ventrículo izquierdo, resulta del pulso de las arterias, como cuando se le imita soplando dentro de un guante, cuyos dedos entonces se distienden todos a la vez”* (Harvey, 1628, pág. 137), estas relaciones permiten caracterizar con mayor significación la idea de relajación y las implicaciones temporales, como es el caso del movimiento sanguíneo y los pulsos al variar, debido a que se agudizan de manera frecuente, pero mantienen lo que él denomina *“mismo ritmo, cantidad y orden [...] las cosas suceden como cuando al inflar un guante o una vejiga, o al golpear un tambor o una varilla, ocurren al mismo tiempo que el golpe movimientos en ambos extremos”* (Harvey, 1628, pág. 140)

Otro factor dominante en sus explicaciones lo constituye a partir del análisis de un cadáver con una aneurisma en el cuello, ya que comprueba la propagación de las pulsaciones arteriales pues al presentarse esta patología evidencia poco flujo sanguíneo hacia el brazo porque el tumor se ubica precisamente cerca del punto donde la arteria subclavia desciende a la axila, haciendo el pulso débil y muy poco perceptible en el brazo.

El impulso dado a la sangre por el ventrículo izquierdo trae como consecuencia el pulso de las arterias. Lo que Harvey no tuvo en cuenta es que los pulsos arteriales ocurren inmediatamente después del corazón, y la propagación de estos pulsos se mantienen durante todo el recorrido, es decir que el tiempo es el que varía de una arteria a otra, el cual depende del tamaño y la ubicación respecto al corazón que donde se origina el movimiento.

De esta forma, las relaciones y modos de hablar en cada una de sus experiencias permite esclarecer las relaciones venas, arterias y corazón, desde métodos comparativos de observación y la intervención del experimento, obtenidas en animales y patologías específicas que le permiten describir en forma general, las acciones y condiciones temporales que transforman las ideas galénicas que hasta entonces se tenía con respecto a la virtud pulsífica de mantener el calor natural en cada una de sus partes y la relajación arterial que cumple la función de refrescar mediante la cualidad del frío obtenido del aire mientras que su contracción expulsa sustancias residuales.

III. Movimiento del corazón y de las aurículas

En este experimento el autor inicia nombrando a sus colegas Gaspar Bahunin y Juan Rioloano que enuncian cuatro movimientos en el interior del corazón en tiempos distintos, sin embargo, Harvey promulga que son cuatro lugares con dos temporalidades, una en las aurículas y la otra en los ventrículos. Para ello caracteriza los diferentes movimientos cardiacos subdividiendo el corazón, de esta manera logra distinguirlos, *“las dos aurículas se mueven más bien al mismo tiempo y los dos ventrículos simultáneamente, de modo que, aunque sean cuatro los diferentes lugares que se mueven, los tiempos en que lo hacen son sólo dos”* (Harvey, 1628, pág. 126). Estas dos concepciones temporales le permiten al autor enfatizar en la forma en la que observa el movimiento en múltiples animales vivos, aunque persiste la idea de que son cuatro lugares (espacio) en el que se propicia el movimiento, los tiempos son sólo dos, sin embargo, se atreve a establecer una jerarquía del movimiento *“no ocurren con entera simultaneidad, sino que precede*

el de las aurículas y es seguido por el del corazón⁹, pues según toda apariencia, el movimiento principia por las aurículas y luego se extiende a los ventrículos” (Harvey, 1628, pág. 127).

Posteriormente evidencia otro tipo de situaciones de mayor languidez (cuando van a morir) en animales de sangre fría debido al intercambio de estos movimientos *“se intercalan entre estos dos movimientos un intervalo de quietud, durante el cual el corazón se halla relajado, tardío, tendiendo a la muerte, y deja de moverse, aunque luego, como resucitando al movimiento vuelve a contraerse y lo hace como si apenas pudiera mover la cabeza de modo inapreciable, como único signo de respuesta que pudiera dar a la aurícula que pulsa. Por eso cuando el corazón deja de latir antes que las aurículas, se dice que la aurícula le sobrevive” (Harvey, 1628, pág. 127)*

Este tipo de observaciones le permite estructurar la forma de ver ese tendido a la muerte en el caso de los animales con cuatro cavidades donde lo caracteriza de manera que lo primero que cesa es el ventrículo izquierdo, luego la aurícula izquierda, posteriormente el ventrículo derecho y por último la aurícula derecha que parece resistirse a la muerte.

A continuación, realiza un corte de la punta del corazón cuando aún se encuentra unido a su estructura, en la salida de la sangre corta y extirpa un segmento para comprobar la independencia de su movimiento. En esta experiencia particularmente hace explícito la forma de intervenir la puesta experimental, pone en juego los supuestos teóricos donde considera las ideas erróneas de sus colegas. Las formas en la que argumenta sus observaciones es de manera detallada y explícita, dando relevancia a su principal objetivo al construir la direccionalidad de la sangre en el interior del corazón, con cada pulsación sale sangre del interior de la aurícula y se dirige al ventrículo, este establece una direccionalidad del fluido que no es causal de posible atracción, sino que la contracción inicial de las aurículas va seguida de los ventrículos, es decir que cuando hay una contracción en las aurículas se evidencia un “palidecer” donde no se desaloja completamente la sangre de las aurículas. La forma en la que se llena es análoga a la de *“un depósito de sangre a lo*

⁹ Harvey llama corazón al ventrículo izquierdo.

que ésta baja por si sola al ser comprimida hacia el centro por el movimiento de las venas; en donde la contracción hace que la palidez sea máxima, es en sus bordes y extremos” (Harvey, 1628, pág. 128).

En esta medida los animales de sangre fría sólo tienen un ventrículo, la aurícula es una especie de vejiga repleta de sangre, asentada sobre la base del corazón, la cual es la primera en contraerse, luego el ventrículo, sin embargo, estas características evidencian un patrón analógico de comportamiento como los de sangre caliente, ya que, sin importar la estructura de los mismos, mantienen esta misma organización.

Esta experimentación permite evidenciar sus supuestos teóricos de las ideas erróneas de Galeno, ya que con estos nuevos análisis permite consolidar un argumento en contra de la visión animista de Galeno en relación con la virtud pulsífica y la purificación en el calor innato, al no encontrarlo como fuente del movimiento. Adicional a ello establece la direccionalidad del movimiento sanguíneo debido a la forma en la que se estructura el llenado en las cavidades ventriculares.

Debido a las características encontradas en sus diferentes experiencias, el autor experimenta con el corazón de una paloma (muerta) de tal forma que al intervenir en él adquiere nuevamente el efecto del movimiento ventricular, durante cierto tiempo mantuvo apoyado el corazón con un dedo caliente y humedecido con saliva, las aurículas y ventrículos adquirirían “fuerzas” recuperadoras de vida, inicialmente intenta explicar el acontecimiento en términos de humedad y calor innato, ya que no encontraba otra causalidad a tal automatismo. En esta misma línea, analiza el embrión de un pollo y el del ser humano tratando de ver el origen de la acción en los latidos.

Durante los primeros siete días de incubación de un huevo *“tan pronto como se desarrolla y se forma el pollo, aparece en él una gota de sangre que palpita, de la cual se forman las aurículas del corazón que ya palpitan de continuo, por la vida que encierran. Cuando después de pasados otros días ya empieza a verse que el cuerpo se delinea, también se forma el cuerpo del corazón que por entonces aparece tan pálido y exangüe como el resto del cuerpo y sin latir sin moverse”* (Harvey, 1628, págs. 129-130), en este sentido, Harvey argumenta que lo primero en vivir del

corazón son las aurículas como también es lo último que muere y lo descubre en la obra de Aristóteles “Primum movens y ultimum moriens” que se evidencian en sus descripciones anatómicas y es en una de sus partes donde se origina la actividad cardíaca. (Izquierdo, 1994, pág. 28)

A partir de estos experimentos, pone en evidencia el automatismo del corazón al descubrir nuevos mecanismos en la medicina que facilitan posteriormente la reanimación cardíaca.

IV. Argumentación del movimiento y cantidad de la sangre

Después de describir experimentalmente el movimiento del corazón y de los vasos sanguíneos en su acción pulsátil frente al movimiento de la sangre, se centra en describir y demostrar las discrepancias con la cantidad de sangre que pasa de la vena cava al corazón y a las arterias, ya que ésta es superior a la cantidad del alimento ingerido. Para ello hace un cálculo matemático donde realiza un conteo de la cantidad de fluido expulsado del corazón el cual es de aproximadamente seis gramos de sangre, en términos de treinta minutos el corazón late unas dos mil veces, esto equivaldría a que el corazón expulsa doce kilogramos de sangre, cifra muy superior a los alimentos que se ingieren y que se supone – según Galeno – son transformados en el hígado, además en las arteriostomías ya realizadas la unidireccionalidad del curso fundamenta que existe un flujo continuo de no retroceso.

Para poder comprender esta última afirmación fue necesario argumentar el flujo continuo e ininterrumpido de la sangre para llegar a todos los miembros y partes del cuerpo, ya que el pulso de las arterias propicia el paso de una cantidad mayor de esta. Al ligar el brazo por encima del codo, observa las características como hinchazón de los vasos sanguíneos del antebrazo, las alteraciones de los pulsos en los pliegues, los cambios de temperatura y color que se perciben cuando es liberado de la ligadura.

Aunque ya logra evidenciar el origen circulatorio del fluido era necesario argumentar el recorrido y demostrar que las venas vuelven a llevar la sangre desde cada parte del cuerpo al

corazón, y lo hace de manera continua a través de las válvulas que impiden el reflujo sanguíneo. Para ello introduce un estilete desde la raíz de las venas hacia las pequeñas ramificaciones en las mismas, las válvulas que allí se encuentran y que no son perceptibles a simple vista, le impiden empujarlo más allá de ellas, luego lo hace de modo contrario y descubre la facilidad como este entra. La existencia de estas particularidades (válvulas) le permite comprobar la razón de una direccionalidad y por consiguiente su función en el curso de la sangre.

Teniendo en cuenta este hallazgo, realiza nuevamente el experimento de la ligadura en el brazo y observa que en ciertos intervalos aparecen unos “nódulos o tubérculos”, producidos por las válvulas que impiden el retorno de la sangre, cuando se oprime con el dedo las venas se hinchan en sentido distal y sucede lo contrario en sentido proximal.

Harvey argumenta su tesis quedando demostrado así la circulación mayor, la función del corazón y sus movimientos y finalmente la funcionalidad del fluido sanguíneo.

Caracterización del punto de inflexión de William Harvey como elementos de análisis

Los procedimientos, preocupaciones, disposiciones y manifestaciones de William Harvey en su obra consolidan un cambio en la forma de ver el movimiento sanguíneo brindando elementos de comprensión y explicación, ya que permite establecer una nueva relación entre el sujeto que conoce con el objeto a conocer. Al hacer lectura de los devenires y formas en las que el autor considera sus supuestos tanto experimentales como teóricos en el desarrollo de sus experiencias, se considera las

derivaciones que permiten hablar de tal punto de inflexión¹⁰, como si fuese un tejido de interrelaciones y condiciones para entender los efectos entre unos y otros¹¹.

Desde esta mirada, la presente investigación caracteriza algunos aspectos del movimiento sanguíneo de William Harvey que se consideran pilares dentro del ámbito epistemológico como fuente de transformación en el campo de las comprensiones y los procedimientos experimentales del siglo XVII, ya que significan la ruptura de doctrinas de la ciencia clásica. Se destaca los principales aspectos que afianzan los criterios de análisis de orden experimental y didáctico por los cuales se orientan la lectura del proceder experimental de su obra y los elementos que permiten configurar la puesta experimental de las ciencias naturales en el aula:

- a.* El análisis cuidadoso de los fenómenos logra consolidar la observación como fuente de análisis generadora de hipótesis y en algunos momentos verificadora de verdades¹².

¹⁰ Un punto de inflexión en el ámbito matemático es un punto cuya definición estructura un cambio en la función que genera una nueva trayectoria con características distintas de posición e interpretación, en este sentido, la presente investigación considera un cambio de estructura teórica y experimental que evocan unas fisuras en el ámbito de comprensión gracias a los métodos experimentales empleados.

¹¹ Sustituir una idea de explicación no era una tarea fácil debido a que no bastaba con plantear una visión sin ningún tipo de sustento que rompiera con las estructuras fisiológicas determinadas, por consiguiente, era necesario plantear y obtener condiciones y argumentaciones que permitiesen justificar sus ideas, es lo que lleva al autor a recurrir a métodos experimentales no ortodoxos en la resolución de problemas a aquellas construcciones erróneas de las doctrinas galénicas. En este sentido, pierde validez sus ideales vitalistas y se enmarca en técnicas de observación, deducción, interpretación e intervención experimental denominadas en esta tesis como instancias mecanicistas que propician un punto de inflexión en el proceder experimental.

¹² Máximo valor epistemológico de la autopsia, entendida esta en su sentido literal como “observación realizada por uno mismo”. Un apoyo importante de su doctrina fue la observación de que en los animales vivos durante la sístole se producía el vaciado total de las cavidades cardíacas.

