

Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades
Informe de trabajo de los profesores de tiempo completo
para el periodo 2019-2020



1. DATOS GENERALES

| | | | |
|-------------------|---|---------------------|-----|
| Nombre: | CHACON LOPEZ MARTHA JULIETA | | |
| Área: | Ciencias Experimentales | Adscripción: | Sur |
| Categoría: | Profesor de Carrera Titular "C" de Tiempo Completo Definitivo | | |

2. INFORME GLOBAL 2019-2020

2.1. ÁREA BÁSICA

Perfil de enseñanza:

| | |
|---|--|
| Horario de clase: | Lunes y miércoles de 9 a 11 horas, martes y jueves de 9 a 13 horas y viernes de 8 a 11 horas12 horas |
| Asignatura en la cual desarrolló su proyecto de enseñanza: | |
| <ul style="list-style-type: none"> · Biología I · Biología II | |

2.2. ÁREA COMPLEMENTARIA

Perfil de enseñanza o comisionado:

| | |
|---|---|
| Título completo del proyecto: | Propuesta educativa |
| Producto (con base en el Protocolo de equivalencias): | · Propuesta educativa. (Rubro I, Nivel C, Numeral 18) |
| Inserción en el Campo de Actividad aprobado por el H. Consejo Técnico para el proyecto de trabajo del periodo 2019-2020. | |
| Campo 2. Fortalecimiento de la docencia | |

3. Actividad individual o grupal:

| | | | | |
|--|---------------|---|---------------------------|-------------------------------|
| Tipo de proyecto: | | | Grupal | |
| Participación en un grupo de trabajo institucional: | | | Responsable | |
| Integrantes del grupo de trabajo | | | | |
| Nombre | RFC | Categoría académica | Correo electrónico | Plantel de adscripción |
| CHACON LOPEZ MARTHA JULIETA (Responsable) | CALM4609266M7 | Profesor de Carrera Titular "C" de Tiempo Completo Definitivo | mareadosster@gmail.com | Sur |
| PACHECO HERNANDEZ ROSA MARGARITA (Integrante) | PAHR751111EVA | Profesor Asignatura "A" Definitivo | maggiemar75@yahoo.com.mx | Sur |
| Periodicidad y horario de las reuniones: | | Cada 15 días, los días miércoles de 16 a 20 horas. | | |





COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
CONSEJO TÉCNICO



OFICIO CCH/CT/6890/2019

Número de Acta: CT/CCH/14/2019

Asunto: Notificación sobre Proyecto de Trabajo



CHACÓN LÓPEZ MARTHA JULIETA
PROFESOR DE CARRERA TITULAR "C" DE TIEMPO COMPLETO DEFINITIVO
PLANTEL SUR
ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES
P R E S E N T E

Me es grato comunicarle que el H. Consejo Técnico del Colegio de Ciencias y Humanidades, en su sesión celebrada el día de hoy, con fundamento en los artículos 56, 60 y 61 del Estatuto del Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México así como en las Prioridades y Lineamientos Institucionales para Orientar los Planes y Programas de Trabajo de las Instancias de la Dirección y los Proyectos e Informes del Personal Académico de Carrera de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades para el Ciclo Escolar 2019-2020 y en la Normatividad para la Presentación y Evaluación de Proyectos e Informes Anuales del Personal Académico de Carrera; aprobados por el Consejo Técnico en sesión extraordinaria del 25 de abril de 2019, tomó el siguiente:

ACUERDO

Considerar Aceptado su Proyecto de Trabajo 2019-2020:
Área Básica del 05/08/2019 al 09/08/2020. Enseñanza
Área Complementaria del 05/08/2019 al 09/08/2020. Actividad Individual
Campo: 2. Fortalecimiento de la docencia.
Título: *PROPUESTA EDUCATIVA*
Producto: *Propuesta educativa*

Fundamentación:

Su Proyecto de Docencia 2019-2020 SE ACEPTA porque:

- Presenta la planeación general de las principales actividades que realizarán la profesora y los alumnos durante el curso de las asignaturas Biología I y Biología II.
- Describe la evaluación diagnóstica que realizará para conocer los conocimientos previos de los alumnos.
- Expone las actividades académicas con las que atenderá a los alumnos que presenten dificultades para lograr los aprendizajes propuestos.
- Presenta el diseño de dos estrategias o secuencias didácticas que aplicará en su curso, una por semestre, de acuerdo con la definición institucional.
- Justifica cómo estas estrategias o secuencias didácticas permitirán a los alumnos alcanzar los aprendizajes propuestos.
- Especifica las formas y/o los instrumentos de evaluación de los aprendizajes esperados.
- Describe de manera general la relación entre su Proyecto de Área Básica y su Proyecto de Área Complementaria.
- Incluye las fuentes consultadas en las que apoya su proyecto.



COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
CONSEJO TÉCNICO



OFICIO CCH/CT/6890/2019

Número de Acta: CT/CCH/14/2019

Asunto: Notificación sobre Proyecto de Trabajo



Su Proyecto de Apoyo a la Docencia 2019-2020 SE ACEPTA, dado que:

- a) En la introducción indica el Campo de Actividad, los objetivos, la fundamentación y los alcances del Proyecto.
- b) Explica cómo, a través de los productos o actividades, atenderá el propósito general del Campo de Actividad seleccionado.
- c) Presenta las actividades y/o productos que se compromete a desarrollar de acuerdo con las definiciones institucionales.
- d) Presenta el calendario o cronograma de actividades que precisa las formas de organización del trabajo.
- e) Indica los compromisos, las responsabilidades y actividades a realizar por cada una de las integrantes del grupo de trabajo (responsable y participante).
- f) Especifica los recursos humanos y materiales requeridos para el desarrollo del proyecto.
- g) Incluye las fuentes consultadas que apoyan su proyecto.
- h) Anexa la carta compromiso actualizada y firmada por la profesora de asignatura que participará voluntariamente en el proyecto.

Por lo anteriormente expuesto, se emite una evaluación de **ACEPTADO** sobre su Proyecto de Trabajo.

(El proyecto que por su naturaleza y/o campo de actividad requiera ser revisado y avalado por el comité de pares, tendrá que ser enviado a la instancia correspondiente para que sea sancionado).

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 15 de octubre de 2019.

EL SECRETARIO DEL CONSEJO


MTRO. ERNESTO GARCÍA PALACIOS

Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades

Ficha de identificación del proyecto de trabajo de los profesores de tiempo completo para el periodo 2019-2020



1. DATOS GENERALES

| | | | |
|-------------------|---|---------------------|-----|
| Nombre: | CHACON LOPEZ MARTHA JULIETA | | |
| Área: | Ciencias Experimentales | Adscripción: | Sur |
| Categoría: | Profesor de Carrera Titular "C" de Tiempo Completo Definitivo | | |

2. PROYECTO GLOBAL DEL PROFESOR

2.1. ÁREA BÁSICA

Perfil de enseñanza:

| | |
|---|--|
| Horario de clase: | Lunes y miércoles de 9 a 11 horas, martes y jueves de 9 a 13 horas y viernes de 8 a 11 horas12 horas |
| Asignatura en la cual desarrollará su proyecto de enseñanza: | |
| <ul style="list-style-type: none"> · Biología I · Biología II | |

2.2. ÁREA COMPLEMENTARIA

Perfil de enseñanza o comisionado:

| | |
|---|---|
| Título completo del proyecto: | Propuesta educativa |
| Producto (con base en el Protocolo de equivalencias): | · Propuesta educativa. (Rubro I, Nivel C, Numeral 18) |
| Inserción en el Campo de Actividad aprobado por el H. Consejo Técnico para el proyecto de trabajo del periodo 2019-2020. | |
| Campo 2. Fortalecimiento de la docencia | |

Acepto el compromiso de cubrir 40 horas de formación docente.



3. Actividad individual o grupal:



| | | | | |
|--|---------------|---|---------------------------|-------------------------------|
| Tipo de proyecto: | | Grupal | | |
| Participación en un grupo de trabajo institucional: | | Responsable | | |
| Integrantes del grupo de trabajo | | | | |
| Nombre | RFC | Categoría académica | Correo electrónico | Plantel de adscripción |
| CHACON LOPEZ MARTHA JULIETA (Responsable) | CALM4609266M7 | Profesor de Carrera Titular "C" de Tiempo Completo Definitivo | mareadosster@gmail.com | Sur |
| PACHECO HERNANDEZ ROSA MARGARITA (Integrante) | PAHR751111EVA | Profesor Asignatura "A" Definitivo | maggiemar75@yahoo.com.mx | Sur |
| Periodicidad y horario de las reuniones: | | Cada 15 días, los días miércoles de 16 a 20 horas. | | |



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL SUR
PROYECTO ÁREA COMPLEMENTARIA
2019-2020



M. JULIETA CHACÓN LÓPEZ

ROSA MARGARITA PACHECO HERNÁNDEZ



PROYECTO ÁREA COMPLEMENTARIA

Plantel Sur

2019-2020

M. Julieta Chacón López

Margarita Pacheco



INDICE

1. Propuesta general:

- a) Introducción donde se indique el campo de actividad, los objetivos, la fundamentación y los alcances del proyecto.-----3-8
 - b) Explicación de cómo atenderá el propósito general del Campo de actividad seleccionado, a través de los productos o actividades.-----8-9
 - c) Resultados esperados del proyecto, indicando la pertinencia, calidad y trascendencia de la actividad o producto-----9-11
 - e) Calendario o cronograma de actividades que precise la organización del trabajo
-----11-12
 - f) Actividades a realizar por cada uno de los integrantes del grupo de trabajo (coordinadores y participantes), señalando las responsabilidades y compromisos que en lo individual les corresponderán-----12
 - g) Recursos humanos y materiales viables que se requerirán para el desarrollo del proyecto-----12
2. Fuentes consultadas-----12-13
3. Anexo Carta compromiso-----14



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

PLANTEL SUR

PROYECTO DE TRABAJO

ÁREA COMPLEMENTARIA 2019-2020

M. Julieta Chacón López

Rosa Margarita Pacheco Hernández

INTRODUCCIÓN

Campo II. Fortalecimiento de la docencia

3. Actividades de investigación sobre el quehacer docente

PROPUESTA EDUCATIVA. RUBRO I C-18. Es la propuesta estructurada y fundamentada, basada en un estudio o investigación formal que, con el fin de mejorar su eficiencia, modifica aspectos centrales de la docencia de una asignatura o materia curricular o extracurricular, o un conjunto de ellas o de un área y su sentido, de forma coherente con los propósitos y filosofía educativa del Plan de Estudios del Colegio. El informe o el cuerpo del trabajo incluyen:

- a) Marco teórico conceptual.
- b) La información en que se basa.
- c) La contribución al mejoramiento de la docencia.
- d) Las ventajas y sugerencias para su aplicación y
- e) Los efectos que tiene en los demás elementos que configuran la enseñanza y el aprendizaje de la asignatura o materia. Debe tener el aval institucional por aprobación del Consejo Técnico o de las autoridades académicas del colegio o contar con un arbitraje positivo o evaluación del comité de pares.

a) INTRODUCCIÓN

Los objetivos

Análisis histórico y filosófico de la teoría celular

Kragh, explica la importancia de la historia de la ciencia en la enseñanza “La historia de la ciencia puede desempeñar un papel positivo en la enseñanza. Puede



contribuir a una concepción menos dogmática de la ciencia y de los métodos científicos. Pudiendo actuar también como antídoto contra la ortodoxia y el entusiasmo acrítico por la ciencia.” (Kragh Helge, 2007, p. 55.)

El proyecto que vamos a desarrollar tiene como objetivo la construcción de elementos teóricos y propuestas didácticas que faciliten a los profesores la comprensión de una concepción de ciencia antipositivista, las características de las teorías y la forma en qué se construyó la teoría celular. Para proponer la construcción de una concepción de ciencia analizaremos las propuestas epistemológicas de Kuhn, Lakatos y Feyerabend y con base en las metodologías de estos epistemólogos construiremos el marco conceptual que nos facilite el análisis histórico y filosófico de la teoría celular. La teoría celular construida en el siglo XIX, es el primer paradigma de la Biología y con la teoría de la evolución de Darwin y las leyes de la herencia construidas por Mendel, se constituyó el marco teórico y metodológico que dio origen a la biología.