- b.** El uso de experimentos intencionados que permiten construir hipótesis y modelar como instrumento de representación en el proceso de deducir lógicas explicativas y comprobar razonamientos iniciales¹³.
- c.** Uso del experimento a partir de razonamientos cuantitativos que permite explicar, argumentar y deducir las diferentes construcciones conceptuales¹⁴.
- d.** Permitir las explicaciones a partir de razonamientos de orden teórico y experimentales en la toma de decisiones de las diferentes hipótesis planteadas que le permiten estructurar una idea de circulación generalizada, donde todas las partes la constituyen.

Por medio de este método y sin dejar de apoyarse de los resultados obtenidos de las vivisecciones realizadas, Harvey fue estructurando de forma metódica cada uno de los detalles de su proceder y constantemente manifiesta sus reflexiones y relaciones puestas dentro del marco experimental como teórico, con ello logró formar una fuerte solidificación para su magna tarea de reunir los elementos necesarios para aclarar, verificar, refutar y generalizar los detalles que sus precursores habían pasado por alto, ya sea por adoptar sus doctrinas o porque no pudieron explicar debido a la deficiencia de sus métodos experimentales.

A partir de estos puntos de inflexión como elementos de análisis se sintetizan para configurar aspectos como objeto de estudio en el diseño e implementación de la ruta de aula:

¹³ Además de permitir intervenir en los elementos (partes) de la circulación sanguínea en sus vivisecciones tuvo un gran apoyo en la fisiología comparada de los invertebrados, peces, reptiles y mamíferos. En todos ellos advierte Harvey una unidad funcional caracterizada por el transporte de sangre hacia el corazón a través de las venas y la distribución de sangre por las arterias hacia la periferia ([ver Análisis del proceder experimental](#)).

¹⁴ Hubo un apoyo del cálculo numérico, mediante una simple operación aritmética, Harvey calculo la sangre bombeada en cada contracción sistólica, la multiplico por el número de contracción del corazón cada media hora y llego a la conclusión de que durante ese tiempo el corazón impulsaba uno treinta litros de sangre. Ello reforzó su idea de que era imposible que toda esa masa de sangre fuese elaborada en el tiempo por el hígado a partir de los alimentos ingeridos, tal y como pretendía la fisiología galénica. Por otra parte, tampoco era razonable pensar que toda esa masa de sangre se convirtiera en carne y de ahí dedujo la existencia de un movimiento circular.

ELEMENTOS DE ANÁLISIS

A.	- Observación como fuente de análisis
B.	- La necesidad del planteamiento de experimentos intencionados - Uso de modelaciones para explicar y comprobar racionamientos
C.	- Cuantificación como una posibilidad para argumentar
D.	- Uso de explicaciones teórico-experimentales - Uso de comparaciones para generalizar

Tabla 1. Elementos de análisis

Capítulo 3

¿CÓMO SE MUEVE LA SANGRE? UNA RUTA DE COMPRENSIÓN EN EL AULA

No es el conocimiento, sino el acto de aprendizaje, y no la posesión, sino el acto de llegar allí que concede el mayor disfrute. Carl Friedrich Gauss

El presente capítulo estructura una descripción y análisis de la propuesta docente que se constituye a partir de las diversas reflexiones que se realizan en torno a los textos primarios del proceder experimental en la construcción de explicaciones del movimiento sanguíneo, desde la lectura de William Harvey.

La ruta de aula se diseña e implementa para un grupo de diez estudiantes de grado séptimo (sus edades oscilan entre 12 y 14 años) del colegio Cardenal Sancha, ubicado en el barrio la Calleja de la localidad de Usaquén, su estrato socioeconómico esta entre 3 y 4 nivel. Esta institución educativa es de carácter privado y mixto, con jornada única, modalidad académica preescolar, básica y media. Fundamenta su filosofía en los valores evangélicos, bajo la doctrina de la Congregación Hermanas de la Caridad del Cardenal Sancha, y de las exigencias científicas y tecnológicas del mundo actual.

El Proyecto Educativo Institucional se sustenta en la formación de niños y jóvenes tolerantes, respetuosos, alegres y bondadosos para la construcción de un mundo mejor y proyecta mantenerse como una institución de alto nivel educativo con estrategias permanentes para incentivar el avance del conocimiento en los diferentes campos del saber, con una educación integral, humanista, cristiana y pedagógica apoyados en la familia y el recurso humano competente. La institución cuenta con espacios que fomentan el desarrollo de diferentes actividades: aulas, laboratorios, aulas especializadas dotados con elementos electrónicos que facilitan los procesos de enseñanza. Una característica de la población estudiantil es su criticidad al momento de dar explicaciones frente a los fenómenos naturales abordados en las clases de ciencias naturales.

El objetivo principal de esta ruta de aula es constituir una reflexión del quehacer docente para comprender y establecer las implicaciones que tienen estos elementos del análisis del proceder experimental en los procesos de enseñanza del movimiento sanguíneo en las clases de ciencias, para ello se establecen cuatro grandes guías que se realizan en busca de consolidar las reflexiones pedagógicas como reconstrucción del movimiento sanguíneo:

- **¿La sangre se mueve?** Identifica por medio de indagaciones y experiencias la sangre dentro de un sistema dinámico. El presente se divide en cuatro momentos que permiten la indagación y experiencia para concebir el movimiento de la sangre.
- **¿Qué hace que se mueva la sangre?** Se caracteriza el movimiento del corazón dentro del circuito sanguíneo. Para ello se disponen de cinco momentos que permiten esquematizar una ruta de explicación y caracterización del movimiento cardiaco.
- **¿Hacia dónde se mueve la sangre?** Se formaliza la caracterización de las arterias y venas en el papel del movimiento sanguíneo. Para ello se disponen de cuatro momentos que permiten esquematizar una ruta de explicación, funcionalidad y descripción de estas en relación con la sangre.
- **¿Cómo se mueve la sangre?** Se consolida el movimiento sanguíneo a partir de las diferentes interrelaciones anteriormente estudiadas con el fin de propiciar un concepto de circuito sanguíneo.

Descripción De La Ruta ¿La Sangre Se Mueve?

La propuesta consta de actividades que permitan fortalecer y afianzar la intencionalidad, aunque está diseñada en guías enumeradas no poseen un orden específico para ser desarrolladas ya que cada una desenvuelve una de las partes para formar un todo que corresponde a la síntesis de los mismos, inclusive las actividades se plantean para dar soluciones específicas experimentales y conceptuales, pero los desarrollos, modelaciones y actividades son un ejercicio constructivo y propositivo de los estudiantes que se configuran a partir de los cuestionamientos planteados en cada uno de los momentos. Esta mirada pretende consolidar la concepción de movimiento sanguíneo sin tener en

cuenta otras profundidades como la transformación de la sangre, la acción bioquímica y eléctrica del corazón ([Ver Anexo A](#)).

Como estrategia de recolección de datos se han organizado los diferentes esquemas realizados y grabado todas las sesiones con el fin de reflexionar a partir de las diferentes comprensiones, propuestas y explicaciones de los estudiantes, desde los elementos de análisis desarrolladas en la lectura de los puntos de inflexión del proceder experimental de William Harvey como ejercicio reflexivo que se retoman a continuación:

- Observación como fuente de análisis
- Uso de modelaciones para explicar y comprobar racionamientos
- La necesidad del planteamiento de experimentos intencionados
- Cuantificación como una necesidad para argumentar
- Uso de explicaciones teórico-experimentales
- Uso de comparaciones para generalizar


El presente apartado se estructura de tal manera que permite describir los respectivos momentos acompañados de los hallazgos y registros, posteriormente se organizan para emprender un camino en consolidar una reflexión para establecer las implicaciones que tienen estos elementos del análisis del proceder experimental en los procesos de enseñanza del movimiento sanguíneo en las clases de ciencias.

¿La sangre se mueve? El carácter dinámico de la sangre.

Esta primera etapa que dura noventa minutos, se divide en cuatro momentos en los cuales se pretende reconocer las ideas que tienen los estudiantes de movimiento sanguíneo e identificar qué les permite hablar de ello, en este sentido, cada una de las actividades permiten una continua socialización, argumentación y explicación de lo ocurrido, el docente guía el proceso con preguntas para tal fin.

En el primer momento se realiza una indagación de las ideas que tienen los estudiantes en relación con el movimiento de la sangre, para hacer énfasis en los cuestionamientos ¿La sangre se mueve?, ¿Cómo se evidencia el movimiento?; en el segundo momento se pide a los estudiantes

colocar una banda de caucho alrededor del dedo, con el fin de describir características que evidencien el movimiento sanguíneo. Para señalar más apreciaciones se les solicita ahora colocar un torniquete en la altura superior del pliegue del codo de un compañero y que a su vez apriete un objeto (tubo o barra); un tercer momento les permite evidenciar otras cualidades del movimiento al hacer presión con un dedo sobre un vaso sanguíneo en la parte distal y proximal del pliegue del codo, para explicar la observación y argumentar la situación. En el cuarto momento para evidenciar la comprensión del movimiento se retoman las preguntas iniciales; ¿La sangre se mueve?, ¿Cómo se evidencia el movimiento?, ¿Qué otra experiencia podríamos realizar para evidenciar el movimiento de la sangre?

<i>Intencionalidad</i>	<i>Registro</i>	<i>Acontecimientos en el desarrollo de la actividad</i>
<p>En esta primera etapa se espera poder identificar por medio de indagaciones y experiencias su concepción dinámica de la sangre por medio del uso del lenguaje, relaciones y cualidades que les permiten hablar de ello (Debido a que no se puede generar una observación de manera directa, es indispensable rastrear las concepciones a partir de estas cualidades. Con las que se pretende estructurar el discurso en las otras etapas de implementación).</p>	<p>Primer momento</p> <p><i>“la sangre es impulsada por el corazón”</i> Juan Esteban <i>“la sangre se mueve porque es necesario llevar nutrientes a todo el organismo”</i> Juan Pablo <i>“con el movimiento que se siente en las venas”.</i> Thomas <i>“por el pulso que hace el corazón para mover la sangre”</i> Sofía <i>“presencia del movimiento está relacionada con el movimiento del cuerpo, sin sangre no es posible movernos”</i> Valentina</p> <p>Segundo momento</p>  <p><i>“la sangre que circula por el dedo dejo de pasar por la punta, porque el caucho lo tranca, se sientes las pulsaciones de la sangre. Después de cierto tiempo duele, la punta del dedo se torna rojizo y después morado, el dedo se pone helado y al quitar el caucho deja la marca”</i> María Paula <i>“Siento que la sangre se detiene por la presión del caucho, lo siento frio y rojo, siento que la sangre se detiene, siento dolor”</i> Thomas <i>“Se debe a la falta de oxígeno y por esto se ve como el dedo se va ahogando y la temperatura es”</i></p>	<p>En este primer momento se inicia el dialogo con los estudiantes a partir de la pregunta ¿La sangre se mueve?, los estudiantes manifiestan la razón por la cual se mueve, más no le es posible argumentar su acción de movimiento, como es el caso de hablar en términos de necesidad, funcionalidad, entre otros.</p> <p>Posteriormente se encamina a seguir indagando en relación con lo que ellos comprenden del movimiento sanguíneo donde generan relaciones con su experiencia y utilizan conceptos como el pulso, vibraciones, entre otros.</p> <p>En esta etapa los estudiantes manifiestan el movimiento sanguíneo con cualidades y sensaciones como el color, presión, sensación térmica, rigidez y dolor. Utilizan en su lenguaje cualidades que le permiten contar que hay una dificultad de ese paso que disponen como sangre, debido a la experiencia que tienen al haberse cortado en alguna parte del cuerpo.</p> <p>Para dar una explicación de estas cualidades utilizan conceptos al parecer no elaborados como el oxígeno en las células.</p> <p>En la segunda propuesta se evidencia que cambia la forma de manifestar sus</p>

porque la sangre es cálida y como casi no llega se va enfriando” Juan Pablo

“La coloración se deben a que la temperatura del dedo baja y la temperatura se ve porque no está fluyendo y no se conecta con el resto de la sangre del cuerpo por lo tanto se enfría” Juan Esteban

Tercer momento

“Las venas se ven más, el brazo se empieza a poner rojo y luego morado y no se sienten las pulsaciones, el brazo se siente adormecido” Daniela



“Se empieza a adormecer, cambia el color instantáneamente y ya no se siente el pulso” Karina



“ya que el torniquete está haciendo presión la sangre no circula por todo el brazo y por esta razón se evidencia los cambios” Daniela

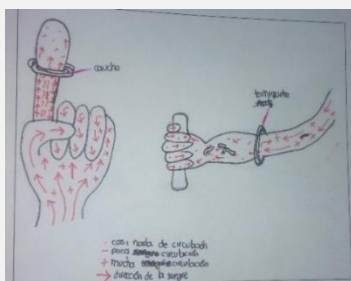
“porque la presión del guante no puede bajar la sangre y por lo tanto el brazo baja su temperatura por la falta de circulación de sangre fresca” Juan Esteban

“Siento cuando las venas se elevan como si se acumulara” Sofía

“La vena se siente dura y como si quisiera salir” Thomas

“Mi compañero dice que tiene hormigueo y que le duele, en cambio yo veo como si ganara fuerza las venas” María Paula

Cuarto momento



características gracias a las observaciones realizadas como el engrosamiento de venas, enuncian cambio de color y temperatura, adormecimiento y pierde relevancia el pulso por no evidenciarse su presencia.