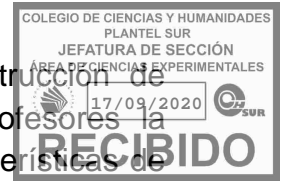
Fundamentación

En el programa de biología I encontramos en la primera unidad ¿Por qué la biología es una ciencia y cuál es su objeto de estudio? El tema 1. Panorama actual de la biología y el sub-tema Bases de la biología como ciencia. El primer aprendizaje de esta unidad dice: **Identifica a la Teoría celular y la Teoría de la evolución por selección natural como modelos unificadores que proporcionaron las bases científicas de la biología moderna.**

La unidad 2. ¿Cuál es la unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos? Tema 1. Teoría celular.

Para abordar las dos unidades y los temas descritos es necesario construir una concepción de ciencia acorde con los lineamientos establecidos en el documento: Orientación y sentido de las áreas, que corresponden a las propuestas epistemológicas desarrolladas en el siglo XX y conciben a la ciencia como una actividad humana, que se desarrolla en el contexto de las comunidades científicas, a las teorías como producto de un desarrollo histórico y a los métodos de investigación como diversos y variados, tanto como lo son, los objetos de estudio.

Las teorías están sometidas a revisiones conceptuales, empíricas, metodológicas y en general epistemológicas en el contexto de las comunidades científicas y la historia nos muestra cómo a través del tiempo, los científicos han desarrollado preguntas y en un contexto histórico específico, han construido respuestas. La ciencia en la Época Clásica estuvo muy relacionada con la filosofía y podemos afirmar que de hecho no podemos analizar la historia de la ciencia sin comprender



la forma en que fueron postuladas las preguntas y cómo se fueron resolviendo a lo largo del tiempo.

Mosterín nos dice que es importante una filosofía a la altura de nuestro tiempo rigurosa, ambiciosa y plenamente integrada en la actividad intelectual de la época que nos ha tocado vivir, es decir, una filosofía que asimile y someta a crítica epistemológica y análisis conceptual los resultados de una investigación científica. Una ciencia ayuna de filosofía corre el riesgo de quedar reducida a técnicas y rutinas desabridas de corto vuelo. (Jesús Mosterín, 2013, p. 9).

Los programas del Colegio están estructurados por contenidos, que en su mayoría son teorías y los profesores debemos analizarlas como lo que realmente son: producto de un desarrollo histórico y no verdades absolutas o productos simples como si fueran artículos. El análisis actual de la actividad científica afirma que las teorías se construyen a partir de otras teorías, los científicos se preparan en el trabajo académico y de la investigación científica y cuando abordan un problema; lo hacen en el contexto de un marco conceptual.

El análisis histórico y filosófico de las teorías que constituyen los programas nos ayuda a construir una concepción de ciencia acorde con la actividad de los científicos, que ha sido explicada por filósofos como Bachelard, Feyerabend, Lakatos, Kuhn y otros epistemólogos de la ciencia.

La ciencia se ha desarrollado a través del tiempo y en cada etapa histórica se han hecho grandes aportaciones a preguntas tan importantes como: qué es la vida, cuáles son las semejanzas y diferencias entre las plantas y animales y cuál es el principio fundamental de la naturaleza. La ciencia es una actividad humana, los científicos encuentran en la naturaleza fenómenos y construyen teorías para explicarlos; por lo tanto las teorías son construcciones mentales. Hace unos días escuché a un maestro de física decir, que la naturaleza tiene sus propias mediciones, me extrañó mucho escucharlo porque parece que tiene una concepción positivista de la ciencia, incluso es probable que no haya leído el documento del Colegio: Orientación y sentido de las áreas en donde se expresa en forma muy clara la concepción científica del modelo educativo. En la naturaleza encontramos fenómenos y son los científicos los que construyen modelos teóricos y empíricos para explicar esos fenómenos. El mismo maestro planteó que los científicos hacen experimentos y construyen las teorías y en las propuestas de Popper (siglo XX) se plantea que la observación y la experimentación siempre están precedidas por las teorías.

Pozo afirma: “Esta concepción positivista, según la cual la ciencia es una colección de hechos objetivos regidos por leyes que pueden extraerse



directamente si se observan esos hechos con una metodología adecuada, se ha visto superada, entre los filósofos e historiadores de la ciencia, pero no necesariamente en las aulas.” (Pozo, 2009, p. 24.

Desafortunadamente así es, los mitos en torno a la ciencia han llevado a los profesores y alumnos a concebir el método experimental como único en la ciencia y a las teorías como verdades absolutas. Necesitamos analizar el fenómeno científico a la luz de las propuestas de los filósofos del siglo XX y XXI. La comprensión del fenómeno científico cambia las concepciones de los alumnos, un problema importante de la concepción positivista es afirmar que la ciencia es neutral y cuando se analiza una teoría como un proceso histórico, los estudiantes comprenden que la ciencia es una actividad social, que las teorías son construcciones mentales que se someten a revisiones permanentes en las comunidades científicas y que el experimento sólo es un método más de demostración. Cada ciencia tiene sus propios métodos, los métodos son construcciones lógicas que utilizan los hombres de ciencia para abordar un problema y buscar su solución.

Paul Feyerabend nos dice:

“La idea de que la naturaleza es infinitamente rica tanto cualitativa como cuantitativamente fomenta el deseo de hacer nuevos descubrimientos y conduce de esta manera a un principio de aumento de contenido que nos proporciona otro criterio para juzgar las teorías: las teorías que tengan un mayor contenido que las ya conocidas son preferibles a las otras.” (Feyerabend, 2014, p. 34)

El Colegio ha conservado su nombre: Colegio de Ciencias y Humanidades y es importante que los profesores actualicemos nuestras concepciones acerca de la ciencia porque aunque los epistemólogos del siglo XX, Popper, Lakatos, Kuhn y Bachelard entre otros, nos han dado elementos epistemológicos muy claros para comprender la actividad científica, todavía algunos profesores explican la construcción de las teorías con un enfoque positivista.

Uno de los objetivos principales del Modelo educativo del Colegio es el de desarrollar en los estudiantes un pensamiento racional, un pensamiento científico, pero difícilmente se puede lograr si los profesores carecen de las herramientas filosóficas y epistemológicas necesarias para entender cómo se ha desarrollado la ciencia y cómo se realiza la actividad científica.

El desarrollo de un pensamiento racional radica en la comprensión de la actividad científica como un compromiso de una comunidad formada por personas, por seres humanos que trabajan en comunidades, en un contexto social, económico y político y que se preparan durante su vida para desarrollar la ciencia, nada tienen



de genios iluminados. Los alumnos deben saber que ellos pueden también formar parte de las comunidades científicas cuando están dispuestos a prepararse académicamente e incorporarse a los centros de investigación.

Alcances del proyecto

Pozo Y Gómez Crespo, analizan la enseñanza de la ciencia y nos dicen: “Aprender no es hacer fotocopias mentales del mundo ni enseñar es enviar un fax a la mente del alumno para que ésta emita una copia, que el día del examen el profesor compara con el original en su día enviado por él.” (Pozo y Gómez Crespo, p.26)

El Colegio se encuentra en una fase especial porque un gran número de maestros fundadores se han jubilado. Los profesores que nos formamos en la década de los setenta tuvimos la ventaja de experimentar una vida académica permanente en la que estudiábamos el modelo educativo del Colegio, discutíamos cómo llevarlo a la práctica y además teníamos una gran interacción con los investigadores de las facultades y los institutos, situación que favorecía nuestra preparación académica, científica y disciplinaria. Todo eso se terminó cuando nos dividimos en profesores de carrera y de asignatura. Pero los docentes formados en esa etapa entendimos la docencia y el Modelo Educativo del Dr. González Casanova y como dijo alguna vez el Dr. Pérez Correa, fuimos los maestros los que concretamos en nuestra práctica el modelo original del Colegio.

El proyecto que queremos desarrollar puede ser una plataforma básica importante para que los docentes se interesen por conocer la actividad científica con base a las propuestas filosóficas de los epistemólogos que hemos mencionado y tal vez se interesen también en conocer el documento: Orientación y sentido de las áreas, para que puedan diseñar su actividad docente en el marco del Modelo Educativo del Colegio.

“La ciencia intenta dar una explicación objetiva y racional de la naturaleza y sus avances se enmarcan en el contexto social, económico y cultural de la época en que surgen. No se trata, por tanto, de un conjunto de productos y procesos invariables y acabados, dado que éstos se rehacen una y otra vez y presentan una amplia gama de posibilidades de desarrollo. De ahí que las ciencias y las formas como se construyen sus cuerpos de conocimientos, se conciben como procesos dinámicos y globales en constante transformación y crecimiento. La actividad científica parte de la resolución de problemas, lo que conduce al establecimiento de conceptos, leyes y teorías, que son sus productos. La observación y la experimentación son procedimientos importantes para la construcción de la ciencia, y en este proceso destacan aspectos, como la identificación de



problemas, la elaboración de explicaciones y predicciones, o la contrastación de hipótesis. Los factores intelectuales involucrados en la construcción y evolución de la ciencia han sido el pensamiento convergente, el razonamiento lógico-deductivo, el pensamiento divergente, la creatividad y la comunicación, entre otros, (Orientación y sentido de las áreas, p. 34.)

El análisis histórico y filosófico de la teoría celular debe desarrollarse como una investigación desde la época Clásica hasta el siglo XIX, destacando los avances científicos y metodológicos del siglo XVII y XVIII, que establecieron las bases teóricas y empíricas para la construcción de la teoría celular. La teoría celular es un ejemplo muy claro de que la ciencia avanza y que a lo largo de la historia se fueron construyendo teorías, que poco a poco fueron acercando a los científicos a la explicación de un fenómeno tan importante como el de la teoría celular, que estableció la unidad de los seres vivos y la diferencia entre lo vivo y no vivo.

Por otra parte, al proponer teorías y conceptos para comprender la actividad científica estaremos resolviendo el primer tema del programa de Biología I y analizando la Teoría celular, construida en el siglo XIX, comprenderemos porque es considerada como el primer paradigma que dio a la biología el carácter de ciencia, con un cuerpo teórico y metodológico propio.

Al final presentaremos el análisis de la teoría celular en forma de propuesta educativa para aportar a los profesores un documento que les facilite la comprensión del fenómeno científico y la importancia del desarrollo de la ciencia que con la teoría celular estableció la gran diferencia entre lo vivo y no vivo.

Enseñar ciencia requiere forzosamente de una forma de enseñar basada en las nuevas corrientes educativas y en los lineamientos marcados por el Modelo educativos del Colegio: “aprender a aprender” Pozo lo explica así: “El currículo de ciencias es una de las vías a través de las cuales los alumnos deben aprender a aprender, adquirir estrategias, y capacidades que les permitan transformar, reelaborar y en suma reconstruir los conocimientos que reciben.” (Pozo, p.29)

b) Cómo atenderá el propósito general del Campo de Actividad seleccionado, a través de los productos o actividades.

El campo de actividad elegido es el Campo II. Fortalecimiento de la docencia. Este campo de actividad tiene el propósito de elevar la calidad de la práctica docente con fundamentos psicopedagógicos y didácticos innovadores. Para ello es necesario promover la formación actualización en los ámbitos disciplinarios, didáctico y del Manejo de las tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC). Es recomendable que los profesores participen en proyectos de



investigación educativa, donde estudien y analicen los fenómenos educativos presentes en el colegio y que estén relacionados con su práctica docente.



El proyecto que estamos presentando se concretará en un documento producto de la investigación de la historia y filosofía de la ciencia, especialmente los avances del siglo XIX que llevaron a la construcción de la teoría celular. El análisis histórico y filosófico de la teoría facilitará a los docentes la comprensión de una concepción de ciencia dinámica, que responde a contextos históricos y científicos y que permitirá a los estudiantes conocer los caminos o vías que han utilizado los científicos a través de la historia, para comprender que la ciencia no ha seguido un camino lineal, sino que avanza y en muchas ocasiones retrocede o regresa a planteamientos o preguntas anteriores, o a respuestas o hipótesis planteadas en otras época, prueba de que la ciencia es una actividad dinámica.



También en el análisis histórico los profesores comprenderán que las teorías tienen una validez histórica, se construyen a partir de otras teorías, y los científicos son seres humanos inmersos en un contexto histórico, científico, social y económico.

Con el producto que presentaremos estaremos dando a los profesores herramientas didácticas para abordar los contenidos de los programas, específicamente los que se refieren a teorías.

c) Actividades y/o productos que el profesor se compromete a desarrollar de acuerdo con las definiciones institucionales.

Propuesta educativa, que incluye el análisis histórico y filosófico de la teoría celular y sugerencias didácticas para utilizar en el salón de clases.

d) Resultados esperados del proyecto, indicando la pertinencia, calidad y trascendencia de la actividad o producto.