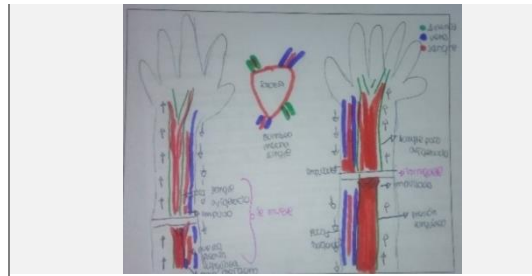
Cuando se pregunta a los estudiantes una posible explicación de lo que ocurre cuando hay obstrucción, argumentan que es culpa del torniquete, expresan esta ligadura por medio de presión, acumulación, falta de circulación.

En este punto es indispensable resaltar que las cualidades y acciones como el pulso y el oxígeno pierden protagonismo en el lenguaje de los estudiantes, con más claridad y certeza hablan de una acumulación de este movimiento.

Cuando los estudiantes tienen contacto con las características visibles (tocar los vasos sanguíneos) en la presencia de la obstrucción, explican ya no enfatizando en las sensaciones, sino que la observación toma más fuerza en los modos de hablar, permitiendo consolidar una idea más estructurada de la acumulación sanguínea como característica del movimiento, como es el caso de las venas se elevan, yo veo como si ganará fuerza.

Los estudiantes representan su experiencia confirmando la idea de acumulación, adicional a ello ubican la direccionalidad para poder mostrar el movimiento, aunque en su discurso no se evidencia la diferencia de venas y arterias, el dibujo plasma las convenciones, colores y estructuras de estas. Se puede notar en ellos la experiencia del engrosamiento de venas y la cantidad de sangre que puede tener.

Al retomar las preguntas iniciales para retroalimentar el trabajo realizado: ¿La sangre se mueve? En esta socialización es



“la sangre tiene que irse transportando por los vasos sanguíneos, pero si el corazón no lo impulsará no habría movimiento” Santiago

“la sangre si se mueve, porque si no lo está pasaría como evidenciamos cuando colocamos el torniquete, nuestro cuerpo estaría morado, frio...”
Juan Esteban

“la sangre si se mueve ya que vimos en los diferentes tipos de torniquetes que la sangre se estanca y el cuerpo se enfría y cambia la temperatura y el color” Juan Pablo

“Se evidencia que al no moverse se torna pálido y morado y el no tener movimiento no hay pulsaciones con fuerza” Valentina

“El no movimiento de la sangre se puede evidenciar de color morado por la obstrucción”
Thomas

“Hacer adormecer una parte del cuerpo y evidenciar cuando se va despertando” María Paula

“Cuando cambiamos de actividad física” Juan Pablo

posible evidenciar que la actividad ha cambiado la forma en la que se conceptualiza el movimiento, ya no tiene cabida el oxígeno, las células y los nutrientes, sino se centran en explicar en torno al movimiento.

Las cualidades les permiten a los estudiantes caracterizar si la sangre se encuentra en movimiento o no, cuando enuncian la temperatura o el color.

Finalmente evidenciar el movimiento desde su perspectiva, implica retomar argumentos basados en la experiencia tanto del uso de sus sentidos como elementos de observación y concluyentes desde la interpretación que tienen del fenómeno debido a la obstrucción.

Tabla 2. Análisis y resultados primera guía ¿La sangre se mueve?

Esta primera unidad, permitió indagar las relaciones con las cuales los estudiantes argumentan el estado en movimiento de la sangre donde se forja un dialogo de interacciones y razones de entender un sistema dinámico, en las primeras aproximaciones, las respuestas estaban sujetas a sus funcionalidades y necesidades como nutrientes, transporte de oxígeno, vida, entre otras. Posteriormente se establecen dos experiencias, la primera es colocar una banda de caucho en un dedo, en donde sus explicaciones se basan en conceptos que ya conocen como pulso, vibraciones, irrigaciones y otras en términos de la observación como colores, aumentos y disminución de temperaturas e incluso dolor, sin embargo, éstas no son suficientes para poder hacer explicitas sus afirmaciones iniciales.

En una segunda experiencia colocan un torniquete en el dedo y en el brazo, donde generan construcciones más elaboradas (pero no concluyentes), en términos de las cualidades anteriormente enunciadas y se agregan otras de carácter morfológicos como rigidez del brazo, engrosamientos de las venas y presencia o ausencia de las pulsaciones. Este nuevo lenguaje descriptivo hace explícito sus observaciones donde toman un valor al hablar del movimiento u obstrucción del fluido sanguíneo, pero en algunos momentos parece que el oxígeno, nutrientes y demás se niegan a salir de los discursos, como si se tratase de algo imprescindible cuando se trata de sangre.

Cuando argumentan sobre las experiencias, los estudiantes expresan que son las ligaduras las que generan la acumulación e impiden el paso de la sangre en movimiento, sus explicaciones en este punto, muestran que, aunque no les es posible hablar en sí del movimiento, las cualidades como manifestaciones esclarecen la idea dinámica y los conceptos iniciales como oxígeno y nutrientes pierden todo protagonismo en la explicación, vale aclarar que no existe una distinción de venas y arterias, e incluso la direccionalidad no parece ser un problema. En una segunda socialización por medio de esquemas plasman las convenciones, colores y estructuras que evidencian en sus observaciones, se fortalece la idea de engrosamiento por acumulación y convenciones como flechas para indicar cómo es este proceso, la actividad ha cambiado la forma en la que se conceptualiza el movimiento, se centran a explicar únicamente la acción de movimiento, dando razones desde las cualidades como expresiones de este.

¿Qué hace que se mueva la sangre? Movimiento del corazón dentro del circuito sanguíneo

Esta segunda etapa que tiene una duración de doscientos cincuenta minutos, se divide en cinco momentos en los cuales se pretende plantear y replantear las ideas y representaciones de los estudiantes por medio de las observaciones y exploraciones del movimiento del corazón dentro del circuito sanguíneo. En esta instancia la observación les permite interpretar y reconocer los movimientos de relajación y tensión del corazón, esta nueva herramienta permite modificar la idea

de un sólo movimiento en el ventrículo y la diferencia temporal con la aurícula, en cada una de las actividades los estudiantes socializan, argumentan y explican lo ocurrido, el docente guía el proceso con preguntas para tal fin.

Inicialmente se les pide a los estudiantes modelar lo que conocen del corazón, para ello se les entrega una serie de materiales como balones transparentes de plásticos con orificios y mangueras de diferente diámetro y una cubeta con agua coloreada, para construir un artefacto análogo al corazón. Para comprobar su utilidad deben simular sus movimientos al colocar las boquillas de las mangueras dentro de la cubeta con agua, en consecuencia, se hace necesario la exploración de un corazón de res, donde los estudiantes hacen una descripción de su estructura con el uso de dos jeringas con agua de diferente color para ser vaciada en cada uno de sus orificios y así generar conjeturas acerca de la estructura interna del corazón, la forma de sus orificios y sus comunicaciones.

A partir de sus conjeturas, en el tercer momento modelan con el material (balones y mangueras) un artefacto que funcione como el corazón de res, para esto demuestran su funcionalidad al colocar las boquillas de las mangueras en dos cubetas de agua de diferente color, se pretende también que el estudiante analice y determine si este modelo es apropiado o no para representar la estructura del corazón.

Y finalmente en el cuarto y quinto momento los estudiantes observan un video en cámara lenta de los movimientos del corazón de una rana y representan gráficamente desde sus estructuras y sus funciones, y posteriormente proponen un modelo ideal del corazón donde el agua de colores no se combine.

<i>Intencionalidad</i>	<i>Registro</i>	<i>Acontecimientos en el desarrollo de la actividad</i>
<p>En este segundo módulo se analiza las representaciones tanto verbales como esquemáticas en relación con las interpretaciones y comprensiones que tiene el estudiante.</p> <p>Este proceso de expresar las ideas con materiales (modelar) permite afianzar, reestructurar o replantear las ideas inicialmente descritas.</p> <p>Otro aspecto a identificar es que a partir de cuestionar las organizaciones prescritas se analizan las posibles soluciones a estos problemas.</p>	<p>Primer momento</p> <p><i>“los latidos del corazón”</i> María Paula <i>“El corazón es el que hace que se mueva debido a los latidos”</i> Santiago <i>“el impulso del corazón”</i> Thomas <i>“El corazón es como un motor que hace que se mueva”</i> Sofía</p> <p>Segundo momento</p> <p><i>“Cuando oprimían el balón el agua se liberaba y cuando lo soltaban el agua entraba al balón”</i> Daniela</p> <p><i>“cuando se aprieta se expulsa y cuando la soltamos el agua se quedaba ahí”</i> Karina</p> <p><i>“cuando apretamos es como sístole y cuando no se oprime es diástole”</i> Santiago</p>  	<p>Inicialmente se inicia un dialogo con la pregunta ¿Qué hace que se mueva la sangre? los estudiantes describen el corazón como el causante del movimiento de la sangre. A partir de esos argumentos representan la acción del corazón como el motor del movimiento, posteriormente con el uso de materiales modelan los movimientos que conocen del corazón</p> <p>Los estudiantes exploran con las mangueras, el balón de plástico y el líquido coloreado e intentan explicar cómo hace que se mueva.</p> <p>Manifiestan su experiencia, a partir de los movimientos del modelo construido por ellos, donde al accionarlo evidencian un llenado y vaciado, asociándolo con los movimientos cardiacos que conocen y la acción del movimiento de la sangre.</p> <p>Al momento de representar la experiencia, realizan esquemas donde muestran la direccionalidad del ingreso y la salida del fluido, en simultaneo con los movimientos del balón. Dentro de estos muestran relaciones importantes como el llenado y el vaciado, algunos de ellos muestran en los dibujos que el vaciado no es total, aspecto muy importante para construir la concepción en el corazón posteriormente.</p> <p>En la exploración del corazón de res, los estudiantes interactuaron al tocarlo, mirarlo, e introducir objetos, algunos de manera espontánea soplaron por los orificios para evidenciar sonidos, esto les permitió identificar características en términos cualitativos como las formas del corazón, de sus orificios y tamaños, y cuantitativo como el número de orificios.</p> <p>Al usar las jeringas y el agua de colores, e inyectarla por los orificios, observaron qué pasaba y manifestaron los conductos, tamaños y características</p> <p>En este apartado podemos ver que los estudiantes logran establecer las conexiones en el interior del corazón, realizan distinción y ubicación de manera espacial dentro del sistema. Inclusive de manera anecdótica cuentan su experiencia</p>

Tercer momento



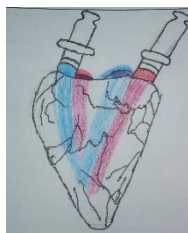
“Empezamos a buscar orificios al encontramos inyectamos agua de color azul y roja y encontramos conexiones, al inyectar por un orificio el agua azul esta salía por otro orificio, al inyectar por un orificio el agua roja salía por otro orificio. Pues yo creo que para que el agua pase de un orificio a otro hay ciertos conectores (túneles) que llevan y conectan estos orificios” Sofía

“Cuando empezamos con el agua filtrándola por el primer orificio no se alcanzaba a notar muy bien por cual orificio salía, así que proseguimos con liquido rojo y azul y se puede apreciar que el lado derecho se conecta con el lado izquierdo y viceversa. Pienso que su conexión es así que la vena derecha se



conecta con la aurícula derecha luego pasa al pulmón hasta que llega al ventrículo izquierdo y así sucesivamente” Karina

“El agua inyectada por uno de los orificios sale por otra cavidad, lo que indica que las cavidades están conectadas unas con otras internamente” María Paula



Cuarto momento

manifestando su asombro. Sin embargo, se evidencian inconvenientes al identificar aurículas y ventrículos en el corazón del animal.

Algunos estudiantes logran imaginarse hacia donde se dirigen estos orificios nombrando el pulmón, venas y arterias que posibilitan pensar que mantienen una estructura del todo, aunque analicen sólo una parte del sistema.

Al realizar esquemas de las conexiones a partir de las apreciaciones y la experiencia intentan imaginar las conexiones y dimensiones en el interior del corazón interno y externo.

Ante estas observaciones, inician a modelar sus supuestos y afirmaciones, donde conectan las cuatro mangueras, realizando los orificios de manera que forman una especie de cruz y las introducen en el agua de color.

Posteriormente generar compresiones y distensiones para evidenciar el ingreso de los líquidos

Al momento de realizar el montaje la mayor preocupación por parte de los estudiantes era poder hacer que el fluido ingresara al balón y volviera a salir. Sin embargo, aunque se indago con persistencia si esto ocurría en el cuerpo humano, en un inicio no era posible tener una respuesta diferente a la afirmativa, entonces se conversa alrededor de la pregunta ¿Cómo hacemos para que el modelo muestre la distinción de colores?

Para ello los estudiantes utilizan dos fuentes de líquido coloreado evidenciando la unión entre estos en el modelo.