PERTINENCIA

“Las materias del Área de Ciencias Experimentales [ÁCE), Química, Física, Biología, Ciencias de la Salud y Psicología, tienen como meta proporcionar a los alumnos los elementos que los lleven a conformar la parte de la cultura que corresponde al conocimiento científico y tecnológico, lo que permitirá a los egresados del bachillerato, interactuar con su entorno en forma más creativa, responsable, informada y crítica, además de capacitarlos para proseguir estudios superiores. Se requiere, entonces, un tipo de enseñanza-aprendizaje que conduzca al estudiante a mejorar sus habilidades intelectuales, además de proporcionarle conocimientos y procedimientos básicos para interpretar mejor la naturaleza y entender el contexto en el que surge el conocimiento científico a



través de alentar en los alumnos la curiosidad y el placer por el descubrimiento y la comprensión del mundo natural.” (Orientación y sentido de las áreas, p. 39)

El análisis histórico de las teorías lleva al alumno de la mano a recorrer el camino que siguen los científicos y a desarrollar habilidades tales como: cuestionar, interrogar, inquirir, cualidades indispensables para la investigación y sobre todo les desarrolla un pensamiento lógico. Si logramos este principio estaremos preparando estudiantes con las herramientas necesarias para desarrollar las investigaciones. El conocimiento del desarrollo histórico de las teorías, les explica a los alumnos de forma muy clara que los científicos siempre se basan en teorías para construir nuevas teorías, que la observación y la experimentación siempre están precedidas por la teoría y entenderá que rechazar la investigación teórica no lo lleva a ninguna parte, porque es la teoría, la que dirige la observación, la experimentación, el análisis, y el descubrimiento.

Nuestra propuesta educativa pretende convencer a los profesores de la necesidad de abordar las teorías en un marco histórico y filosófico y además explicar a los docentes la necesidad de establecer la importancia de la teoría en las actividades prácticas y experimentales. No existe en la historia una teoría que se haya construido a partir de un experimento, los científicos son personas formadas académicamente en una disciplina o ciencia y sus investigaciones son guiadas por sus marcos conceptuales o teóricos.

CALIDAD

La calidad de nuestra propuesta se basa en la investigación que realizamos en forma permanente acerca de la historia y filosofía de la ciencia. Durante más de cuarenta años me he dedicado a buscar alternativas para la enseñanza de la ciencia, he escrito libros, artículos y he analizado en mi área complementaria prácticamente todas las teorías de los programas de biología con la finalidad de proponer a los profesores, formas diferentes (antipositivistas) de abordar la enseñanza de la ciencia, basadas en las propuestas de filósofos e historiadores del siglo XX y XXI. La maestra Margarita Pacheco también ha sido una estudiosa constante de la enseñanza de la ciencia y la historia.

Los programas de formación de profesores necesitan modificarse, los académicos necesitamos estudiar, es un requisito indispensable para practicar la docencia. La gran mayoría de los cursos propuestos por la administración se centran en el desarrollo de estrategias para la docencia, sin entender que los maestros necesitamos una actualización permanente en la disciplina, la didáctica, las teorías educativas y en la formación científica. Si atendemos a estas necesidades entonces mejoraremos fácilmente nuestra práctica educativa sin



necesidad de difundir las estrategias como recetas totalmente ajenas al contexto de cada aula y cada grupo.

El Colegio tiene como enfoque didáctico, la concepción constructivista de la educación y partimos del principio de que los estudiantes a lo largo de su vida han construido una estructura conceptual que expresa su historia. En el Colegio atendemos los preconceptos de los alumnos y consideramos que la enseñanza de la ciencia es la plataforma básica para conocer las diferentes disciplinas y comprender el mundo que nos rodea. La tarea del profesor es lograr que los estudiantes se enamoren de la ciencia. Con la enseñanza de la ciencia, los alumnos desarrollan un pensamiento racional.

Bruner afirma: “La escuela desplaza el aprendizaje del contexto de la acción inmediata para introducirlo entre los confines de una institución. Gracias a esta extirpación, el aprendizaje se convierte en un acto en sí mismo que aparece liberado de los fines inmediatos de la acción y que dispone al aprendiz a un tipo de razonamiento que se aparta del beneficio inmediato y conduce a la reflexión.” (Bruner J. S. 2004, p. 79)

TRASCENDENCIA

La propuesta educativa podrá ser utilizada y consultada por los profesores. Es necesario que se abran espacios de análisis y discusión y volvamos a garantizar la exposición de nuestros trabajos de área complementaria para compartirlos con los profesores de carrera y con los docentes de asignatura.

Lo fundamental es elevar el nivel académico de los estudiantes, pero para lograrlo, los académicos necesitamos prepararnos y compartir nuestras experiencias en las aulas. La docencia es una actividad humana y el dialogo entre profesores es indispensable para que podamos fijar objetivos comunes y lograr una docencia de calidad.

La propuesta educativa estará desarrollada en forma lógica con un lenguaje específico y claro y será un instrumento adecuado para profesores de carrera y asignatura.

e) Calendario o cronograma de actividades que precise la organización del trabajo

Calendario tentativo

A partir del 21 de agosto de 2019 nos reuniremos para discutir los documentos del Colegio y las reuniones serán en los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre cada quince días, los miércoles de 16-20 horas. Discutiremos los



documentos del Colegio: Orientación y sentido de las áreas, Perfil del egresado, programa de Biología I y las propuestas epistemológicas de Popper para comprender el rechazo al inductivismo, posteriormente analizaremos el carácter social de la ciencia con las propuestas epistemológicas de Kuhn y para comprender la relación entre la historia y la filosofía de la ciencia estudiaremos a Lakatos. A partir de marzo de 2020 empezaremos a investigar el desarrollo histórico de la teoría celular para realizar la propuesta educativa. A partir de abril nos reuniremos cada semana los miércoles hasta que terminemos el producto.



f) Actividades a realizar por cada uno de los integrantes (coordinadores y participantes), señalando las responsabilidades y compromisos que en lo individual les corresponde.

En nuestro caso, no tendremos coordinador porque sólo somos dos profesoras las que realizaremos el trabajo. Mi responsabilidad será mayor porque soy profesora de carrera y tengo el tiempo y las condiciones laborales adecuadas para desarrollar la propuesta educativa. Pero la participación de la maestra Margarita será permanente en las investigaciones y el análisis histórico y filosófico de la teoría celular. La investigación, discusión y dialogo será enriquecedor para las dos y sobre todo, para el desarrollo de la propuesta educativa.

g) Recursos humanos y materiales viables que se requerirán para el desarrollo del proyecto.

1. Documentos del colegio.
2. Material de papelería.
3. Computadora.
4. Libros, revistas, etcétera.

2. Fuentes consultadas

DOCUMENTOS DEL COLEGIO

Orientación y sentido de las áreas del Plan de estudios actualizado, CCH, UNAM.

Programa de Biología I., 2017, CCH UNAM.

LIBROS

1. Bruner, J.S., 2004, *Desarrollo cognitivo y educación*, Ed. Morata, Madrid España



2. Chacón, Miravete y Suárez, 2014, *Metodología de las Ciencias. Popper, Kuhn y Lakatos*, UNAM, CCH. México.
3. Feyerabend Paul, 2014, *La ciencia en una sociedad libre*, editorial siglo XXI, México.
4. Kragh Helge, 2007, *Introducción a la historia de la ciencia*, Editorial crítica, Barcelona España.
5. Mosterin Jesús, 2013, *Ciencia, filosofía y realidad*, Editorial gedisa, Barcelona España.
6. Pozo y M. A Gómez, 2009, *Aprender y enseñar ciencia*, ed. MORATA. Madrid España.

3. ANEXO, Carta compromiso de la maestra Margarita Pacheco





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



H. CONSEJO TÉCNICO DE LA ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
P R E S E N T E

Por este medio, manifiesto mi decisión de participar **voluntariamente** durante el ciclo escolar 2019-2020, en el Grupo de Trabajo coordinado por la Profesora Julieta Chacón López, cuyo producto o actividad es: Propuesta Educativa: Análisis histórico y filosófico de la teoría celular Rubro I Nivel C Numeral 18 de acuerdo al Glosario de Términos.¹

Por tal motivo me comprometo a cumplir con la normatividad relativa al funcionamiento de los grupos de trabajo.²

- Participar **únicamente** en este grupo de trabajo.
- Realizar las actividades que el responsable o coordinador me asigne.
- Asistir a las sesiones que convoque el responsable o coordinador, **sin afectar** la atención de mis grupos escolares.

Si por algún motivo personal o laboral no continuara colaborando con el grupo de trabajo, lo notificaré **por escrito** al H. Consejo Técnico, en la Secretaría General de la DG, con copia al Consejo Académico, a la Jefatura de Sección del plantel o Departamento y al coordinador o responsable del grupo de trabajo, dentro de un plazo no mayor a los 60 días naturales de haber iniciado el ciclo escolar (**4 de octubre de 2019**).

Atentamente

Cd. Mx., a 13 de junio de 2019

Nombre y Firma del profesor(a): Rosa Margarita Pacheco Hernández

RFC: PAHR751111EVA

Plantel de adscripción: CCH Sur

¹ "Glosario de Términos" del Protocolo de Equivalencias para el Ingreso y la Promoción de los Profesores Ordinarios de Carrera del Colegio de Ciencias y Humanidades para el Ingreso y Promoción de los Profesores Ordinarios de Carrera del Colegio de Ciencias y Humanidades (2008) y/o la Actualización del Glosario de Términos del Protocolo de Equivalencias para el Ingreso y Promoción de los Profesores Ordinarios de Carrera del Colegio de Ciencias y Humanidades (2011).
² Reglas para el Reconocimiento, Creación y Funcionamiento de los Grupos de Trabajo Institucionales (2012).











INDICE.

| | Página |
|---|--------|
| Índice | |
| 1. Propuesta general | |
| A) Introducción | |
| B) Descripción de las actividades o los productos desarrollados con respecto al proyecto | |
| a) Marco teórico conceptual. | |
| b) La información en que se basa. | 7 |
| c) La contribución al mejoramiento de la docencia. | 10 |
| d) Las ventajas y sugerencias para su aplicación | 15 |
| e) Los efectos que tiene en los demás elementos que configuran la enseñanza y el aprendizaje de la asignatura o materia. | 19- 32 |
| C) Explicación sobre cómo se atendió el propósito general del campo de actividad seleccionado, a través de las actividades o los productos desarrollados pertinencia. | 77 |
| D) Valoración de las actividades y/o los productos, indicando su calidad y trascendencia | 78 |
| E) Reseña de las actividades, desarrolladas por cada uno de los integrantes del grupo de trabajo (coordinadores y participantes), señalando el cumplimiento de sus compromisos, así como el porcentaje de asistencia. | 81 |
| F) Evaluación global del grupo de trabajo y una reflexión sobre su funcionamiento y desempeño. | 83 |
| 2. Fuentes consultadas. | 84 |
| Sugerencias de estrategias | 86 |
| Sugerencias didácticas para la enseñanza de la Teoría celular | 91 |



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL SUR
INFORME ÁREA COMPLEMENTARIA 2019-2020



Martha Julieta Chacón López

Rosa Margarita Pacheco Hernández

1. PROPUESTA GENERAL

A) INTRODUCCIÓN

Campo II. Fortalecimiento de la docencia

3. Actividades de investigación sobre el quehacer docente

PROPUESTA EDUCATIVA. RUBRO I C-18. Es la propuesta estructurada y fundamentada, basada en un estudio o investigación formal que, con el fin de mejorar su eficiencia, modifica aspectos centrales de la docencia de una asignatura o materia curricular o extracurricular, o un conjunto de ellas o de un área y su sentido, de forma coherente con los propósitos y filosofía educativa del Plan de Estudios del Colegio. El informe o el cuerpo del trabajo incluyen:

- a) Marco teórico conceptual.
- b) La información en que se basa.
- c) La contribución al mejoramiento de la docencia.
- d) Las ventajas y sugerencias para su aplicación y
- e) Los efectos que tiene en los demás elementos que configuran la enseñanza y el aprendizaje de la asignatura o materia. Debe tener el aval institucional por aprobación del Consejo Técnico o de las autoridades académicas del colegio o contar con un arbitraje positivo o evaluación del comité de pares.

LOS OBJETIVOS

Análisis histórico y filosófico de la teoría celular

Kragh, explica la importancia de la historia de la ciencia en la enseñanza “La historia de la ciencia puede desempeñar un papel positivo en la enseñanza. Puede

contribuir a una concepción menos dogmática de la ciencia y de los métodos científicos. Pudiendo actuar también como antídoto contra la ortodoxia y el entusiasmo acrítico por la ciencia.” (Kragh Helge, 2007, p. 55.)