En las representaciones realizadas se puede ver que utilizan términos como tiempo en el que sube y baja el fluido, funcionamiento y escriben porque no les funciona el modelo dejando así en la mesa una solución al problema

Para brindar elementos en la resolución del problema, los estudiantes ven un video



“debería tener cuatro cavidades y que se unieran entre si” Juan Esteban

“tener cuatro orificios y las mangueras se tienen que comunicar para cumplir la misma función del corazón” Valentina

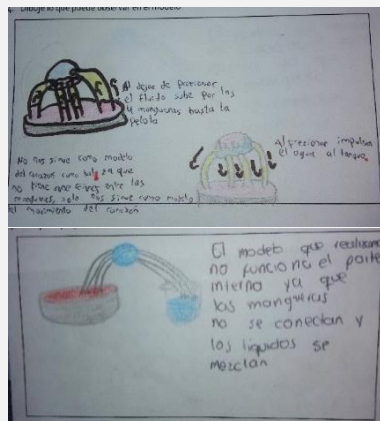
“sí, se evidencia que hay sístole y diástole” Juan Esteban



“Sí, es igual porque hay movimiento del agua y hay cuatro cavidades, al igual que lo que vimos en el de vaca” Valentina

“No funciona porque se combinan los colores” Sofía

“No creo que así funcione” Daniela



“No sirve, no funciona la parte interna, ya que las mangueras no se conectan y los líquidos se mezclan” Thomas

“Funciona por lo de la sístole y diástole, pero en cuanto a las conexiones no están unidos” Valentina

“Sólo sirve para el modelo exterior no al interior” Santiago

Quinto momento

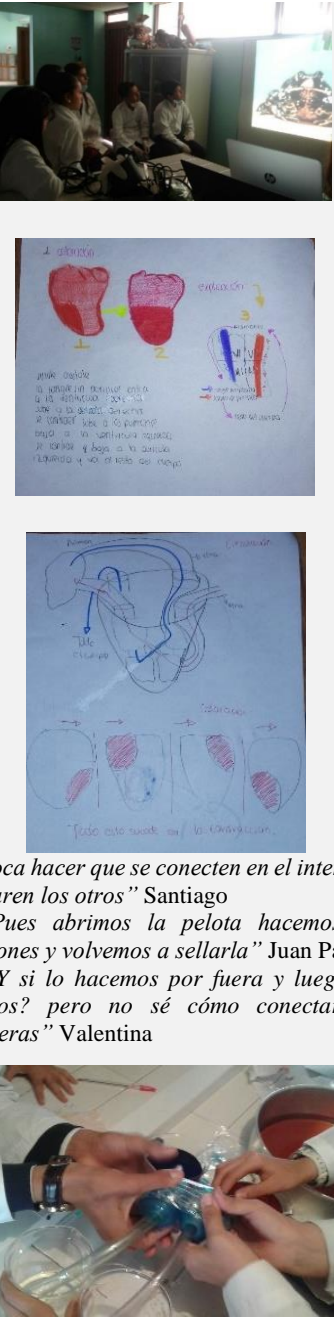
de un corazón real de una rana en el cual podían analizar los movimientos cardiacos. Al realizar un esquema de estos, caracterizan e identifican variables como el color y tiempo.

Este ejercicio de representar lo visto genero ganancias en términos de caracterizar los cuatro momentos cardiacos, inicialmente cuentan su experiencia, pero sus palabras no fueron tan dicientes en este sentido, entonces representaron características como la simultaneidad, relaciones directas e inversas del movimiento, coloraciones, explicaciones con flechas de relación que permitieron complementar el trabajo realizado hasta el momento.

Teniendo en cuenta la visualización de los movimientos en el video y sus posteriores representaciones, identificaron que este corazón inicialmente elaborado tenia falencias, ya que las dos sustancias se mezclaban, para ello se emprende a dar posibles soluciones al problema. (Debido a los movimientos cardiacos el primer modelo presenta fallas ya que posee dos movimientos independientes que propician una funcionalidad distinta para ello determinan una solución, estructurar con dos balones unidos, pero no comunicados entre sí para establecer el lado derecho e izquierdo del corazón en el sistema aurícula y ventrículo derecho y aurícula y ventrículo izquierdo).

A partir de ello los estudiantes inician a transformar su prototipo, esta vez con cinta pegante con lo cual inician a explorar, hasta que realizan la unión de dos balones y cuatro mangueras e intentan realizar los mismos procedimientos con los diferentes líquidos de colores.

En este proceso hacen uso de varias manos para producir el movimiento cardiaco distintivo del corazón, formalizando las ideas expuestas y argumentados en los anteriores momentos.



The composite image consists of three parts. At the top is a photograph of a classroom where several students are seated at desks, looking towards a large screen displaying a colorful anatomical diagram of the human circulatory system. Below this are two hand-drawn diagrams on a light blue background. The first diagram shows two heart-like shapes with arrows indicating flow, accompanied by handwritten text in Spanish. The second diagram is a more detailed anatomical drawing of the heart and lungs, with arrows showing the path of blood flow. At the bottom of the composite is a photograph showing a pair of hands holding a blue, spherical model of a heart, with other hands visible in the background, suggesting a collaborative learning activity.

“toca hacer que se conecten en el interior y se separen los otros” Santiago
“Pues abrimos la pelota hacemos las conexiones y volvemos a sellarla” Juan Pablo
“¿Y si lo hacemos por fuera y luego las pegamos? pero no sé cómo conectar las mangueras” Valentina

Tabla 3. Análisis y resultados segunda guía ¿Qué hace que se mueva la sangre?

La acción del movimiento es uno de los conceptos que usualmente abordan los libros de texto, inclusive este parece que fuera el centro, motivo y único fin del sistema circulatorio. Cuando se pregunta a los estudiantes, es una respuesta obvia y sin complicaciones, incluso usan analogías

como un motor mecánico que permite el impulso de la misma sangre. Al momento de explorar con materiales para modelar (mangueras, balón de plástico y líquidos coloreados) manifiesta que tienen la necesidad de empujar dicho fluido al apretar y no apretar el balón. En este proceso se evidencia que con asombro encuentran relaciones de llenado y vaciado que se produce de manera parcial a partir del ingreso y salida del fluido al ejecutar las dos acciones sobre el balón.

En el momento de representar su experiencia, hacen uso de flechas para describir el hallazgo, desde esta mirada, la puesta experimental lleva a generar una afirmación teórica que se asocia con el movimiento cardíaco.

La exploración experimental ha permitido generar concepciones y aclaraciones dentro del ámbito del movimiento, es por ello que en este momento se inicia una nueva forma de observar al generar en el estudiante la necesidad de intervenir en el experimento (vale la pena aclarar que desde esta perspectiva no existen indicaciones para tal fin, todo el proceso que se describe es construido desde los estudiantes), cuando se muestra un corazón de res expuesto sobre un trípode, los estudiantes generan inquietud y ansiedad al tener contacto con este, inmediatamente tocan, observan, introducen objetos, soplan a través de mangueras por los orificios e identifican las cavidades, formas y relaciones entre estas. Cuando con intención se coloca sobre la mesa jeringas y agua de colores, seguidamente introducen estas para establecer las canales de los conductos.

En este apartado podemos ver que los estudiantes logran establecer las conexiones en el interior del corazón, realizan distinción y ubicación de manera espacial dentro del corazón de res, en las diferentes socializaciones tanto escritas como verbales. Sin embargo, se ven inconvenientes al identificar aurículas y ventrículos en el corazón del animal.

Algunos estudiantes logran imaginarse hacia donde se proyecta finalmente estas conexiones trayendo a colación el pulmón, venas y arterias que posibilita pensar que mantienen una estructura del todo, aunque analicen sólo una parte del sistema.

Poder plasmar la anterior experiencia en un prototipo a partir de los elementos iniciales como proceso de retroalimentación del modelo, exteriorizan la dificultad de que éste sólo tiene dos orificios para lo cual solucionan con abrir los dos restantes, realizando el proceso inicial, claramente no muestran intranquilidad por la combinación de colores, es por ello que es necesario realizar cuestionamientos de carácter analógico con lo visto en el corazón de res y el humano, para generar desequilibrio en sus afirmaciones, a lo cual encuentran la dificultad aparente.

En búsqueda de una posible solución, los estudiantes discuten entre ellos la posibilidad de deformar el modelo inicial (partir en dos la bola para que no todas tengan conexiones entre sí, o incluir mangueras que permitieran el contacto en el interior), donde finalmente llegan a la conclusión de que era necesario dos balones con conexiones independientes para evitar la combinación de colores.

Para consolidar el movimiento cardiaco en términos de espacio y tiempo, los estudiantes ven un video de un corazón real de una rana en el cual pueden observar con detenimiento cualidades como coloración y bombeo, al realizar los respectivos esquemas de su experiencia evidencian cuatro espacios distintos de interacción en dos tiempos de simultaneidad. A partir de la distinción de color al generar el movimiento.

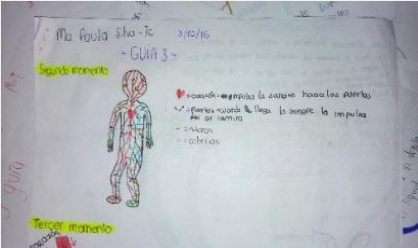
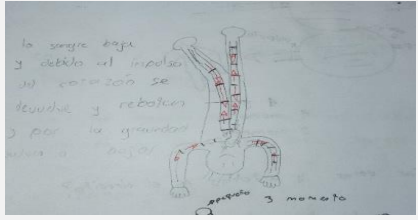
¿Hacia dónde se mueve la sangre? Arterias y venas en el papel del movimiento sanguíneo

La tercera etapa de la implementación que se realiza en un tiempo de ciento veinte minutos y que comprende cuatro momentos, se pretende que los estudiantes den explicación del curso que sigue la sangre, identifiquen la forma y acción de las arterias, las venas y las válvulas.

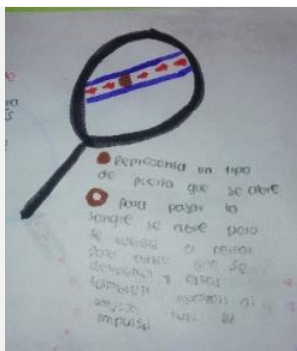
Para ello se realiza una serie de preguntas que orientan la direccionalidad de la sangre en una situación problema, recordando a su vez la forma de los vasos sanguíneos que identificaron en el corazón de res y sin olvidar las razones por las cuales los prototipos anteriores no siguen con rigurosidad un camino continuo del fluido.

Para orientar la solución al problema se les proporciona los materiales (mangueras de diferentes diámetros y válvulas de atomizadores), donde sea propicio una idea de ensamble, generando el llenado y describiendo la forma como el agua sigue su curso en las dos direcciones.

Finalmente, se reestructura el modelo construido del corazón cuando unen las mangueras con sus válvulas y lo hacen funcional en la distinción de aguas, en este caso se pretende que los estudiantes describan la ruta que sigue la sangre y hagan conjeturas en relación con este prototipo, en términos de estructura y movimiento del corazón, la acción de las arterias y venas y la direccionalidad de la sangre.

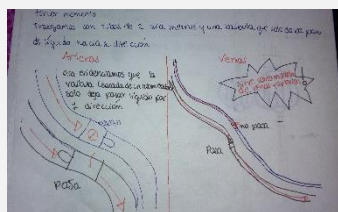
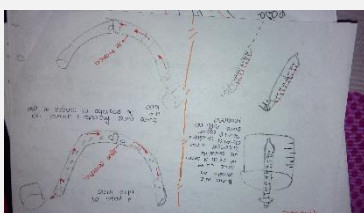
<i>Intencionalidad</i>	<i>Registro</i>	<i>Acontecimientos en el desarrollo de la actividad</i>
<p>En esta sección se espera formalizar la caracterización de las arterias y venas en el papel del movimiento sanguíneo. Para ello se disponen de cuatro momentos que permiten esquematizar una ruta de explicación de caracterización, funcionalidad y descripción de estas en relación con la sangre.</p> <p>La intención de esta actividad se estructura en replantear sus ideas y representaciones por medio de las observaciones y exploraciones realizadas.</p> <p>La observación del movimiento sanguíneo les permite interpretar y reconocer los movimientos de relajación y tensión del corazón. Esta nueva</p>	<p>Primer momento</p> <p><i>“Yo creo que no, porque si no pasaría lo mismo que cuando estamos en los pies”</i> María Paula</p> <p><i>“Puede que alguna parte de ella, no creo que toda”</i> Valentina</p> <p><i>“Yo creería que no porque cuando lo sangre llega por gravedad al corazón vuelve al corazón la rebota”</i> Juan Pablo</p> <p><i>“El impulso que le da el corazón que debe ser tan fuerte que evita que la sangre se devuelva”</i> Juan Pablo</p> <p><i>“Debido a unas válvulas que se deben tener en el cuerpo que hacen que no se devuelva”</i> Thomas</p>  	<p>Se realiza un dialogo en relación con la direccionalidad de la sangre</p> <p>¿Hacia dónde se mueve la sangre?</p> <p>¿Cuándo me paro de cabeza, toda la sangre se me viene a la cabeza?</p> <p>Estas preguntas parecían que era muy difícil de resolver, inicialmente los estudiantes intentaban dar una explicación en términos del trabajo realizado por el corazón, sin embargo, parecía no ser un gran problema para sus explicaciones, de cierta forma era algo intrínseco en el movimiento, y no podía tener otra causa, por consiguiente, se continua con la conversación, ¿Cómo hace la sangre para mantener su rumbo y no regresar? Aunque los estudiantes llegan a pensar en una válvula no es posible identificar un significado propio de lo que esto representaba en el movimiento de la sangre.</p> <p>Para ellos las venas y las arterias inicialmente solo se diferencian de la función, sin embargo, al realizar dibujos de sus ideas, les permite replantearlas para el cuerpo</p>

herramienta permite replantear la idea de un sólo movimiento en el ventrículo, la diferencia temporal con la aurícula.



“Yo creo que lo que hace que la sangre no se devuelva son como unas puertas” Sofia

“yo pienso que la sangre no se desvía es por los vasos sanguíneos, el corazón tiene puertas que se abren para permitir el paso de la sangre y no se devuelva” Santiago



Segundo momento

“Las venas y arterias son diferentes por su grosor o diámetro y la velocidad con la que viaja” Juan Pablo

“No tienen la misma función, no son iguales” Juan Esteban Ríos

“Las venas y las arterias son diferentes por su diámetro ya que las gruesas son arterias y las delgadas venas” Santiago



“Más gruesas va más lento, debido a lo grande o pequeña hace que el flujo se mueva rápido o no” Karina

“La manguera más delgada va más rápido” Santiago

humano como una puerta que tiene sólo un acceso, en la gravedad que afecta el movimiento de la sangre y la fuerza que tiene el corazón, por esto es pertinente guiarlos en su idea de puerta a la cual se le denominará como válvula.

Al momento de modelar estas ideas, le permite hablar de otras cualidades como longitudes, diámetros y tiempos, donde relacionan estas magnitudes con las reales creando así las características de venas y arterias y el porqué de sus ubicaciones y condiciones.

Los estudiantes exploran con las diferentes mangueras, los fluidos y las válvulas de atomizadores, midiendo el tiempo de desplazamiento y determinando la direccionalidad del fluido.

Ensamblan la estructura en el modelo teniendo en cuenta conexiones, relaciones entre las mangueras que se deberían conectar a los balones y la dirección de las válvulas.

Es importante resaltar que en el momento del ensamble los estudiantes conectan a cada balón dos mangueras diferentes, haciendo referencia a las arterias y venas y sus comunicaciones, como también a la dirección que debe haber en cada manguera

Tercer y cuatro momentos

“El líquido sólo sale por una dirección en las mangueras debido a las válvulas del atomizador, y así sucede con las venas y las arterias” Juan Pablo



Tabla 4. Análisis y resultados tercera guía ¿Hacia dónde se mueve la sangre?

La direccionalidad de la sangre es una condición relevante dentro del proceso de circulación, sin embargo, esta no ha tenido su protagonismo en la interacción y relaciones establecidas hasta ahora, por esta razón, era indispensable orientar las preguntas al generar molestia en la explicación ya estructurada. El retroceso de la sangre no fue una idea que inquietara, pero al hacer explícita la situación a partir de la idea de acción de encontrarse de cabeza o de una llave de agua al lavar un auto, sólo así fue posible que los estudiantes plasmaran explicaciones para sus negativas a estos escenarios propuestos, donde conceptos son traídos a colación como gravedad, altura, temperatura, sin embargo, una idea de compuerta “una puerta que sólo permite el paso por una cara” propuesta por ellos mismos, permite replantear las ideas de venas, arterias, la interacción con el fluido, entre otras, al originar estas ideas en el prototipo proporcionó conclusiones más concretas en relación con la necesidad de su existencia y el movimiento, y logra eliminar las ideas de gravedad, altura, entre otras. Hablar en esos términos, consolida y argumenta la relación de la obstrucción, movimiento y acceso a ciertos lugares del cuerpo al usar las válvulas de atomizadores, midiendo el tiempo de desplazamiento y determinando la direccionalidad del fluido.

Los tamaños en términos de longitudes y diámetros fue una tarea importante de la exploración del modelo, por su propia cuenta exploran diferentes tipos de mangueras a partir del paso de fluidos, concluyendo así con el uso de analogías las cualidades como la rapidez del fluido que les permitió identificar las características específicas (morfológicas) de las venas y arterias.

Es importante resaltar que en el momento del ensamble los estudiantes conectan a cada balón dos mangueras diferentes, haciendo referencia a las arterias y venas y sus comunicaciones, como también a la dirección que debe haber en cada manguera.

¿Cómo se mueve la sangre? El movimiento sanguíneo dentro de una idea de circuito

Esta última etapa es implementada en un tiempo de ciento veinte minutos que se divide en cuatro momentos, en los cuales se pretende consolidar el movimiento sanguíneo a partir de las diferentes interrelaciones antes construidas con el fin de describir del circuito sanguíneo.

En el primer momento se realiza una retroalimentación de lo aprendido, al realizar comparaciones con el modelo hasta ahora construido. En el segundo y tercer momento se permite orientar al estudiante en el concepto de la ruta que sigue la sangre, se proyecta un video en cámara lenta que muestra la ruta en donde la sangre tiene efectos de transformación. En esta actividad los estudiantes representan el curso de la sangre teniendo en cuenta las estructuras del circuito.

En el cuarto momento se ve la necesidad de generar una actividad guiada para evidenciar la transformación del líquido que jugará el papel de la sangre en lo que se pretende ser el modelo final del sistema, se emplea dos soluciones una de hidróxido de sodio y otra de fenolftaleína con etanol.

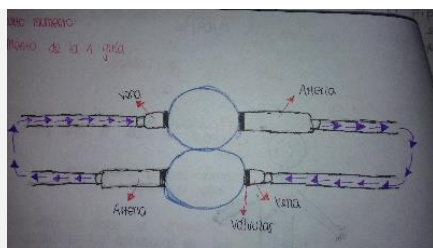
En el último momento de esta etapa el estudiante construye a partir de todas las explicaciones y los modelos realizados la representación del circuito del movimiento sanguíneo.

<i>Intencionalidad</i>	<i>Registro</i>	<i>Acontecimientos en el desarrollo de la actividad</i>
En esta sección se espera caracterizar y formalizar los órganos y tejidos que se encuentran	Primer y segundo momento	Como actividad introductoria los estudiantes realizan un esquema de relación entre venas, arterias, válvulas y corazón.

inmersos en el sistema, en términos funcionales.

Se pretende que el estudiante asocie y caracterice el movimiento sanguíneo dentro de un contexto de partes, donde se formalice a través de las representaciones.

De manera de cierre, se espera que el estudiante retroalimente el trabajo realizado en todas las sesiones por medio de la modelización de cada uno de las partes en un compendio para explicar el movimiento sanguíneo dentro de un contexto de circuito.



“Las venas son delgadas y las arterias gruesas” Sofía
 “Por su grosor o diámetro y la velocidad en la que viaja el líquido” Juan Pablo

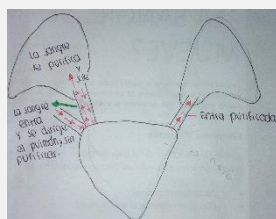
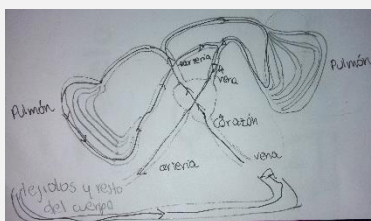
“El circuito se reinicia cuando el corazón se contrae, la sangre se expulsa y cuando se relaja atrae la sangre” Daniela

“La sangre es impulsada por el corazón, pasa a los pulmones, luego vuelve al corazón para ser transportada a los tejidos y reiniciar el ciclo” María Paula

“No, porque cada una lleva cosas diferentes” Thomas

“No, porque las arterias transportan sangre purificada y las venas sangre impura a excepción de la única vena que transporta sangre con oxígeno y la única arteria que transporta sangre impura” Santiago

“Los pulmones y las células de los tejidos” Daniela



“La sangre entra y se dirige al pulmón sin purificar y cuando regresa al corazón entra purificada” Karina

“La sangre sale por un vaso diferente al que entra, es decir sale por una arteria y entra por una vena al corazón” Thomas

“La sangre que sale de los tejidos van por venas hacia el corazón y luego regresa por las arterias” Juan Pablo

Tercer momento

“El líquido se coloreo y fue disminuyendo cada vez más y representaba la sangre cuando no estaba purificada y luego, después de un tiempo se fue aclarando y representaba la sangre cuando se está purificando” Karina.

En este momento se reúnen las experiencias a partir de las preguntas y se asocian con el modelo hasta ahora construido, emplean expresiones como velocidad, tamaño y grosor en los vasos sanguíneos, desde las funciones de cada uno de ellos.

En este sentido estas preguntas hacen que los estudiantes identifiquen las relación y diferencias de las estructuras de los vasos sanguíneos, en la intervención de una idea de circuito.

Al observar el video logran apreciar las estructuras que se encuentran inmersas en el proceso de transformación de la sangre mientras se mueve y construyen diagramas donde asocian la intervención de los órganos que facilitan la transformación de esta, usan flechas y enunciados al parecer dando relevancia a algunas de las partes y describiendo funcionalidades dentro del movimiento.

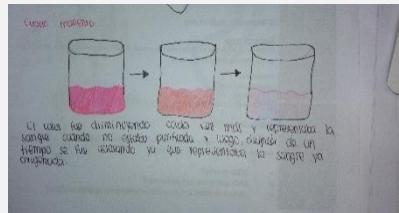
Es interesante resaltar como los estudiantes asocian los vasos sanguíneos en sus diferentes interrelaciones con las demás estructuras, distinguiendo características de aquellas que entran y salen del corazón.

Se propicia generar una actividad guiada que muestra la transformación de un líquido a partir de su color, los estudiantes son concluyentes al realizar analogías con la transformación de la sangre y el lugar donde esto ocurre indicando que cuando se coloreo se refiere a la sangre



“El líquido sirve ya que el agua transparente sirve para representar la sangre oxigenada y el agua morada o fucsia como sangre no oxigenada” Sofía

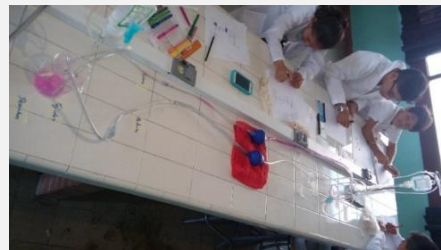
“En la solución se puede observar como el “agua” transparente pasa a purpura y esto representa la transformación de la sangre” Daniela



“Cuando el líquido esta transparente hace referencia a la sangre oxigenada y cuando se colorea hace referencia a la

sangre sin purificar después del recorrido por los tejidos y cuando se convierte en transparente hace referencia a la sangre oxigenada” Santiago

Modelo del Circuito



impura mientras que cuando se decolora, al cabo de un tiempo, es cuando se purifica, utilizan distinciones en el discurso como es el caso de comillas para describir la representación de los elementos del modelo en el circuito sanguíneo.

Finalmente, los estudiantes enlazan a partir del modelo que han venido construyendo, los elementos necesarios que representen el curso que sigue la sangre. Caracterizan y asocian cada estructura así:

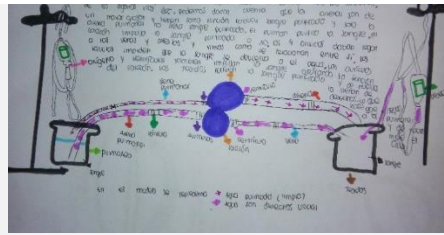
- Balones = corazón
- Mangueras con mayor diámetro = arterias
- Mangueras con menor diámetro = venas
- Válvulas de atomizadores) = válvulas

Soluciones líquidas = sangre
 Recipientes = pulmones y tejidos

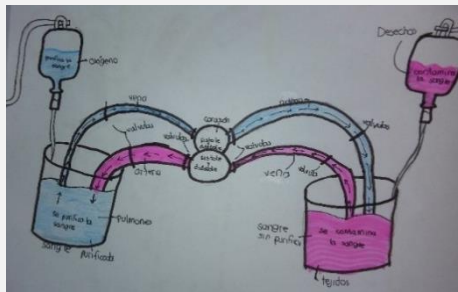
Equipos de venoclisis con soluciones = sustancias que se agregan a la sangre

Con ello logran interpretar los elementos del modelo con los que se generan en el movimiento sanguíneo. Aunque hace falta detalles en cuanto las características de las arterias, relacionan todo el proceso finalizando con la comprensión de que el movimiento de la sangre es un proceso continuo.

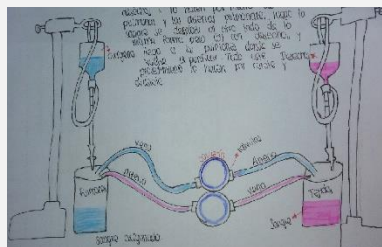
Al momento de socializar sus explicaciones muestran con detalle desde sus partes hacia el todo y del todo hacia sus partes.