El proyecto que vamos a desarrollar tiene como objetivo la construcción de elementos teóricos y propuestas didácticas que faciliten a los profesores la comprensión de una concepción de ciencia antipositivista, las características de las teorías, y la forma en qué se construyó la teoría celular. Para proponer la construcción de una concepción de ciencia, analizaremos las propuestas epistemológicas de Kuhn, Lakatos y Feyerabend y con base en las metodologías de estos epistemólogos construiremos el marco conceptual que nos facilite el análisis histórico y filosófico de la teoría celular. La teoría celular construida en el siglo XIX, es el primer paradigma de la Biología y con la teoría de la evolución de Darwin y las leyes de la herencia construidas por Mendel, se constituyó el marco teórico y metodológico que dio origen a la biología.



Fundamentación

En el programa de biología I encontramos en la primera unidad ¿Por qué la biología es una ciencia y cuál es su objeto de estudio? El tema 1. Panorama actual de la biología y el sub-tema Bases de la biología como ciencia. El primer aprendizaje de esta unidad dice: Identifica a la Teoría celular y la Teoría de la evolución por selección natural como modelos unificadores que proporcionaron las bases científicas de la biología moderna.

La unidad 2. ¿Cuál es la unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos? Tema 1. Teoría celular.

Para abordar las dos unidades y los temas descritos es necesario construir una concepción de ciencia acorde con los lineamientos establecidos en el documento: Orientación y sentido de las áreas, que corresponden a las propuestas epistemológicas desarrolladas en el siglo XX y conciben a la ciencia como una actividad humana, que se desarrolla en el contexto de las comunidades científicas, a las teorías como producto de un desarrollo histórico y a los métodos de investigación como diversos y variados, tanto como lo son, los objetos de estudio.

Las teorías están sometidas a revisiones conceptuales, empíricas, metodológicas y en general epistemológicas en el contexto de las comunidades científicas y la historia nos muestra cómo a través del tiempo, los científicos han desarrollado preguntas y en un contexto histórico específico, han construido respuestas. La ciencia en la Época Clásica estuvo muy relacionada con la filosofía y podemos afirmar que de hecho no podemos analizar la historia de la ciencia sin comprender

la forma en que fueron postuladas las preguntas y cómo se fueron resolviendo a lo largo del tiempo.

Mosterín nos dice que es importante una filosofía a la altura de nuestro tiempo, rigurosa, ambiciosa y plenamente integrada en la actividad intelectual de la época que nos ha tocado vivir, es decir, una filosofía que asimile y someta a crítica epistemológica y análisis conceptual los resultados de una investigación científica. Una ciencia ayuna de filosofía corre el riesgo de quedar reducida a técnicas y rutinas desabridas de corto vuelo. (Jesús Mosterín, 2013, p. 9).



Los programas del Colegio están estructurados por contenidos, que en su mayoría son teorías, y los profesores debemos analizarlas como lo que realmente son: producto de un desarrollo histórico y no verdades absolutas, o productos simples como si fueran artículos. El análisis actual de la actividad científica afirma que las teorías se construyen a partir de otras teorías, los científicos se preparan en el trabajo académico y de la investigación científica, y cuando abordan un problema; lo hacen en el contexto de un marco conceptual.

El análisis histórico y filosófico de las teorías que constituyen los programas, nos facilita la construcción de una concepción de ciencia, acorde con la actividad de los científicos. Filósofos como Bachelard, Feyerabend, Lakatos, Kuhn y otros epistemólogos de la ciencia, se han dedicado a analizar el fenómeno científico.

La ciencia se ha desarrollado a través del tiempo y en cada etapa histórica se han hecho grandes aportaciones a preguntas tan importantes como la de ¿Cómo se originó la vida? ¿Cuál es el principio fundamental de la naturaleza? La ciencia es una actividad humana, los científicos encuentran en la naturaleza fenómenos y construyen teorías para explicarlos; por lo tanto las teorías son construcciones mentales. Hace unos días escuché a un maestro de física decir, que la naturaleza tiene sus propias mediciones, me extrañó mucho escucharlo porque parece que tiene una concepción positivista de la ciencia, incluso es probable que no haya leído el documento del Colegio: Orientación y sentido de las áreas en donde se expresa en forma muy clara, la concepción científica del modelo educativo. En la naturaleza encontramos fenómenos y son los científicos los que construyen modelos teóricos y empíricos para explicar esos fenómenos. El mismo maestro planteó que los científicos hacen experimentos y construyen las teorías y en las propuestas de Popper, Kuhn y Lakatos (siglo XX) se plantea que la observación y la experimentación siempre están precedidas por las teorías.

Mosterín afirma: “Popper siempre se opuso al método inductivo, al que consideraba lógicamente inválido, sosteniendo sonadas polémicas con Carnap y otros inductivistas. La ciencia no procede por inducción, saltando la observación

de casos singulares a la formulación de una ley general. La inducción ni siquiera sirve para establecer la probabilidad de las leyes. El genuino método científico es hipotético-deductivo. Consiste en la formulación de hipótesis y conjeturas audaces (cuanto más improbables y arriesgadas, tanto mejor) y en su subsiguiente crítica implacable. Esa crítica se basa en la deducción de consecuencias a partir de las hipótesis y en los intentos denodados por refutar experimentalmente dichas consecuencias, contrastándolas con los resultados de observaciones y experimentos". (Mosterín, 2013, Ciencia, filosofía y racionalidad, Barcelona España, Editorial gedisa, pág.250).



Pozo afirma: "Esta concepción positivista, según la cual la ciencia es una colección de hechos objetivos regidos por leyes que pueden extraerse directamente si se observan esos hechos con una metodología adecuada, se ha visto superada, entre los filósofos e historiadores de la ciencia, pero no necesariamente en las aulas." (Pozo, 2009, p. 24)

Desafortunadamente así es, los mitos en torno a la ciencia han llevado a los profesores y alumnos a concebir el método experimental como único en la ciencia y a las teorías como verdades absolutas. Necesitamos analizar el fenómeno científico a la luz de las propuestas de los filósofos del siglo XX y XXI. La comprensión del fenómeno científico cambia las concepciones de los alumnos. Un problema importante de la concepción positivista, es afirmar que la ciencia es neutral y cuando analizamos una teoría como un proceso histórico, los estudiantes comprenden que la ciencia es una actividad social, que las teorías son construcciones mentales que se someten a revisiones permanentes, en las comunidades científicas. El experimento sólo es un método más de demostración, porque cada ciencia tiene sus propios métodos de verificación. Los métodos son construcciones lógicas que utilizan los hombres de ciencia para abordar un problema y buscar su solución.

Paul Feyerabend nos dice:

"La idea de que la naturaleza es infinitamente rica tanto cualitativa como cuantitativamente fomenta el deseo de hacer nuevos descubrimientos y conduce de esta manera a un principio de aumento de contenido que nos proporciona otro criterio para juzgar las teorías: las teorías que tengan un mayor contenido que las ya conocidas son preferibles a las otras." (Feyerabend, 2014, p. 34)

El Colegio ha conservado su nombre: Colegio de Ciencias y Humanidades y es importante que los profesores actualicemos nuestras concepciones acerca de la ciencia, porque aunque los epistemólogos del siglo XX, Popper, Lakatos, Kuhn y Bachelard entre otros, han dado elementos epistemológicos muy claros para

comprender la actividad científica, todavía algunos profesores explican la construcción de las teorías con un enfoque positivista.

Uno de los objetivos principales del Modelo Educativo del Colegio es el de desarrollar en los estudiantes un pensamiento racional, un pensamiento científico, pero difícilmente se puede lograr si los profesores carecen de las herramientas filosóficas y epistemológicas necesarias para entender cómo se ha desarrollado la ciencia y cómo se realiza la actividad científica.



El desarrollo de un pensamiento racional radica en la comprensión de la actividad científica como un compromiso de una comunidad formada por personas, por seres humanos que trabajan en comunidades, en un contexto social, económico y político y que se preparan durante su vida para desarrollar la ciencia, nada tienen de genios iluminados. Los alumnos deben saber que ellos, pueden también formar parte de las comunidades científicas cuando están dispuestos a prepararse académicamente e incorporarse a los centros de investigación.

Bachelard nos explica en forma magistral Se modifica entonces el problema filosófico de verificación de las teorías. La exigencia empirista que lo reduce todo a la experiencia, patente todavía en el siglo pasado, ha perdido su predominio en el sentido de que la fuerza del descubrimiento se ha trasladado casi por completo a la teoría matemática.

Poco a poco, la coherencia racional suplanta en fuerza de convicción a la cohesión de la experiencia usual. La microfísica ya no es una hipótesis entre dos experiencias, sino más bien una experiencia entre dos teoremas (Bachelard, 2004, Estudios, Buenos Aires Argentina, Editorial Amorrortu, pág. 20)

ALCANCES A LOS QUE SE LLEGO AL FINALIZAR EL PROYECTO

Propuesta educativa. Análisis histórico y filosófico de la teoría celular. Recomendación de estrategias.

B) DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES O LOS PRODUCTOS DESARROLLADOS CON RESPECTO AL PROYECTO:

Desarrollo de los aspectos que marca: El Protocolo de equivalencias para el ingreso y la promoción de los profesores ordinarios de carrera del Colegio de Ciencias y Humanidades

- a) Marco teórico conceptual. Desarrollo
- b) Análisis de la enseñanza en el Colegio de Ciencias y Humanidades
- c) Contribución al mejoramiento de la docencia.

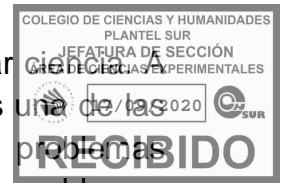
d) ventajas y sugerencias para su aplicación.

b) La información en que se basa

La enseñanza de la biología es una alternativa excelente para enseñar ciencia. A partir del siglo XX, la biología ha tenido un desarrollo permanente y es una de las ciencias más relacionadas con la vida de los estudiantes. Los problemas ecológicos: daños ambientales, calentamiento global, deforestación, problemas de salud, pérdida de la biodiversidad, etcétera, requieren del análisis crítico y lógico en el marco de la ciencia. Uno de los objetivos de la educación en el CCH, es, que durante los tres años que los alumnos estudian el bachillerato, desarrollen un pensamiento racional para entender su entorno social y ambiental, y asuman compromiso y responsabilidad con la sociedad. El pensamiento racional les facilita el análisis de los problemas; en el marco de una actitud crítica y propositiva. La pandemia que estamos sufriendo, está en relación directa con la destrucción y alteración del ambiente. La especie humana se ha multiplicado en forma alarmante (7,544 miles de millones de habitantes), cada vez ocupa más espacios naturales, destruyendo a otras especies. El origen de la destrucción ambiental data del siglo XIX (en el origen capitalismo) cuando se desarrolló la Revolución Industrial. Hace treinta años el problema se incrementó con el desarrollo del neoliberalismo, porque el Estado dejó de ser regulador de las empresas y los empresarios para obtener grandes ganancias incrementaron el daño al ambiente, destruyendo un gran número de ecosistemas. Los empresarios compiten ahora por encabezar las listas de Forbes, y no les importa la población y mucho menos respetar la naturaleza y la biodiversidad.

La propuesta educativa que estamos presentando, pretende ofrecer a los profesores de biología, un ejemplo claro de la forma en que se analiza una teoría desde el marco de la historia y filosofía de la ciencia, para desarrollar en los estudiantes un pensamiento científico. La propuesta es para Biología, pero el marco conceptual que estamos desarrollando, se puede utilizar en todas las asignaturas. Los programas de las asignaturas de la academia de experimentales, de matemáticas, historia, etcétera, están formados por teorías y el análisis histórico y filosófico facilita al alumno la construcción de una concepción de ciencia que le permita analizar el fenómeno científico y apropiarse de métodos y habilidades propias de los hombres de ciencia.

La mayoría de los profesores de la academia de experimentales, nos hemos formado en la UNAM, pero son pocas las facultades que abordan la enseñanza de la historia y filosofía de la ciencia. En la Facultad de Ciencias se han hecho algunos intentos de incorporar al curriculum estas asignaturas, pero desafortunadamente quedaron como intentos aislados, ya que no había



congruencia con el resto de las asignaturas. Los científicos parece que no están muy interesados en analizar la forma en que realizan su propia actividad, se limitan a formar a los investigadores en el ejercicio de la propia investigación, de lo que resulta que ellos mismos, adoptan actitudes que responden a los mitos de la filosofía positivista: el del genio o sabio, que vive aislado del mundo terrenal. El problema es que con esas actitudes se interesan muy poco por desarrollar programas de apoyo y motivación para los estudiantes de bachillerato.