“Al presionar la pelota de la izquierda el agua con “oxígeno” pasa a los “tejidos” y al ponerle los “desechos” el agua se torna rosada (sangre con desechos). Al presionar la pelota de la derecha el agua rosada pasa de los “tejidos” a los “pulmones”, se agrega más líquido y se pone el agua transparente de nuevo (sangre pura). Así mismo se mueve la sangre, pasa sangre purificada de los pulmones al corazón, el cual la impulsa a los tejidos, en estos la sangre purificada intercambia sustancia, por las venas se devuelve al corazón, el cual la impulsa a los pulmones, donde también hay intercambio de sustancias mediante la respiración y luego se repite el ciclo” Santiago



“al apretar el balón el líquido transparente llega primero al vaso que representa los tejidos, se vuelve rosada y se devuelve al corazón (balón) por la manguera más delgada que representa la vena, de allí pasa al otro vaso que representa el pulmón. Debido a la presión que se hace en el balón se ve cómo pasa el líquido por las mangueras que representan las arterias y venas y si se ve todo el proceso o circuito de cómo se mueve la sangre” Thomas



“En este modelo podemos observar que representa muy bien el recorrido de la sangre, ya que está representado los pulmones, la sangre, tejidos, venas, arteria, ventrículos, aurículas, válvulas y además todos estos recipientes cumplen con las funciones de los órganos, vías, etc. podemos darnos cuenta que las arterias son de un mayor grosor y tienen como función conducir sangre purificada y que sólo la arteria

pulmonar no lleva sangre purificada. En el pulmón se purifica la sangre. El corazón impulsa la sangre purificada y no purificada, sus cuatro orificios daban lugar a las venas y arterias y vimos cómo se relacionaban entre sí. Las válvulas impiden que la sangre o el agua se devuelva, los tejidos reciben la sangre purificada y de nuevo la llenan de desechos, llega de nuevo al corazón y de aquí a los pulmones y de nuevo se inicia el ciclo” Valentina

“En el modelo se observa como de un recipiente a través de las mangueras y al presionar las pelotas de hule llega al otro recipiente y allí se llene de desechos, se colorea y vuelve al otro recipiente, esto ocurre por las válvulas que facilita el paso de los líquidos. Con todo esto pudimos entender y comprende que la sangre si se mueve y esto ocurre a través de los impulsos del corazón, la única arteria que lleva sangre con desechos es la vena arterial y la única vena que lleva sangre purificada es la vena pulmonar” Daniela

Tabla 5. Análisis y resultados cuarta guía ¿Cómo se mueve la sangre?

Consolidar la actividad experimental como un proceso de construcción a partir de la significación de las diferentes experiencias, han permitido en esta ruta la comprensión del movimiento sanguíneo desde las partes, justo este último, consiente retroalimentar el trabajo de estar bajo la consideración de un todo. Para ello los estudiantes realizan un esquema que retroalimente el recorrido realizado hasta el momento donde emplean expresiones como velocidad, tamaño y grosor en los vasos sanguíneos, identifican claramente las interrelaciones, direcciones y condiciones para que se dé el proceso.

En este sentido se enfatiza en preguntas para dirigir la causalidad y relación de variables, sin embargo el ciclo desde sus ideas no tendría cierre sin los procesos de transformación y quienes realmente permitían este proceso (sólo en términos funcionales), para ello observan un video donde asocian la intervención de los órganos que facilitan la transformación de esta, usan flechas y enunciados al parecer dando relevancia a algunas de las partes y describiendo funcionalidades dentro del movimiento, en sus argumentos posteriores inician a describir estos procesos como purificados y no purificados, no con la idea esencialista en sí, sino como una forma antagónica de organizar las ideas y relaciones.

Para poder evidenciar los procesos se propicia generar una actividad guiada que muestra la transformación de un líquido a partir de su color, los estudiantes son concluyentes al realizar

analogías con la transformación de la sangre y el lugar donde esto ocurre indicando que cuando se colorea se refiere a la sangre impura mientras que cuando se decolora, al cabo de un tiempo, es cuando se purifica. Al momento de socializar sus explicaciones muestran con detalle desde sus partes hacia el todo y del todo hacia sus partes.

Este estudio del proceder experimental de los estudiantes en relación con los elementos de interpretación del trabajo de William Harvey genera una visión constructiva en la interpretación de un sistema, donde las partes van configurando la idea de movimiento supeditado a una serie de relaciones para formar una generalidad de circuito sanguíneo. Esta mirada mecanicista enriquece en términos de comprensión sin desconocer que en la actualidad existen otros elementos elaborados en términos de complejidad, sin embargo, la experimentación desde esta mirada particular que se vivencia como una actividad que permite poner en juego las ideas, inquietudes, relaciones, conjeturas e incluso suposiciones en el proceso de caracterizar y explicar el movimiento en la construcción desde modelaciones, esquemas y modos de hablar permite que la enseñanza y el aprendizaje sea significativo y porque no llamativo, antagónico a ideas preestablecidas y acabadas.

Planteamientos Finales

Las reflexiones que se desarrollaron a lo largo de esta investigación permitieron determinar elementos de los procedimientos experimentales desde las preocupaciones, disposiciones y manifestaciones de William Harvey que en su obra consolidan un cambio en la forma de ver el movimiento sanguíneo para la comprensión y explicación, ya que permite establecer una nueva relación entre el sujeto que conoce con el objeto a conocer.

Ver el movimiento sanguíneo como proceso de construcción en este sentido, permite dar cuenta de las diversas relaciones que subyacen en esas partes como lo es la caracterización morfológica, funcional e interacciones donde se exponen a igual jerarquía los supuestos teóricos y experimentales, así el modo y las organizaciones de Harvey configuran un cambio que emerge de las discrepancias en las doctrinas existentes, aunque no se logra distanciar del todo de las filosofías vitalistas, emplea elementos de carácter mecanicistas dando un mayor valor epistemológico a la experimentación desde un enfoque explicativo que se convierte en motivo y variable de interpretación del flujo sanguíneo al configurar una idea de movimiento donde las partes constituyen el todo.

A partir de este método y sin dejar de apoyarse en los resultados obtenidos de las vivisecciones realizadas, Harvey fue estructurando de forma metódica cada uno de los detalles de su proceder y constantemente manifiesta sus reflexiones y relaciones puestas dentro del marco experimental como teórico, con ello logró formar una fuerte solidificación para su tarea de reunir los elementos necesarios para aclarar, verificar, refutar y generalizar los detalles que sus precursores habían pasado por alto. En este sentido la actividad experimental como proceso de construcción invita a que el papel del experimento no debe tomarse como un elemento comprobatorio, sino que permite comprender y formalizar desde la construcción.

Aunque Harvey plantea ideas vitalistas y mecanicista que explicaron en su momento la acción del movimiento, a lo largo de esta investigación se afirma que la visión mecanicista particular permite comprender a cabalidad el movimiento sanguíneo a partir de sus partes y relaciones, como

es el caso de concebir y explicar que la sangre se mueve, el corazón dentro del circuito, el papel de las arterias y venas en el movimiento, el proceso de transformación de la sangre; todas estas interrelaciones permiten constituir la idea general del movimiento sanguíneo.

Los elementos de comprensión que aporta esta actividad experimental del movimiento sanguíneo permite concluir en primer lugar la observación como fuente de análisis en la actividad constructiva del estudiante quien se ve inmerso en la consolidación explicativa, ya sea para elucidar representaciones o en los modos de hablar, como es el caso del uso de cualidades de color, cambios de temperatura, dolor, entre otras.

A partir de estas observaciones que se desarrollan de manera constante dentro del proceso de explicación, al igual que lo hizo Harvey es necesario plantear e intervenir en el experimento para dar claridad a las inquietudes que surgen a lo largo del proceso, como elemento necesario para determinar variables y características que se encuentran en la comprensión del movimiento sanguíneo. Sin embargo, no solo es usado como elemento comprobatorio sino además permea consigo inquietudes que permiten generar nuevos supuestos, puestas experimentales e incluso interrelaciones con otros elementos que se ponen en juego a través de las modelaciones y representaciones causales del proceso, estas últimas, permiten constituir generalizaciones como síntesis del proceso en el cual se encuentra.

Para argumentar la causalidad del proceso, los estudiantes proponen la cuantificación como un componente en el nivel explicativo análogo a lo que Harvey considera un aspecto determinante en la comprensión de las particularidades, esta necesidad es una consecuencia de la organización de las comprensiones y caracterizaciones para dar cuenta en si del movimiento.

De esta manera, los aspectos mecanicistas abordados en este trabajo vislumbran como se mueve la sangre desde las interacciones de sus partes, dejando de lado el conjunto de la sangre como fluido y relaciones entre sus componentes, tarea que sería útil para desarrollos posteriores, se considera que el mecanicismo en este aspecto es una herramienta de carácter epistemológico que se emplea para dar cuenta del funcionamiento de cada uno de sus partes desde las relaciones e interacciones de estas en un todo, en este sentido, no es posible caracterizar y/o explicar la composición, las interacciones gaseosas de órganos, teniendo en cuenta que explicar los órganos

o los organismos por modelos mecánicos, es explicar el órgano por el órgano como también que cada parte existe para la otra pero no por la otra; ninguna pieza está producida por otra, ninguna pieza está producida por el mundo y ningún todo por otro todo de la misma especie (Canguilhem, 1971, pág. 134).

La relación entre el sujeto y el objeto desde la construcción del modelo de conocimiento es un proceso el cual inicia al intervenir el sujeto con el objeto a través de los múltiples intencionalidades donde se ubica desde campo mecanicistas debido a que está conformado por elementos que tienen una función específica, sin los cuales no es posible que se produzca correctamente dicho proceso, como es el caso de un maquina mecánica, que su funcionamiento está supeditado al funcionamientos de sus componentes

En síntesis, se podría afirmar que el proceder experimental amplía la experiencia y dinamiza la comprensión del movimiento sanguíneo, a través de la significación producto de las transformaciones, modelaciones y concreciones constructivas en el ámbito explicativo.

Bibliografía

*Y así, del mucho leer y del poco dormir,
se le secó el cerebro de manera que vino a perder el juicio.
Miguel de Cervantes Saavedra*

- Albarracín Teulón, A. (2001). *El movimiento del corazón y la sangre*. España: Nivola.
- Alvarez, J. (2007). La controversia sobre la vivisección. *Acta Bioethica*, Vol 13, 57-60.
- Ayala Manrique, M., Romero chacón , Á., Malagón Sánchez, J., Rodríguez Rodríguez, O., Aquilar Mosquera, Y., & Garzón Barrios, M. (2008). *Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Ayala, M. M. (2006). Análisis histórico-crítico y la recontextualización de saberes. *Pro-posiátes*, V. 17, n. 1 (49) - jan./Abr.
- Baker J., A. G. (1970). *Biología e investigación científica*. Fondo educativo interamericano S.A.
- Barona, J. (1991). La fisiología: origen histórico de una ciencia experimental. En J. L. Barona, *La historia de la ciencia y de la técnica* (págs. 16-55). Madrid, España: Ediciones Akal, S.A.
- Bautista, G. (2004). *Una recontextualización para la enseñanza de la mecánica cuántica*. Buenos aires: VI congreso latinoamericano de historia de las ciencias y de la tecnología.
- Canguilhem, G. (1971). El conocimiento de la vida. Barcelona: Editorial Anagrama.
- Ciancaglini, C. E. (2003). Hidrodinámica de la circulación vascular periférica normal. *Revista Federación Argentina de Cardiología* , Vol 32, 259-279.
- De Micheli, A. (2005). William Harvey y los inicios de la ciencia médica moderna. . *Gac Méd Méx* , Vol.141 No. 3.
- Escobar, C. (2006). William Harvey: la circulación sanguínea y algunos de sus obstáculos epistemológicos. *Latreia*, Vol. 19 Junio, 199-205.

- Ferreirós, J. &. (2002). Hacia Una Filosofía De La Experimentación. *Crítica, Revista Hispanoamericana de Filosofía*, Vol. 34, No. 102.
- fisiologi. (12 de Abril de 2016). Obtenido de <http://fisiologi.com/>:
<http://fisiologi.com/paginas/historia/DEPLATONAGALENO.htm>
- García, E. (2014). Análisis histórico-crítico del fenómeno eléctrico. Hacia una visión de campo. *Física y Cultura: Cuadernos sobre Historia y enseñanza de las ciencias*, No. 8 , 73-92.
- Granés, J. &. (s.f.). Del contexto de la producción de conocimientos al contexto de la enseñanza. Análisis de una experiencia pedagógica. *Revista colombiana de educación*, n. 34.
- Harvey, W. (1628). Exercitation Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus. En J. J. Izquierdo , *Del movimiento del Corazón y de a sangre de los animales. Introducción histórico-crítica sobre los antecedentes, los orígenes y la importancia de esta obra* (pág. 10).
- Hunter , R. (1958). William Harvey and Robert Boyle. *The Royas Society* , 115-127.
- Hurtado, A. M. (2011). *La física de los fluidos en el sistema circulatorio- propuesta didáctica para comprender los fenómenos físicos de fluidos en el organismo humano*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Iglesias, M. (2004). El giro hacia la práctica en filosofía de las ciencias. Una nueva perspectiva de la actividad experimental. *Universidad de Zulia*, Vol 20 No . 044 98-119.
- Izaguirre, R. (2005). Evolución del conocimiento sobre la sangre y su movimiento. Parte II. El saber sobre su composición. y atroquímica de la sangre. *Revista de Investigación Clínica, México*, Vol 57, No. 1.
- Izquierdo, J. J. (1994). *Del movimiento del corazón y de la sangre de los animales. Introducción histórico-crítica sobre los antecedentes, los orígenes y la importancia de su obra*. México: Universidad nacional autónoma de México.
- J., O., S., V., O., M., & Jiménez G. (s.f.).
- Lombardi, O. (1997). La pertinencia en la historia en la enseñanza en la enseñanza de ciencias: argumentos y contraargumnetos. *Enseñanza de las Ciencias. Buenos Aires*, Vol 15 343-349.
- Lozoya, X. (2001). El Médico del rey decapitado. William Harvey. *Edición Autorizada para Colciencias en Colombia. Alfaomega S.A. Impreso y hecho en Colombia*, 71-72.

- Malagón Sánchez, J. F. (2011). *El experimento en el aula. Comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes*. Bogotá: Universidad pedagógica nacional.
- Manzo, S. (2006). El hombre como demiurgo en el pensamiento de Francis Bacon . *Revista de Filosofía y de Teoría Política* , 31-32.
- Micheli, A. (2004). William Harvey y los inicios de la ciencia médica moderna. *Historia y filosofía de la medicina. Gac Méd Méx*, Vol.141 No. 3.
- Montero, J. (1997). La anatomía como ciencia. *Universidad de Cantabria*.
- Pellini Claudio . (25 de 08 de 2016). Obtenido de Historias y Biografías:
<http://historiaybiografias.com/harvey/>
- Quesada, M. A. (2006). Es el momento de dar otro paso: de una filosofía del experimento hacia una filosofía de las prácticas científicas. *Congreso Iberoamericano de Ciencia y Tecnología Sociedad e Innovación*.
- Ramón, G. (2000). El sistema cardiovascular y la actividad física. *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*.
- Rinaldi, G., & F. D. (2008). Sección hipertensión arterial. Etiopatogenia: primera parte: bases fisiológicas. *Tratado de cardiología de la federación Argentina de Cardiología* .
- Santesmases, M. (2002). ¿Artificio o naturaleza? Los experimentos en la historia de la biología. *Biblid*, 265-289.

Anexo A. Guía ¿Cómo se mueve la sangre?

¿Cómo se mueve la sangre?



(Pellini Claudio, 2016)

¿CÓMO SE MUEVE LA SANGRE?

Lic. Ligia Rocio Castellanos Duran & Lic. Yessica Viviana Barragán Orjuela

La presente guía se constituye a partir de las diversas reflexiones que se realiza en torno al análisis histórico crítico del proceder experimental en la construcción de explicaciones del movimiento sanguíneo, desde la lectura de William Harvey.

El objetivo principal es constituir una reflexión del quehacer docente para comprender y establecer las implicaciones que tienen estos elementos del análisis del proceder experimental en los procesos de enseñanza del movimiento sanguíneo en las clases de ciencias



¿LA SANGRE SE MUEVE?

¿QUÉ HACE QUE SE MUEVA LA SANGRE?

¿HACIA DÓNDE SE MUEVE LA SANGRE?

¿CÓMO SE MUEVE LA SANGRE?



UNIVERSIDAD
PEDAGÓGICA
NACIONAL

Maestría Docencia de las
Ciencias Naturales

Asesores: José Francisco
Malagón & Sandra
Sandoval Osorio

¿LA SANGRE SE MUEVE?

Tiempo: 90 minutos

En esta primera etapa se puede reconocer las ideas que tienen los estudiantes con el movimiento sanguíneo gracias al uso de analogías y cualidades que les permiten hablar de ello.

Este proceso debe ir acompañado por las preguntas de la guía ya que le permiten generar de manera asertiva una observación más detallada permitiendo construir la concepción a partir de estas cualidades. Con las que se pretende estructurar el discurso en las otras etapas de implementación.

En este primer momento se espera poder identificar por medio de indagaciones y experiencias la sangre dentro de un contexto dinámico. El presente se divide en cuatro momentos que permiten la indagación y experiencia para concebir el movimiento de la sangre.

I Momento: Indagación

Se realiza una indagación de las ideas que tienen los estudiantes en relación con el movimiento de la sangre, enfatizando en los cuestionamientos:

- ¿La sangre se mueve?
- ¿Cómo se evidencia el movimiento?

II Momento: Exploración

Experiencia

La presente actividad se desarrolla por medio de las preguntas guiadas, es decir no existe una linealidad de la misma.

Materiales

- Bandas de caucho
- Torniquete
- Tubo o barra para agarrar

Procedimiento

1. Se debe colocar una banda de caucho alrededor del dedo. Los estudiantes deben observar y registrar.

- ¿Qué ocurre?
- ¿Por qué crees que paso esto?
- ¿A qué se debe la coloración y la temperatura en tu dedo?



¿Cómo se mueve la sangre?

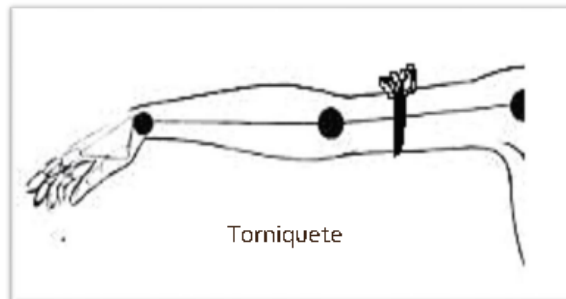
2. Posteriormente se coloca un torniquete en la altura superior del pliegue del codo de un estudiante y se le pide que apriete un objeto (tubo o barra). Registrar sus observaciones

- ¿Qué cambios evidencias?
- ¿Qué explicación das a estos cambios?

III Momento: Argumentación

3. Sin retirar el torniquete, se les pide que con un dedo hagan presión sobre un vaso sanguíneo en la parte distal y proximal del pliegue del codo.

- ¿Qué observas?
- ¿A qué atribuyes esta situación?



4. El estudiante debe realizar un esquema del movimiento sanguíneo argumentando *si se mueve*. Posteriormente, se plantean las siguientes preguntas para complementar el esquema inicial:

- ¿Qué pasaría si ubicaras el torniquete en otro lugar del brazo?
- ¿Evidencias algún movimiento al tocar los pliegues del brazo?

IV Momento: Retroalimentación

Se retoma las preguntas iniciales para retroalimentar el trabajo realizado

- ¿La sangre se mueve?
- ¿Cómo se evidencia el movimiento?
- ¿Qué otra experiencia podríamos realizar para evidenciar el movimiento de la sangre?

¿QUÉ HACE QUE SE MUEVA LA SANGRE?

Tiempo: 250 minutos

En esta sección se espera poder caracterizar el movimiento del corazón dentro del contexto sanguíneo. Para ello se disponen de cinco momentos que permiten esquematizar una ruta de explicación y caracterización del movimiento cardiaco.

I Momento: Actividad idea de corazón

Con los materiales se pretende que los estudiantes realicen un primer modelo del movimiento cardiaco.

Materiales

- Balón de plástico transparente con dos orificios de diámetros diferentes.
- Dos mangueras de diferente diámetro.
- Agua con color.
- Cubeta

El estudiante debe realizar un esquema donde plasme su experiencia del funcionamiento y construcción del modelo



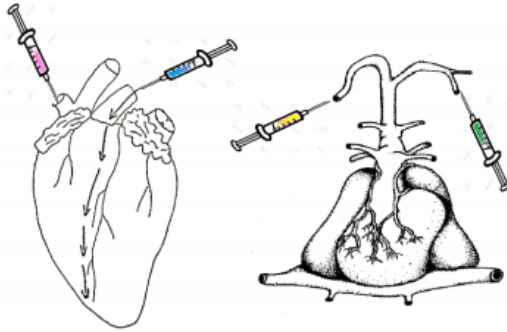
La intención de esta actividad se estructura en replantear sus ideas y representaciones por medio de las observaciones y exploraciones realizadas.

La observación del movimiento sanguíneo les permite interpretar y reconocer los movimientos de relajación y tensión del corazón, esta nueva herramienta permite replantear la idea de un solo movimiento en el ventrículo y la diferencia temporal con la aurícula.

La coloración permite hacer una distinción adicional de venas y arterias.



II Momento: Exploración del corazón



Materiales

- Corazón de res o cerdo
- Corazón de pez
- Dos jeringas
- Agua sin color
- Agua de colores
- Trípode
- Cubeta

Procedimiento

1. Dentro de la cubeta colocar un trípode, como base para colocar el corazón
2. Observar el corazón y determinar las características que posee.
3. Tomar en una jeringa agua sin color e inyectarla en un orificio del corazón, observar y hacer lo mismo con los demás orificios
4. Tomar en una jeringa agua de un color e inyectarla en un orificio del corazón y observar
5. Realizar lo mismo tomando con una jeringa agua de otro color e inyectar en uno de los orificios restantes y observar.

Con los materiales se pretende que los estudiantes exploren las entradas y salidas de las aurículas y ventrículos de los corazones para caracterizar el ingreso y la salida del flujo sanguíneo. Posteriormente El estudiante debe realizar un esquema donde plasme su experiencia y las uniones en el interior del corazón.

III Momento: Modelo de corazón Aurículas y Ventrículos

Con los materiales se pretende que los estudiantes realicen un segundo modelo del movimiento cardíaco teniendo en cuenta que posee cuatro cavidades y realice un esquema de la comprensión de la disposición de las mangueras.

¿Cómo se mueve la sangre?

Materiales

- Balón de plástico transparente con cuatro orificios de diferente diámetro cada par.
- Cuatro mangueras de diferente diámetro cada par.
- Agua de colores.
- Cubeta



En esta parte de la experiencia se pide a los estudiantes que traten de imitar el funcionamiento del corazón como motor del movimiento de aurículas y ventrículos con el uso de los instrumentos

IV Momento: Observación del movimiento del corazón

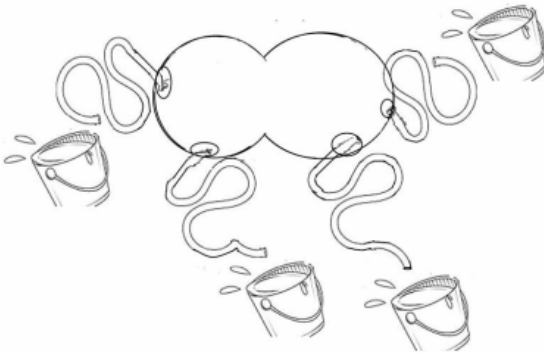
Se muestra un [video movimiento cardiaco](#) (sin audio) en cámara lenta de cómo se mueve el corazón, posteriormente deben representar de manera gráfica y textual la forma en la que se mueve, identificando sus movimientos, cómo son, en qué momento, cuántos son (Anexo1). (para establecer estas diferentes indagaciones con la ayuda del discurso que el estudiante trae consigo se guía el proceso de construcción, más no se limita la forma en la que se realiza, es decir no es una estructura lineal de análisis y proceder de representación).

Posteriormente deben representar sus ideas con las cuatro cavidades y las válvulas que evidencian al momento de explorar con el uso de las bombas, mangueras y válvulas. (este modelo no es apropiado porque van a evidenciar combinación de colores y deben plantear una estrategia para solucionarlo).

¿Cómo se mueve la sangre?

V Momento: Modificación del prototipo inicial

Con el presente montaje se pretende que los estudiantes replanteen las conexiones de aurículas y ventrículos para ello es necesario el uso de dos esferas, posteriormente el estudiante realiza el esquema donde plasme el funcionamiento y razón de propiciar este cambio.



Materiales

- Dos balones de plástico transparente con dos orificios de diferente diámetro.
- Cuatro mangueras de diferente diámetro cada par.
- Agua con color.
- Cubeta

Debido a los movimientos cardiacos el primer modelo presenta fallas ya que posee dos movimientos independientes que propician una funcionalidad distinta para ello deben estructurar dos esferas unidas pero no comunicadas entre si para establecer el sistema auricula y ventriculo derecho y auricula y ventriculo izquierdo.

¿HACIA DÓNDE SE MUEVE LA SANGRE?

Tiempo: 120 minutos

Permitir al estudiante representar de manera verbal y esquemática propicia un análisis en relación con las representaciones e interpretaciones que tiene el estudiante.

Este proceso de expresar las ideas con materiales permite afianzar, reestructurar o replantear las ideas inicialmente descritas.

Cuestionar las organizaciones prescintas permite solucionar un problema que surge desde las concepciones comunes.

La intención de esta actividad se estructura en replantear sus ideas y representaciones por medio de las observaciones y exploraciones realizadas.

La coloración permite hacer una distinción adicional de venas y arterias.

En esta sección se espera formalizar la caracterización de las arterias y venas en el papel del movimiento sanguíneo. Para ello se disponen de cuatro momentos que permiten esquematizar una ruta de explicación de caracterización, funcionalidad y descripción de estas en relación con la sangre.

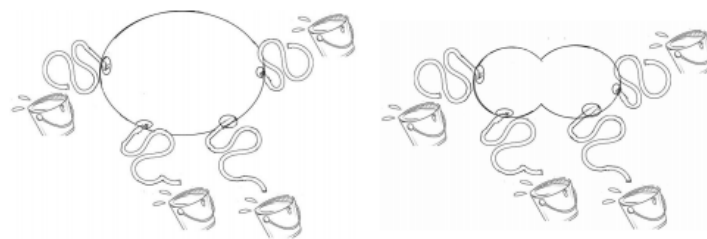
I Momento: Cuestionamiento inicial

En este momento se cuestiona a los estudiantes la direccionalidad de la sangre a partir de una situación problema

- ¿Cuándo me paro de cabeza, toda la sangre se me viene a la cabeza?
- ¿Cómo hace la sangre para mantener su rumbo y no regresar?
- ¿Qué estrategias hace el cuerpo para que la sangre no se acumule en un solo lugar?

II Momento: Plasmar las ideas del movimiento en venas y arterias

En este sentido el estudiante tendrá la necesidad de plantear unas posibles válvulas para evitar el retroceso, cuando esto ocurra se les entregan los siguientes materiales se retoman los dos montajes anteriores para la socialización.



¿Cómo se mueve la sangre?