Nuestro país necesita formar un gran número de científicos para evitar la dependencia de países como Estados Unidos y países europeos. El problema para enseñar ciencia, es que algunos maestros no tienen claridad acerca de la misma. Enseñar ciencia en el bachillerato no significa hacer científicos en pequeño, sino entender cuáles son las habilidades que desarrollan los hombres de ciencia para participar en los procesos de construcción de las teorías. La principal habilidad que desarrollan los hombres de ciencia, es el manejo de instrumentos teóricos, sin teorías no existen los científicos, en base a una formación teórica desarrollan una persistente actitud de preguntar, cuestionar e inquirir. La formación teórica es indispensable, los profesores debemos entender que tenemos la responsabilidad de actualizarnos, estudiar y preparar nuestras clases. Sin una formación teórica adecuada, es muy difícil que podamos motivar a los alumnos, y sobre todo, diseñar actividades interesantes para los estudiantes. Los científicos no son personas improvisadas, todos ellos se forman en el contexto de sus comunidades y necesitan conocer los programas de investigación o paradigmas en los que van a trabajar. Además en la ciencia es muy importante construir hipótesis, las hipótesis que deben construirse en el marco de una teoría y las teorías guían al investigador para desarrollar la observación y la experimentación.

La docencia en el Colegio de Ciencias y Humanidades es propedéutica, los alumnos son formados para acceder a la licenciatura y los procesos de aprendizaje se desarrollan con base al enfoque constructivista. Lo esencial en esta concepción educativa, es que los estudiantes sean sujetos activos en la construcción de su propio aprendizaje. La enseñanza de la ciencia y el desarrollo de un pensamiento racional, son elementos fundamentales en la formación de los alumnos. Todos los programas del área de Ciencias Experimentales, están estructurados por contenidos, que en esencia son teorías, y es indispensable que los alumnos construyan una concepción de ciencia, que les facilite analizar la construcción de las teorías como procesos históricos. Es a través del análisis histórico y filosófico de las teorías, que el estudiante se apropia de metodologías que le sirven para abordar sus propios problemas y buscar su solución. La ciencia es una actividad social, las teorías son resultado de un desarrollo histórico, las

teorías son perecederas. Pozo afirma: “se debe enseñar la ciencia como un saber histórico y provisional, intentando hacerle participar de algún modo en el proceso de elaboración del conocimiento científico, con sus dudas e incertidumbres. lo cual requiere de ellos también una forma de abordar el aprendizaje como un proceso constructivo, de búsqueda de significados e interpretación, en lugar de reducir el aprendizaje a un proceso repetitivo o reproductivo de conocimientos precocinados, listos para el consumo”. (Pozo y Gómez Crespo, 2009, pág. 25) El estudio del desarrollo histórico de la teoría celular, es un ejemplo de que la construcción de paradigmas, no es un proceso sencillo y único de personas iluminadas. Las teorías se construyen como producto del trabajo histórico de un gran número de científicos, que van haciendo aportaciones hasta lograr construir teorías o acercamientos a la explicación de los fenómenos.



Pozo y Gómez Crespo, hacen énfasis en que “La ciencia es un proceso, no sólo un producto acumulado en forma de teorías o modelo, y es necesario trasladar a los alumnos ese carácter dinámico y perecedero de los saberes científicos (Duschl, 1994) logrando que perciban su provisionalidad y su naturaleza histórica y cultural, que comprenden la ciencia, la producción tecnológica y la organización social, y por lo tanto el compromiso de la ciencia con la sociedad, en vez de la neutralidad y objetividad del saber positivo de la ciencia. (Íbidem, p. 25).

Los programas de estudios están saturados de contenidos y los semestres se reducen a cuatro meses efectivos de clases, consideramos que es necesario establecer puntos de acuerdo entre los docentes para que desarrollemos habilidades comunes a todas las asignaturas. Habilidades formativas que le permitan al alumno, construir el conocimiento, un conocimiento racional, un pensamiento científico, que prepare a los alumnos para el manejo de instrumentos teóricos: organización y sistematización de la información y expresión oral y escrita. Todas estas habilidades le permiten al alumno abordar un problema y buscar su solución. El reto más importante que tenemos los docentes es desarrollar en los estudiantes, la habilidad de preguntar, cuestionar, inquirir y reflexionar, que finalmente son las cualidades de los hombres de ciencia. Al analizar los trabajos de los científicos, los alumnos se dan cuenta que los investigadores siempre parten de un marco teórico y metodológico para interrogar a la naturaleza y regresan una y otra vez a las fuentes bibliográficas a buscar sus respuestas, si no las encuentran, elaboran hipótesis y diseñan un nuevo camino a seguir, para responder esas preguntas. Una vez recorrido el camino, analizan sus datos, obtienen sus resultados, los analizan, los comparan con las teorías y construyen sus conclusiones. Si los resultados no concuerdan con las hipótesis planteadas, entonces deben revisar todo el proceso, elaborar nuevas hipótesis, nuevos caminos, hasta lograr un acercamiento a la explicación del fenómeno. La

actividad científica, sobre todo los experimentos, despiertan un gran interés en los alumnos, pero no debemos quedarnos sólo en repetir experimentos, lo más importante es que los propios alumnos, con base a la información teórica sean capaces de definir o delimitar los problemas, elaborar preguntas y trayectos caminos para responderlas.



La actividad práctica y experimental es formativa, pero si los profesores no somos capaces de analizar la ciencia como actividad social y de construir una concepción de ciencia a partir del conocimiento de las propuestas metodológicas de los filósofos del siglo XX, difícilmente podemos comprender el papel que la observación y la experimentación juegan en la investigación.

La observación y la experimentación siempre están precedidas por la teoría. Los científicos son capaces de observar los fenómenos de la naturaleza y lo hacen a la luz de un marco teórico específico.

En conclusión, si los estudiantes desarrollan habilidades propias de los científicos, estarán preparados para acceder a cualquier carrera y sobre todo se apropiarán de las herramientas básicas para entender el mundo que los rodea.

c) La contribución al mejoramiento de la docencia

El Colegio de Ciencias y Humanidades, se fundó en 1971, el próximo año cumplirá 50 años. Su creación tenía el propósito de instrumentar una transformación de la Universidad, se llegó a considerar como el germen de una nueva universidad. En su inicio se definieron nuevos currículums escolares dando origen a diversos estudios de posgrado con carácter interdisciplinario y un nuevo bachillerato. El problema grave fue que en la propia universidad surgieron detractores del proyecto: directores de algunas facultades se negaron a aceptar la propuesta de cambio y obligaron al Dr. González Casanova a renunciar a la rectoría. A partir de ese momento el proyecto fue desmantelado. En 1996 se cambió el curriculum y se redujo la docencia a dos turnos. Los horarios a partir de entonces son ingratos, los estudiantes deben estar en el Colegio desde las 7 de la mañana hasta la una de la tarde, sin oportunidad para descansar o comer. Por la tarde es igual, deben cumplir un horario corrido sin descanso. Ahora sufrimos otro problema más grave: el plantel Sur estuvo sometido a un paro desde el 5 de febrero y terminó cuatro meses después. Se terminó; no porque la administración haya recuperado el plantel, sino porque lo abandonaron las mismas personas que lo secuestraron. El plantel Sur fue destruido por completo, de tal forma que ahora los profesores y los trabajadores administrativos no tenemos centro de trabajo y los estudiantes no tienen escuela.

Increíble que ocurriera algo así, destruir una escuela pública y un proyecto maravilloso que durante casi 50 años fue cuidado y desarrollado por los profesores y los estudiantes. No podemos dejar de ignorar que la intención de acabar con el Colegio de Ciencias y Humanidades data de una larga historia que desafortunadamente se acentuó con los gobiernos neoliberales (A partir del gobierno de Salinas de Gortari y hasta el de Peña Nieto) la educación pública ha sufrido una embestida, se han diseñado reformas educativas de acuerdo a los intereses del capital, han descuidado la educación y le han dado un giro diferente: a los objetivos del aprendizaje: Han desatado una reyerta contra la educación pública y han otorgado subsidios a la educación privada: Consideran que los sueldos de los profesores son muy altos, los gastos en la escuela pública no retribuyen al capital, proponen formas de educación a distancia porque eso les facilita el ahorro en luz, agua y recursos en general. Las escuelas son concebidas como empresas. Fernando Escalante nos dice: “El segundo aspecto de los programas de reforma se refiere a la competencia de las escuelas entre sí. El punto de partida es el mismo de siempre. En la educación como en cualquier otro mercado, el deseo de una mayor ganancia (profit motive) es lo único en que se puede confiar, y no hace falta otra cosa, además. Por sí solo, eso puede resolver el problema de la calidad educativa. Está en el Modelo: los clientes buscan la mejor oferta, las empresas mejoran sus productos para atraerlos, gana quien ofrece mejor calidad a un menor precio”. (Fernando Escalante Gonzalbo, 2019, Historia mínima del neoliberalismo, México, Editorial El Colegio de México, pág.228.



La pandemia generada por el coronavirus SAR CoV-2 se manifestó en nuestro país a fines del mes de febrero, y generó una contingencia terrible que tiene a México sumido en problemas de salud muy severos. A raíz de este problema se suspendieron las clases y se decidió que la educación se desarrollara a distancia, por línea. Los profesores del Colegio habíamos trabajado un semestre con los estudiantes, y profesores y alumnos, nos conocíamos; por lo tanto, de cierta forma, se facilitó utilizar plataformas para desarrollar la docencia. Ahora iniciaremos semestres con alumnos nuevos, no los conocemos y del Colegio no sabemos nada, no nos informan cómo van los trabajos de reconstrucción. Para este semestre 2021-1, la UNAM decretó que trabajemos por línea.

Esperemos que esta situación no sea un pretexto más para dar un nuevo golpe al Colegio y a nuestro modelo educativo ¿Por qué hago referencia a esta situación? Porque la esencia del modelo educativo del Colegio, tiene como centro del hecho educativo a los propios alumnos. Son los estudiantes los principales protagonistas de la construcción del aprendizaje.

“Sin embargo, hoy en día hay mucha menos esperanza que hace cincuenta años. Los jóvenes ya no creen que serán mejores que sus mayores, por lo que necesitan más atención. Esta es una época terrible, la disminución del contacto entre la gente ha sido muy dolorosa y nos ha ayudado a darnos cuenta de lo importante que es hablar con la otra persona, no a través de Skype o Zoom sino cara a cara. Y veo que el odio ha sido un gran enemigo; tenemos que reflexionar sobre por qué existe el deseo de querer que el prójimo fracase”



<https://elpais.com/cultura/2020-09-06/theodore-zeldin-la-libertad-mas-importante-es-la-libertad-del-miedo.html>

La UNAM es una universidad pública y los estudiantes carecen de los instrumentos adecuados para tomar clases en línea ¿Cómo van a estar ante un celular durante 7 horas de clases? ¿Cómo se van a resolver esos problemas? Los profesores no hemos sido consultados, la administración decidió por nosotros. Y somos los maestros los que desarrollamos la docencia (actividad sustantiva del Colegio de Ciencias y Humanidades).

Ojalá que el gobierno de López Obrador sepa del daño tan grave que están causando a la educación de la UNAM.

Soy de las maestras fundadoras y por eso insisto en destacar la importancia de la creación del Colegio de Ciencias y Humanidades. “La propuesta original de González Casanova tenía como uno de los objetivos básicos, la enseñanza de la ciencia para lograr que, con los instrumentos de la misma, los alumnos desarrollaran un pensamiento crítico que les permitiera entender mejor la realidad y la posibilidad de transformarla”. (Chacón, et al, 2015-1, pág. 97).

En el perfil de egreso, el Colegio declara a la sociedad el tipo de alumno que pretende formar y explica que los alumnos del Colegio deberán “aprender a aprender”, “aprender a hacer” y “aprender a ser” Todos estos lineamientos necesitan de una plataforma básica, el desarrollo de un pensamiento racional, de un pensamiento científico. La enseñanza de la ciencia es esencial en el Colegio, para entender el contexto histórico y socio- económico que estamos viviendo, un contexto hostil y difícil; dominado por un mundo globalizado que produce generaciones de jóvenes sin anhelos y esperanza. El poder del capital domina prácticamente todas las instituciones.

¿Cómo enseñar ciencia?

En la historia de la ciencia identificamos las características del quehacer de los científicos.