Cuando se socialice la respectiva actividad se realiza el siguiente cuestionamiento de manera oral y escrita.

¿Ustedes creen que así son las venas y arterias?

A partir de esta indagación se pretende cuestionar las organizaciones prescritas permite solucionar un problema que surge desde las concepciones comunes.

III Momento: Propuesta de solución a los primeros prototipos

Para este momento se pretende dar solución a la problemática planteada, para ello se les entregan los siguientes materiales:

Materiales

- Equipo de atomizadores (válvulas)
- Mangueras
- Balón de plástico transparente con dos orificios de diámetro diferente
- Dos mangueras de diferente diámetro

Con ello se bloquea el paso y permite que el anterior modelo tenga su modificación y direccionalidad.

Se socializa la actividad enfatizando en la importancia y uso de estas en un sistema, permitiendo constituir la analogía del modelo con el ser humano.

IV Momento: Características morfológicas de venas y arterias

En este momento se permite la indagación del tamaño de las venas y arterias para ello se realiza la siguiente actividad dirigido por las siguientes preguntas:

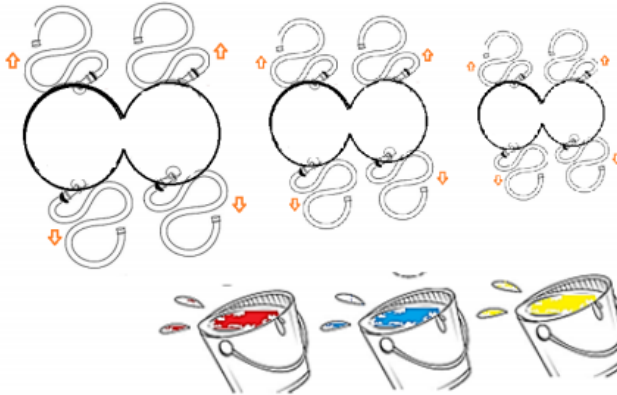
- ¿Qué pasa con el fluido si la manguera es más delgada?
- ¿Qué pasa con el fluido si la manguera es más gruesa?
- ¿Cómo deben ser las venas y las arterias?

Materiales

- Balón plástico transparente con dos orificios de diámetro igual a las mangueras.
- Mangueras de diferentes diámetros

¿Cómo se mueve la sangre?

- Válvulas construidas anteriormente
- Agua de colores



Con ello se permite establecer la relación entre los diámetros y el movimiento sanguíneo, propiciando una nueva caracterización de movimiento, como rapidez, entre otros. Se les indica a los estudiantes generar un esquema de explicación.

Se socializa la actividad enfatizando en la importancia y uso de estas en un sistema, permitiendo constituir la analogía del modelo con el ser humano.

¿CÓMO SE MUEVE LA SANGRE?

Tiempo: 120 minutos

En este momento se espera poder consolidar el movimiento sanguíneo a partir de las diferentes interrelaciones anteriormente estudiadas con el fin de propiciar un concepto de circuito sanguíneo.

I Momento: Primera aproximación al circuito sanguíneo

En este momento se les pide a los estudiantes realicen un esquema interrelacionando lo aprendido en las anteriores sesiones, argumentando la disposición y funcionalidad.

II Momento: Socialización y replanteamiento inicial

En este momento se permite el espacio para socializar los respectivos esquemas y se cuestiona a los estudiantes los elementos que permiten la transformación sanguínea en el interior:

- ¿Cómo diferenciar las venas y arterias en el circuito?
- ¿Cómo hace el bombeo del corazón para permitir que el circuito se reinicie?
- ¿La sangre de las venas es igual a la de las arterias?
- ¿Qué mecanismo transforma o cambia la sangre?
- ¿Cuántos mecanismos se necesitan?
- ¿Dónde se ubicarían?

III Momento: Caracterizar los órganos y tejidos

Se muestra un video de la funcionalidad de órganos y tejidos en la circulación en cámara lenta el papel y el funcionamiento de los pulmones y los tejidos en la circulación sanguínea (Anexo2).

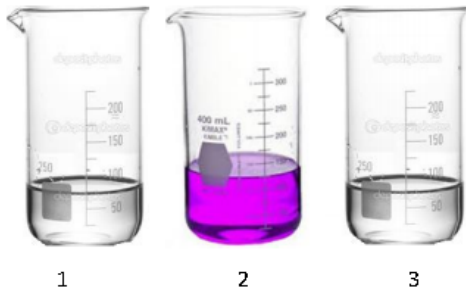
Posteriormente deben representar sus ideas y se espera que este proceso les permita replantear sus modelos iniciales.



IV Momento: Modelo de circulación

ACTIVIDAD GUIADA POR EL DOCENTE

En este apartado es necesario que cuando el estudiante comprenda la idea de cambio, el docente explique el uso de los reactivos que van a permitir jugar este papel dentro del circuito



Materiales

- Dos vasos de precipitado de 250 ml
- Fenolftaleína al 1%
- Etanol al 95%
- Agua destilada
- Hidróxido de sodio
- Espátula
- Agitados de vidrio

Procedimiento

1. Hacer una solución de 250 ml de hidróxido de sodio y agua
2. Hacer una solución de 10 ml de fenolftaleína y agua
3. Agregar dos gotas de la solución dos a la solución uno
4. Dejar reposar por un tiempo y observar lo sucedido.

Con esta experiencia se busca que el estudiante asocie las transformaciones de los líquidos con la transformación de la sangre

IV Momento: Modelo de circulación

REALIZACIÓN DEL MODELO DE CIRCULACIÓN

Se solicita a los estudiantes que ensamblen un mecanismo empleando diferentes elementos para dar cuenta del movimiento sanguíneo y propiciar una construcción de la explicación de cómo se mueve la sangre teniendo en cuenta la necesidad de la transformación.

Materiales

- Dos equipos de venoclisis
- Dos bolsas para solución de venoclisis
- Dos soportes universales
- Dos aros con nuez
- Dos jeringas
- Dos vasos de precipitado de 250 ml

- 160 cm de manguera de 1 cm de diámetro
- 160 cm de manguera de 0.7 cm de diámetro
- Dos vasos de precipitado
- Dos balones de plástico con orificios de diferente diámetro
- Ocho válvulas de atomizadores
- Bisturí
- Solución de fenolftaleína y etanol
- Solución de hidróxido de sodio
- Cuatro globos de caucho

Procedimiento

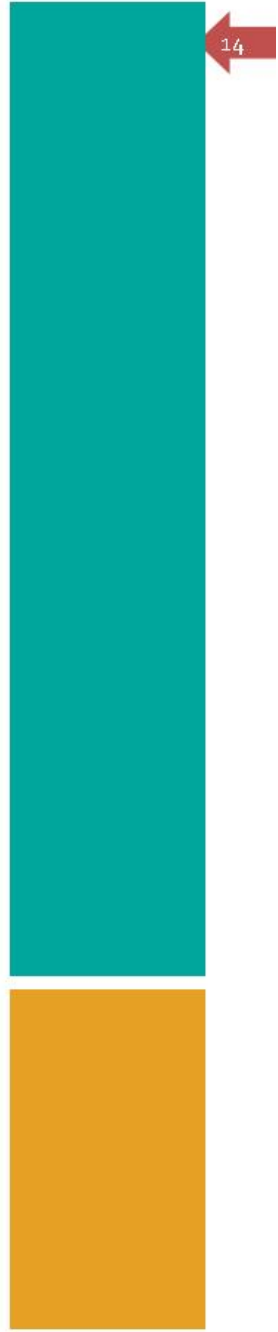
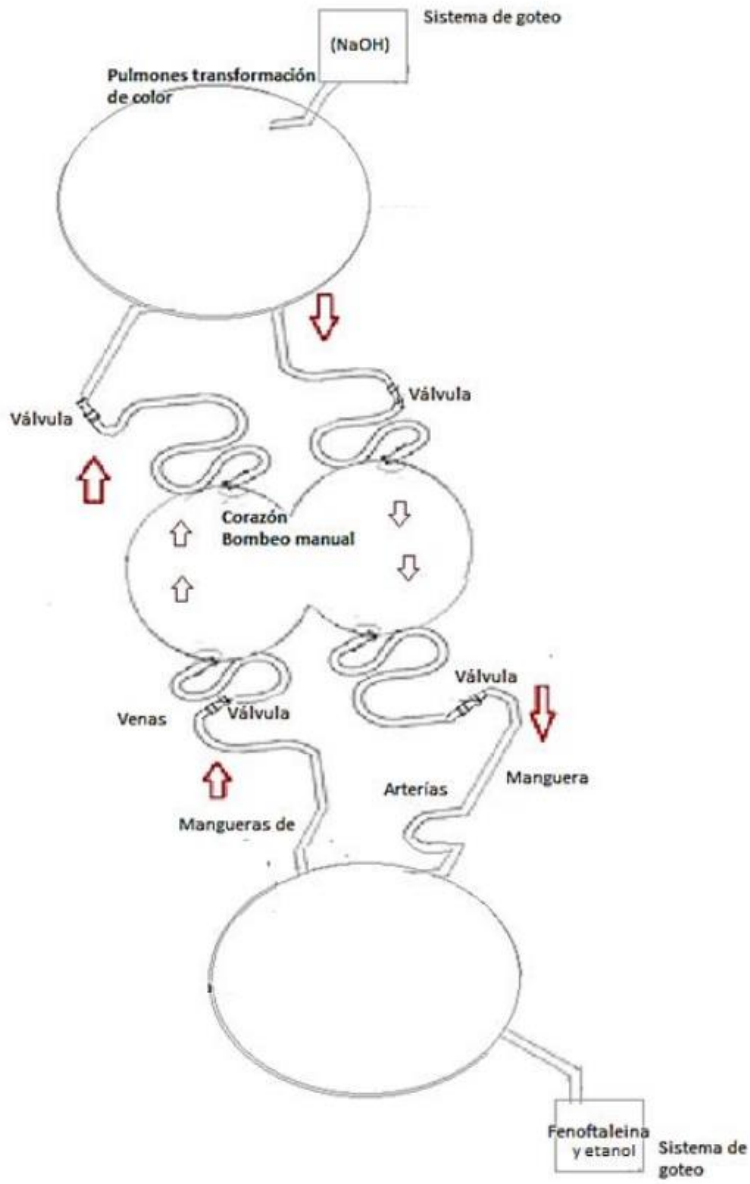
Tenga en cuenta el diseño del modelo

1. Preparar dos sistemas de goteo, el primero con una solución NaOH, el segundo con una solución de fenolftaleína y etanol
2. Colocar cada solución en las bolsas para solución de venoclisis
3. Colocar los sistemas de venoclisis en los soportes universales
4. Debajo de cada sistema colocar un vaso de precipitado de 250 ml
5. Agregar igual cantidad de solución de NaOH en cada vaso de precipitado
6. Ensamblar el modelo del corazón con las mangueras, teniendo en cuenta las entradas y salidas
7. Los extremos de cada manguera colocarlos dentro de los vasos de precipitado
8. Abrir las válvulas de los equipos venoclisis a un goteo lento y constante
9. Proceder a insuflar los balones al tiempo hasta que la solución de un vaso pase al otro y viceversa y observar lo que pasa.
10. Dejar pasar un tiempo y realizar otro ciclo.

Actividad

Posteriormente los estudiantes deben identificar cada elemento del modelo con el circuito sanguíneo y describir el proceso de recorrido del fluido y la acción de las válvulas de manera escrita y oral enfatizando en su explicación.

¿Cómo se mueve la sangre?



BIBLIOGRAFÍA

- Albarracín Teulón , A. (2001). El movimiento del corazón y la sangre. Harvey. España: Nivola .
- Ayala Manrique, M., Romero chacón , Á., Malagón Sánchez, J., Rodríguez Rodríguez, O., Aquilar Mosquera, Y., & Garzón Barrios, M. (2008). Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos. Bogotá: universidad pedagógica nacional.
- Ayala, M. (2006). Análisis histórico-crítico y la recontextualización de saberes. Pro-posiáies, V. 17, n. 1 (49) -jan./Abr.
- Baker J., Allen G., George J. & Figueroa I. (1970). Biología e investigación científica. Fondo educativo interamericano S.A.
- Canguilhem G. (1971). El conocimiento de la vida. Editorial Anagrama. Barcelona. 7-43.
- Ferreirós, J., & Ordoñez, J. (2002). Hacia Una Filosofía De La Experimentación. Crítica, Revista Hispanoamericana de Filosofía. Vol. 34, No. 102
- Granés, J., & Caicedo , L. (S.F.). Del contexto de la producción de conocimientos al contexto de la enseñanza. Análisis de una experiencia pedagógica. Revista colombiana de educación, Bogotá, n. 34.
- Harvey, W. (1620). De Respiratione et eius instrumentis libellos duos. Venezia: P. Meglietti.
- Harvey, W. (1628). Exercitation Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus.
- Izquierdo, J. J. (1994). Del movimiento del corazón y de la sangre de los animales. Introducción histórico-crítica sobre los antecedentes, los orígenes y la importancia de su obra. México: universidad nacional autónoma de México.
- Malagón Sánchez, J. F., Ayala Manrique, M. M., & Sandoval Osorio, S. (2011). El experimento en el aula. Comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes. Bogotá: universidad pedagógica nacional.
- Pellini Claudio . (25 de 08 de 2016). Obtenido de Historias y Biografías: <http://historiaybiografias.com/harvey/>