Los profesores hemos recurrido a analizar la historia de la ciencia porque sabemos que la ciencia es una construcción social, las teorías son construcciones mentales y son producto de un desarrollo histórico. Las teorías se construyen a partir de otras teorías (origen deductivo), tienen una validez histórica porque siempre están sometidas a revisiones y contrastaciones, y los científicos son personas que se dedican a trabajar en comunidades: Institutos, Facultades, etcétera y están inmersos en un contexto social, económico y político. La ciencia no es neutral, se desarrolla en contextos sociales.



En el estudio de la historia de la ciencia, los profesores del Colegio encontramos las vías y caminos para conocer el fenómeno científico y encontramos respuestas a las siguientes cuestiones: ¿Cómo trabajaron los científicos desde la Época Clásica hasta el siglo XX? ¿Qué métodos utilizaron? ¿Cómo construyeron las teorías? ¿Cómo organizaban las comunidades científicas? ¿Cómo decidían cuáles teorías eran válidas? ¿Cómo las refutaban? ¿Cómo establecían la diferencia entre lo científico y lo metafísico? (Chacón, et.al, pág.99).

Nuestra propuesta educativa, responde a estos principios: La Historia de la Ciencia es una alternativa para analizar el desarrollo histórico de las teorías y desarrollar en los estudiantes un pensamiento científico

¿Qué descubrimos en la historia de la ciencia? En la historia de la ciencia encontramos concepciones muy distintas a las de la concepción positivista: los científicos pertenecían a grupos o comunidades y en ellas utilizaban métodos o caminos diferentes. El método experimental es un método de demostración como muchos otros, no es el único, las teorías no son verdades absolutas, la ciencia es una actividad social, las teorías son construcciones mentales con una validez histórica y los hombres de ciencia siempre parten de un marco teórico para detectar o definir un problema de investigación. (Chacón, et al, pág. 99)

La teoría celular es un gran ejemplo del desarrollo histórico de una teoría. Fue el primer gran paradigma que le dio a la biología un cuerpo teórico y metodológico propio, para convertir el estudio de los sistemas biológicos en una ciencia. Cuando investigamos su origen, debemos remontarnos a la Época Clásica y seguir sus huellas hasta llegar al siglo XIX. Al analizar el desarrollo histórico de la teoría celular, descubrimos que los científicos desarrollan procesos de construcción, en forma muy semejante a como los alumnos construyen aprendizajes significativos.

Pozo y Gómez Crespo defienden el modelo constructivista de la educación y recomiendan la enseñanza de la ciencia: “La idea básica del llamado enfoque constructivista es que aprender y enseñar, lejos de ser meros procesos de

repetición y acumulación de conocimientos, implican transformar la mente de quien aprende, que debe reconstruir a nivel personal los productos y procesos culturales con el fin de apropiarse de ellos. Esta idea no es desde luego nueva, ya que de hecho tiene detrás también una larga historia cultural y filosófica (Pozo, 1996^a), pero debido a los cambios habidos en la forma de producir, organizar y distribuir los conocimientos en nuestra sociedad, entre ellos los científicos, si resulta bastante novedosa la necesidad de extender esta forma de aprender y enseñar a casi todos los ámbitos formativos, y desde luego a la enseñanza de las ciencias. Las razones de este impulso constructivista pueden encontrarse en diversos planos o niveles de análisis que vienen a empujar en una misma dirección, aunque con apreciables diferencias. Una primera justificación la encontraríamos en el plano epistemológico, estudiando cómo se genera o elabora el conocimiento científico”. (Pozo y Gómez Crespo, p. 23).



El Dr. González Casanova se adelantó 50 años y propuso un modelo educativo con base a la concepción constructivista de la educación y como apuntamos antes, los profesores encontramos en la historia de la ciencia, una vía para que los estudiantes analicen el desarrollo histórico de la ciencia y conozcan los caminos, vías y procesos, a través de los cuales se han construido las teorías

Helge Kragh en su libro Introducción a la historia de la ciencia nos dice: “Aunque la historia de la ciencia como disciplina académica autónoma no se desarrolló hasta el siglo XX, durante siglos se dieron actividades que podrían llamarse con toda razón formas primitivas de historia de la ciencia. Descripciones y análisis históricos han ido siempre a la zaga del desarrollo de la ciencia. De hecho, hasta la consideración más superficial de la historia de la ciencia en el pasado nos revela que gran parte de los problemas historiográficos fundamentales que estudia hoy día la moderna historia de la ciencia pueden encontrarse también en siglos pretéritos. (Helge Kragh, 2007, Introducción a la historia de la ciencia, Madrid España, p. 9).

La intención de estudiar la historia de la ciencia, es conocer ¿Cómo los hombres de ciencia abordaron un problema? ¿Qué métodos utilizaron? ¿Qué preguntas elaboraron? ¿Cuáles obstáculos encontraron? ¿Hasta dónde llegaron en la explicación de un fenómeno? y ¿Cómo fueron utilizadas sus teorías en las siguientes generaciones?

Todas las ciencias tienen sus propias metodologías, y la historia y filosofía de la ciencia, son indispensables para impartir cualquier asignatura: biología, química, física, matemáticas, historia etcétera. En el estudio de la historia de la ciencia aprendemos que la ciencia no es neutral, los científicos también pueden responder a intereses y este análisis sirve para desarrollar una actitud crítica hacia los

hombres de ciencia, indispensable, para que los estudiantes entiendan cómo influye el entorno social, económico y político, en la obra de un investigador.

Patricia Fara nos dice: “Escribir historia no es sólo conocer los hechos y los acontecimientos en el orden correcto, también implica reinterpretar el pasado redibujar el mundo- eligiendo opciones sobre lo que se debe incluir y lo que se debe dejar fuera. En los libros tradicionales de historia de la ciencia, los científicos son alabados como genios situados por encima del común de los mortales. Como corredores olímpicos, se pasan el testigo de la verdad abstracta de un gran intelecto a otro, ajenos a la corrupción de las preocupaciones mundanas y dominados por su sed insaciable de conocimiento absoluto. Mediante meticulosos experimentos, razonamiento lógico y, ocasionalmente, un salto de inspiración, desvelan los secretos de la naturaleza para poner la verdad al descubierto.” (Patricia Fara, 2009, Madrid España, Editorial Ariel, p. 11).



Pero eso no es así, en la Historia de la Ciencia encontramos muchos ejemplos de cómo científicos honestos han sido despojados de sus trabajos o de su reconocimiento por intereses económicos o políticos.

Insistimos en la Historia de la Ciencia porque un gran número de profesores reducen su práctica docente a repetir prácticas o experimentos. Enseñar ciencia no significa repetir prácticas todo el semestre, los experimentos son utilizados por los científicos como métodos de demostración y siempre están precedidos por la teoría. En el siglo XX la epistemología de la ciencia, cobró una gran importancia y es necesario que conozcamos las metodologías principales para erradicar del pensamiento de los estudiantes, que la observación es una actividad basada en los sentidos.

d) Las ventajas y sugerencias para su aplicación

Los epistemólogos de la ciencia en el siglo XX

Las propuestas epistemológicas de los filósofos del siglo XX: Popper, Lakatos, Kuhn, Bachelard, etc, nos presentan alternativas para el análisis de la actividad científica. Algunos maestros siguen utilizando la concepción positivista de la ciencia, que afirma: las teorías se construyen a partir de la observación y la experimentación. El propio Colegio de Ciencias y Humanidades recomienda en el documento Orientación y Sentido de las áreas concepciones formadas con base a los epistemólogos del siglo XX.

En el documento: Orientación y Sentido de las áreas explican: Los estudiantes necesitan entender su entorno y ser capaces de analizarlo para desarrollar las habilidades necesarias e integrarse a la sociedad. Hoy más que nunca se hace

indispensable el estudio y el compromiso para el desarrollo de la cultura y sobre todo de la enseñanza de la ciencia. “La ciencia es parte integral de la cultura humana, es producto de ésta y al mismo tiempo contribuye a crearla y ampliarla; por tanto, cualquier ciudadano, sea o no científico, necesita una cierta comprensión de la ciencia, de sus posibilidades y límites. Esto incluye no sólo los conocimientos de la ciencia, sino sus procedimientos y sus limitaciones, así como la estimación de sus implicaciones prácticas y sociales.” (Íbidem, p. 37, Orientación y sentido de las áreas).



La clásica forma de enseñar ciencia con la receta del método experimental, no es una forma lógica de comprender la importancia de la ciencia y mucho menos en el contexto actual. La pandemia ha demostrado que no es el futbol, la actividad imprescindible para la sociedad, necesitamos médicos, enfermeras, personal de limpieza y empleados de las tiendas que tengan un mayor reconocimiento y mejores salarios. Por supuesto que también, en este momento, la ciencia ha cobrado una gran importancia, y se ha convertido en la esperanza de todos los seres humanos. Hoy más que nunca se hace necesario que nuestros estudiantes conozcan las actividades de los científicos y sobre todo, que sepan cuál es el camino que deben recorrer para prepararse, y en un futuro; formar parte de la actividad científica, que es indispensable para resolver los problemas que afectan a nuestro planeta.

Según Kragh “la historia de la ciencia puede darnos un recordatorio muy útil de que las formas en las que se lleva hoy día a cabo la ciencia no son las únicas posibles, sino tan sólo una selección socialmente condicionada de múltiples alternativas, La referencia a procedimientos históricos conocidos puede darnos información sobre cuáles son los aspectos de la ciencia que son “naturales” y qué partes de la ciencia son intrínsecas a la ciencia per se; y, lo que viene más al caso, puede informarnos también cuáles aspectos no están más que determinados culturalmente y por lo tanto, no son sino parte del contexto social de la ciencia contemporánea. En particular es la historia de la ciencia la que nos ha enseñado que la fe positivista en una ciencia libre de valoraciones y culturalmente independiente no es más que un mito. Asimismo, la historia de la ciencia, más que ninguna otra disciplina, incluida la filosofía, es la que nos ha enseñado que el método científico, concebido como una doctrina absoluta y canónica, es un artificio”. (Kragh, pág. 59)

En el contexto actual del Colegio se fomenta muy poco la preparación y formación docente, cultural y científica de los maestros. Algunos profesores conciben la concepción constructivista como el uso de estrategias que son reducidas a actividades que no cumplen con la construcción de aprendizajes significativos. Utilizan los mapas conceptuales sin estudiar el origen de esas herramientas y los

reducen a actividades simples, sin tomar en cuenta que Novak propuso los mapas conceptuales como una vía para construir aprendizajes significativos.

La enseñanza de la ciencia es una gran alternativa para formar un pensamiento científico, favorece el desarrollo de habilidades cognitivas, experimentales, resolución de problemas y en general actitudes de investigación y reflexión acerca de la ciencia. El trabajo de los científicos es un trabajo social en el contexto de las comunidades y la colaboración es fundamental para lograr avances significativos. El Colegio fomenta el trabajo colectivo, y en los equipos cada alumno aporta lo mejor de sí mismo. Es indispensable que al analizar el fenómeno científico, los maestros destaquen la importancia de las comunidades y sobre todo el papel que juega el consenso de las comunidades en el avance de la ciencia. La expresión oral y escrita son requisitos para la publicación de los trabajos e investigaciones. En el Colegio podemos organizar foros en donde los estudiantes expongan sus trabajos y los discutan con sus compañeros de grupo o de otros grupos. El discurso escrito debe tener lógica y coherencia, de otra forma, no podrá ser entendido por otros colaboradores. De igual manera, los alumnos deben saber cómo reportar sus trabajos; para que puedan ser leídos y comprendidos por los profesores y los compañeros.

La investigación científica, nos muestra el camino que debemos seguir para abordar el conocimiento, nos explica la importancia de las preguntas, la importancia del manejo de los instrumentos teóricos. Con la historia de la ciencia, los profesores aprendimos que debemos lograr que los estudiantes se enamoren de la ciencia y la utilicen como marco teórico fundamental, para comprender y explicar el mundo que los rodea. La formación de un pensamiento racional, nos libra de prejuicios, que son tan nocivos y causan tanto sufrimiento en nuestra sociedad. En nuestro país existen prejuicios acerca del color de la piel, prejuicios de clase, de la estatura, del peso, de la orientación sexual, de género etcétera y estos prejuicios están basados en ignorancia e incapacidad de analizar científicamente la historia de la humanidad y el contexto social en el que vivimos. De cierta forma el positivismo en la educación y en la enseñanza de la ciencia han sido muy nocivos para nuestra sociedad.

Bachelard en el libro “La formación del espíritu científico” nos dice: “El conocimiento de lo real es una luz que siempre proyecta alguna sombra. Jamás es inmediata y plena. Las revelaciones de lo real son siempre recurrentes. Lo real no es jamás “lo que podría creerse”, sino siempre lo que debería haberse pensado. El pensamiento empírico es claro, inmediato cuando ha sido bien montado el aparato de las razones. Al volver sobre un pasado de errores, se encuentra la verdad en un verdadero estado de arrepentimiento intelectual. En efecto, se conoce en contra de un conocimiento anterior, destruyendo conocimientos mal adquiridos o



superando aquello que, en el espíritu mismo, obstaculiza a la espiritualización”. (Bachelard, decimoquinta reimpresión, 1990, La formación del espíritu científico, México, ed. Siglo XXI, p. 15).

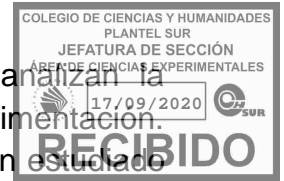
Es extraño pero hasta los profesores que realizan investigación, analizan la actividad científica como si fuera una suerte de observación y experimentación. Están tan identificados con su disciplina que no se dan cuenta que han estudiado y se han preparado en una ciencia o una disciplina, han estudiado durante años y su propio conocimiento les genera la posibilidad de construir argumentos, plantear dudas y formular preguntas que los lleven a la investigación. Un científico no parte de la nada, la observación siempre está dirigida por la teoría: Somos ciegos en un museo si previamente no nos preocupamos por estudiar las características del mismo y de sus obras, podemos pasar de largo sin percibir maravillas. Un paleontólogo en un campo de fósiles identifica rápidamente cientos de ejemplares, pero una persona que no sabe que los fósiles existen o que nunca antes los ha visto, generalmente los ignora.

“La ciencia intenta dar una explicación objetiva y racional de la naturaleza y sus avances se enmarcan en el contexto social, económico y cultural de la época en que surgen. No se trata, de un conjunto de productos y procesos invariables y acabados, dado que éstos se rehacen una y otra vez y presentan una amplia gama de posibilidades de desarrollo. De ahí que la ciencias y las formas como se construyen sus cuerpos de conocimientos, se conciben como procesos denominados y globales en constante transformación y crecimiento.” (Orientación y Sentido de las áreas, pág. 34).

“El conocimiento científico y los procesos que le han dado origen son productos históricos, resultado de la evaluación del estudio sobre la naturaleza a través del tiempo. “ (Orientación y sentido de las áreas, Ídem)

La ciencia es una actividad social, los científicos trabajan en comunidades y en el contexto de sus comunidades desarrollan investigaciones. Cada comunidad trabaja en torno a un modelo teórico y metodológico, a los que Kuhn llama paradigma o matriz disciplinar. Los astrónomos pertenecen a una comunidad y en el caso de la UNAM, es el Instituto de Astronomía, los economistas trabajan en el Instituto de Investigaciones Económicas, los biólogos moleculares en el Instituto de Biología Molecular, los ecólogos en El Instituto de Ecología, etcétera.

Si analizamos el desarrollo histórico de la construcción de las teorías, podemos comprender, que un científico no puede partir de cero, el conocimiento se va desarrollando, las teorías van creciendo y en cada época



los hombres de ciencia trabajan de acuerdo a los contextos científicos y metodológicos.

e) Los efectos que tiene en los demás elementos que configuran la enseñanza y el aprendizaje

Historia y filosofía de la ciencia



La historia de la ciencia además de permitirnos conocer el desarrollo histórico de un paradigma, es una alternativa excelente para que los estudiantes desarrollen su cultura, porque cada etapa histórica del desarrollo humano tiene características muy específicas y si la ciencia es una actividad social, es importante que conozcamos las características sociales y culturales de cada época, para que podamos entender las motivaciones de los científicos. Krugh lo explica así: Existen dos formas de estudiar la historia de la ciencia: horizontal y vertical, la vertical, nos exige más tiempo y dedicación porque requiere del estudio de todo un contexto, la horizontal, sólo se dedica a un solo tema. Se delimita un tema y se estudia, pero sin conocer el contexto. Krugh recomienda la historia vertical. “En la historia organizada de manera horizontal, el historiador aísla una disciplina determinada o un problema concreto de las demás disciplinas contemporáneas. Este enfoque implica el peligro de caer en anacronismos, al basarse en la presunción de una continuidad disciplinar. Si el historiador adopta una perspectiva estrecha y horizontal, puede pasar que no se desvele la dependencia que puede haber de otros problemas situados fuera del objeto de estudio del especialista. La historia disciplinar y horizontal tiende a convertirse en una recapitulación sin savia, un compendio del origen, desarrollo y decadencia de los aspectos internos de la disciplina en cuestión. Como tal no sólo resultará relativamente carente de interés sino, además, artificialmente limitada. (Kragh, pág. 113)

La filosofía de la ciencia es tan antigua como la ciencia misma, los griegos, grandes precursores de la ciencia, no sólo le dieron al conocimiento un carácter racional sino que además estudiaron y analizaron el fenómeno científico. Igual que construían teorías, reflexionaban acerca de las metodologías y de la forma en que se construían las generalizaciones. Aristóteles (384^a.C.-322 a. C.) se considera el primer gran filósofo de las ciencias, para Aristóteles el sistema axiomático era indispensable en la construcción de una teoría. Otro filósofo notable, es Francis Bacon (inglés, 1561-1626) que en el siglo XVII, manifestó por primera vez en la historia de la ciencia, el interés por analizar el fenómeno científico como un desarrollo del pensamiento racional. En el siglo XVIII Kant (1724-1824) filósofo notable, expresó una gran curiosidad por comprender cómo una teoría tan abstracta como la mecánica newtoniana se podía utilizar para explicar fenómenos naturales. Kant abordó un gran número de problemas de la

filosofía de la ciencia, uno de ellos; la función de las matemáticas en la física, la astronomía y la química.

En Francia durante el siglo XIX, Augusto Comte (1798-1852) fundó el positivismo, una metodología normativista que explicaba el fenómeno científico y que se convirtió en la filosofía dominante del siglo XIX y de principios del siglo XX. Su influencia durante el siglo XIX, fue tan importante que muchos científicos, incluido el mismo Darwin, trataban de explicar sus trabajos en el marco de las normas y reglas que establecía la filosofía positivista. Comte estableció reglas de demarcación muy claras para rechazar la especulación metafísica característica de la filosofía escolástica. Para Comte la inducción era el punto de partida de la investigación científica, de acuerdo con él, las teorías se construían a partir de la observación y la experimentación, las teorías se comprobaban a través de la observación y experimentación, y una vez comprobadas se consideraban verdades. Estableció además que la ciencia era neutral. Para Comte no importaba el contexto social, económico y político en el que se encontraban los investigadores. Para el positivista, los científicos eran verdaderos genios, totalmente ajenos al contexto en el que vivían.

Durante el mismo siglo en Inglaterra, otros filósofos también analizaron el fenómeno científico en el marco de la filosofía positivista y se enfocaron sobre todo a comprender el concepto de inducción. John Herschel (1792-1871) William Whewell (1794-1866) y John Stuart Mill (1806-1873) La concepción de estos filósofos era diferente a la de Comte, afirmaban que los científicos, construían hipótesis rivales, no a partir de datos o inferencias empíricas, sino a partir de convenciones que posteriormente tenían que demostrar a través de la experiencia. El positivismo de Comte y el convencionalismo de los ingleses, dominó la filosofía de la ciencia durante el siglo XIX y principios del siglo XX.

Para analizar la historia de la ciencia y seguir el desarrollo histórico de la construcción de una teoría, necesitamos partir de una propuesta filosófica (epistemológica) que nos sirva de marco teórico para comprender el fenómeno científico. Las propuestas epistemológicas de Popper, Lakatos, Kuhn, Bachelard y Feyerabend son un recurso excelente para analizar la ciencia. Lakatos afirma: “La Filosofía de la ciencia sin la historia de la ciencia es vacía; La Historia de la ciencia, sin la filosofía es ciega”. (Lakatos, 2011, Historia de la Ciencia, Madrid España, editorial tecnos, pág.11).

Enfatizo la importancia de las propuestas de los epistemólogos, porque de otra forma nos perdemos y terminamos por utilizar la concepción positivista de Augusto Comte, (Que durante años hemos escuchado). Como mencionamos en el párrafo anterior, la propuesta básica de Comte incluye: *las teorías se construyen a partir de la*



observación, son de origen inductivo, la ciencia es neutral, las teorías son verdades absolutas y el único método científico: es el experimental. Augusto Comte. en el siglo XIX, propuso la filosofía positivista para analizar el fenómeno científico, de alguna forma construyó una propuesta que tenía sus raíces en los siglos anteriores. Desde el siglo XVII Francis Bacon afirmaba que no había conocimiento más real, que se basa en los hechos observados. La Revolución Industrial impulsó el desarrollo de ciencias experimentales como la biología, física y química para apoyar a la industria y como consecuencia; la ciencia experimental cobró una gran importancia. Comte fue un filósofo inmerso en el contexto científico, social y cultural del siglo XIX, y aunque afirmaba que la ciencia es neutral, es en el siglo XIX cuando, se expresa en forma clara, que los científicos son seres humanos y seres sociales. En el contexto de la Revolución Industrial encontramos que el desarrollo de la ciencia, está muy vinculado al desarrollo de la economía y de la industria. Comte afirmaba: “En una palabra al considerar todas las teorías científicas, como grandes hechos lógicos, solamente con la profunda observación de esos hechos, se puede llegar al conocimiento de las leyes lógicas” (Comte Auguste, 2014, Curso de filosofía positivista. Discurso sobre el espíritu positivo, Buenos Aires Argentina, editorial CLARIDAD. Pág. 32).



“Durante mucho tiempo se concibió que el conocimiento científico surgía de escuchar adecuadamente la voz de la Naturaleza, según dice Claxton (1991). Todo lo que había que hacer para descubrir una Ley o un Principio era observar y recoger datos en forma adecuada y de ellos surgiría inevitablemente la verdad científica. Esta imagen de la ciencia como un proceso de descubrimiento de leyes cuidadosamente enterradas bajo la apariencia de la realidad, sigue aún en buena medida vigente en los medios de comunicación e incluso en las aulas. De hecho, todavía se sigue enseñando que el conocimiento científico se basa en la aplicación rigurosa del “método científico” que debe comenzar por la observación de los hechos, de la cual deben extraerse las leyes y principios”. (Pozo y Gómez Crespo, p. 24).

La enseñanza de la ciencia y la docencia en general expresa las concepciones epistemológicas de los profesores, y si ignoramos que las teorías se construyen a partir de otras teorías, podemos caer en el problema de considerar la observación como punto de partida de la ciencia. Cuando interrogo a los estudiantes acerca de los fósiles magníficos que están en el mármol del Centro Comercial de Perisur, todos responden de la misma forma, no los hemos visto. Han pisado sobre ellos, pero jamás se han dado cuenta que en ese piso encontramos fósiles. La observación sin teoría es engañosa.

Es importante que comprendamos que durante nuestra vida construimos una estructura conceptual que nos apoya para entender al mundo que nos rodea.

Cuando recibimos educación, adquirimos conocimientos científicos que nos ayudan a interrogar y entender la naturaleza, y el contexto social en el que vivimos. Pero si no tenemos esa suerte, podemos caer en explicaciones simples o en ideas sin valor que nos conducen por un camino de obscuridad y de prejuicios.

La educación también parte de concepciones epistemológicas, en cada educativo los curriculums expresan una concepción educativa y si en el Colegio no formamos alumnos con un pensamiento racional, corremos el riesgo de que su vida se conduzca por el camino que le muestran los medios masivos de comunicación, que en su mayoría, responden a intereses económicos y políticos. Hace algunas décadas hemos sido testigos de problemas severos de alimentación, que viven algunas mujeres jóvenes, por el deseo de perseguir el cuerpo, que establecen los parámetros sociales. Su referente es la información que reciben de los medios y aunque se ven al espejo, lo que observan es lo que han construido en su pensamiento, por eso es tan difícil abordar medicamente los problemas de anorexia. La ciencia es fundamental para comprender que nuestras preguntas y nuestras dudas podemos resolverlas en los libros y fuentes bibliográficas. Con un pensamiento racional, podemos dejar de aceptar opiniones como las de los llamados líderes de opinión que son de una pobreza absoluta. La clave fundamental está en preguntar siempre ¿Por qué? Es justamente los que hacen los científicos.

Coleman y Hendry nos dicen: “Se ha afirmado que la incidencia de enfermedad mental, trastornos de la conducta alimentaria, suicidio e intento de suicidio han aumentado a medida que los jóvenes han desarrollado un sentimiento de “no tener futuro”. (West y Sitting, citado en Coleman y Hendry, pág. 177).

Los adolescentes necesitan ser vistos y escuchados, necesitan trazar metas y elaborar objetivos, por eso la enseñanza en el Colegio debe tener como principal actor al estudiante. La situación actual es difícil, el próximo semestre se desarrollará en línea y los alumnos deberán estar en el entorno de su casa, en donde quizá sufran violencia de sus padres, situación que les genera inseguridad y depresión. Los maestros tendremos ahora un reto mayor, pero en la medida de lo posible, debemos tratar de hablar con ellos, y escucharlos. Por eso es importante que además de dominar las plataformas, seamos capaces de estudiar las teorías educativas, la disciplina y la ciencia.

La pandemia ha generado un gran desempleo y falta de oportunidades para muchos jóvenes que han terminado su carrera, y el desempleo genera falta de esperanza. Winifield (1997) ha comentado que los que están desempleados muestran una autoestima más baja y están más deprimidos emocionalmente que los que tienen un puesto de trabajo. Se han propuesto dos explicaciones para dar



cuenta de esta asociación. En primer lugar, se ha planteado que el desempleo causa una disminución en el bienestar psicológico. Esta hipótesis se conoce como hipótesis de la exposición o (causalidad social) en segundo lugar, se ha planteado que las personas cuyo bienestar psicológico es bajo tienen menos posibilidades de que les ofrezcan trabajo”. (Citado por Coleman y Hendry, pág. 177).



Ante estas afirmaciones uno se pregunta ¿Qué clase de personas destruyeron el plantel? ¿Qué clase de personas desprecian la educación pública? ¿Quiénes son responsables de semejante crimen? Es un crimen despojar a los estudiantes del derecho a la educación. La mayoría de nuestros estudiantes tienen situaciones económicas difíciles, y para todos, es importante terminar su bachillerato e ingresar a la licenciatura, pero no solo egresar del Colegio, los estudiantes del CCH, deben estar bien preparados, porque deberán competir con los estudiantes de las Preparatorias particulares y de las preparatorias de la UNAM

Coleman y Hendry afirman: “La transición de la infancia a la adolescencia y luego a la edad adulta y la ciudadanía completa es ahora un viaje más largo e incierto. Aunque objetivamente los niveles de riesgo de “fracaso” están diferenciados todavía por la raza, el género, la posición económica, el origen de los padres, las calificaciones educativas y el vecindario, casi todos los jóvenes experimentan subjetivamente esto como un largo periodo de incertidumbre en una “sociedad de riesgo”. En estas condiciones sociales, en donde los procesos evolutivos y las señales indicadoras son inciertos apenas es sorprendente que, de cuando en cuando, los jóvenes busquen experiencia de transformación placenteras”: (Coleman y Hendry, pág. 183) Coleman y Hendry se refieren a los jóvenes que se refugian en el alcohol o las drogas y los maestros, debemos ser capaces de entender el contexto en el que estamos viviendo, para buscar las formas adecuadas para de que los estudiantes, se comprometan con su formación y preparación.

Trabajamos en un nivel de bachillerato y los adolescentes son un grupo social de personas que responden a un determinado desarrollo físico, fisiológico y emocional, que es importante conocer, porque son los sujetos que construirán los aprendizajes. Sus preocupaciones están muy relacionadas con el tipo de interacciones que establecen con sus familias y con sus compañeros. Coleman y Hendry nos comparten los resultados de una investigación que realizaron para saber cuáles son las preocupaciones de los jóvenes: “Estar en posesión de las destrezas básicas para “llevarse bien con otros” se veía como un componente esencial para un sentimiento de salud y bienestar. Se consideraba que pocos adultos apreciaban la naturaleza de las necesidades de los adolescentes de aprender estas destrezas sociales o la importancia de la tarea evolutiva implicada,

y generalmente, que los adultos podían aprender a ser empáticos con las preocupaciones de los jóvenes”. (Pag. 139, Coleman y Hendry)

La escuela es una institución importante para los adolescentes, en la escuela desarrollan su identidad y establecen amistades y relaciones importantes para su edad “Los adolescentes, son especialmente sensibles a esa necesidad de poseer una identidad social, ya que su DNI social se está aún constituyendo, al hilo de los cambios que se producen en la sociedad en la que viven: de hecho los valores adolescentes suelen ser un reflejo bastante fiel de los valores de la sociedad adulta en la que quieren ingresar” (Pozo, 2009, p. 38).



El Colegio de Ciencias y Humanidades fue la vanguardia de la educación media superior durante casi 40 años. El Colegio se destacó por el Modelo Educativo propuesto por el Dr. González Casanova., que destacaba la necesidad de desarrollar un pensamiento científico y racional y por el compromiso de los profesores. Sin un pensamiento racional, los estudiantes son presa fácil de líderes de opinión que no tienen fundamentos teóricos y de personas que fomentan el consumismo y los prejuicios sociales difundidos en los medios de comunicación. La concepción positivista de la ciencia está totalmente rebasada, sin embargo sigue permeando en la educación. “Esta concepción positivista, según la cual la ciencia es una colección de hechos objetivos regidos por leyes que pueden extraerse directamente si se observan esos hechos con una metodología adecuada, se ha visto superada, entre los filósofos e historiadores de la ciencia, pero no necesariamente en las aulas”. (Pozo y Crespo, pag. 24).

¿Cómo resolver el problema de enseñar la ciencia sin caer en principios positivistas?

Pierre Duhem (1861-1916) a principios del siglo XX, hizo una gran contribución a la filosofía de la ciencia, al afirmar que las teorías no son verdaderas ni falsas, son sólo instrumentos, meros instrumentos para representar los fenómenos observados. Duhem rompió con los principios de la filosofía comtiana que consideraba las teorías (una vez demostradas empíricamente) como verdades

La filosofía fue avanzando considerablemente al analizar el quehacer científico y a principios del siglo XX, se convirtió en una disciplina con un cuerpo teórico y metodológico propio. En ese contexto se desarrolló “El círculo de Viena” un movimiento filosófico que se caracterizó por rechazar el discurso religioso y metafísico. Defendían la ciencia y analizaban el fenómeno científico sin considerar la historia, sin tomar en cuenta el contexto social, económico y político en el que se construían las teorías. Su bandera fundamental era el positivismo que comprendía el empirismo y el verificacionismo como elementos para caracterizar la ciencia.

Moulines lo explica así: Para Carnap, Mach, James Russell, Poincare y tantos otros el fundamento último de todos los conceptos científicos, hasta los más abstractos de la física teórica, se compone de experiencias sensoriales (principalmente visuales) de un “observador”. No obstante, a diferencia de sus predecesores, Carnap no toma los datos sensoriales aislados y puntuales como base, sino más bien una “corriente global de vivencias”. (Moulines Ulises, 40)



Karl R. Popper primer filósofo en enfrentar el rechazo al inductivismo

Karl R. Popper (Austria, 1902-19949) no fue miembro del Círculo de Viena, pero participaba en sus debates, se enfocó en analizar el fenómeno del inductivismo, que ya había sido cuestionado por David Hume (Escocia, 1711-1776) “Lo que Hume había ya mostrado es que el razonamiento inductivo no es una garantía de verdad; a partir de un número n de casos positivos para una hipótesis general cualquiera, no se puede concluir la verdad de la hipótesis para el caso $n + 1$, por muy grande que sea el número n .” (Moulines, Íbidem, p. 50) ¿qué significa esta afirmación? que no es posible que las teorías o generalizaciones puedan construirse a partir de la reunión u observación de los datos, porque por muchos datos que pudiéramos reunir en torno a un fenómeno, es imposible tenerlos todos y establecer una generalización. Los científicos no trabajan así, siempre parten de una teoría, no de observaciones y datos y Hume desde el siglo XVIII, fue capaz de entender este problema.

Popper, además de filósofo, era matemático y físico y en 1934 publicó el libro “La Lógica de la Investigación Científica” en donde propuso una metodología totalmente distinta a la de Comte. Con su propuesta; asestó un golpe mortal al inductivismo y al verificacionismo y como consecuencia, se enfrentó a los positivistas. En sus argumentos afirmaba que lo realmente científico, radicaba en formular hipótesis que siempre pudieran ser cuestionadas o refutadas por la experiencia, no verificadas. Popper propuso el falsacionismo como una metodología y explicaba: pueden falsarse las teorías, no verificarse como afirmaban los positivistas lógicos. “Además según Popper, el principio de falsabilidad nos permite hacer desaparecer pura y simplemente el problema de la inducción: el pretendido razonamiento inductivo no representa de hecho ninguna forma de razonamiento válido. El único tipo de razonamiento científico aceptable es el que sigue las reglas de la lógica deductiva y basta para caracterizar de manera adecuada la metodología científica”. (Moulines, 2011, El desarrollo de la filosofía de la ciencia (1890-2000, México, UNAM. Íbidem, p. 52)

Desde principios del siglo XX, los filósofos de la ciencia empezaron a manifestar su rechazo al inductivismo y propusieron modelos epistemológicos que facilitan la

comprensión de la forma en que los científicos construyen el conocimiento. El primer epistemólogo que de manera formal rechazó el inductivismo fue Popper.

Popper emprendió una lucha en contra del positivismo, durante las décadas del siglo XX, hizo una crítica muy importante a la interpretación de la ciencia y argumentó que las teorías siempre se construyen a partir de otras teorías (origen deductivo). Demostró que los científicos siempre parten de una formación específica y a la luz de esa formación teórica, interrogan a la naturaleza. Destacó en forma muy importante que la observación siempre va dirigida por la teoría. Afirmó que los científicos se han formado en las universidades. Por ejemplo, un astrónomo estudia física y astronomía y por eso es capaz de realizar observaciones de los astros, (los otros), los que no somos científicos, podemos percibir puntos brillantes y hermosos pero; si no tenemos conocimiento acerca de la astronomía, no podemos distinguir un planeta de una estrella o de un asteroide etcétera.

Popper nos dice: “Es corriente llamar inductiva a una inferencia cuando pasa de enunciados singulares (llamados a veces enunciados particulares), tales como descripciones de los resultados de observaciones o experimentos, a enunciados universales, tales como hipótesis o teorías. Ahora bien, desde un punto de vista lógico dista mucho de ser obvio que estemos justificados al inferir enunciados universales partiendo de enunciados singulares, por elevado que sea su número; pues cualquier conclusión que saquemos de este modo corre siempre el riesgo de resultar un día falsa: así, cualquiera que sea el número de ejemplares de cisnes blancos que hayamos observado, no está justificada la conclusión de que todos los cisnes sean blancos”. (Popper Karl R., 1990, La Lógica de la Investigación científica., México, editorial rei, pág. 27).

Popper es el primer filósofo en refutar en forma clara y formal el problema del inductivismo y del verificacionismo. A partir de Popper ningún filósofo se ha atrevido a reivindicar el inductivismo. Marcó un hito en la filosofía de la ciencia.

Sus aportaciones son:

Rechazo al inductivismo, las teorías se construyen a partir de otras teorías, su origen es deductivo. Popper argumentaba con una proposición “todos los cuervos son negros es un verdadero ejemplo, aunque primitivo de hipótesis científica ya que, si bien no la podemos verificar en cambio la podemos falsar muy fácilmente hasta encontrar un solo cuervo de otro color”. (Ídem) Los científicos son hombres formados en una ciencia, tienen un marco conceptual que les permite identificar los fenómenos, observarlos, cuestionarlos e interrogarlos, sin ese marco teórico, no es fácil que puedan detectar los fenómenos. Cada científico de acuerdo a su



formación define sus problemas de investigación y cuándo quiere estudiar un fenómeno, lo hace en el marco de una teoría, después recurre a la bibliografía para saber si hay teorías que le resuelvan sus dudas o que le confirmen sus hipótesis, si no las hay, entonces diseña su propio camino e inicia su investigación. Darwin es un ejemplo muy claro, fue capaz de detectar fenómenos y problemas de los organismos en su viaje alrededor del mundo, porque estaba formado como naturalista y sabía botánica, zoología, mineralogía y geología. Si no hubiera tenido esa preparación, no hubiera elaborado preguntas tan importantes como la comparación que hizo entre especies actuales y fósiles y la comparación que entre especies continentales y las de las Islas Galápagos. En fin no hubiera construido una teoría de la dimensión de la selección natural.

Los positivistas afirmaban que una vez verificada una teoría, podía ser aceptada como verdad, los convencionalistas, no hablaban de verdades, pero si afirmaban que las teorías eran convenciones a través de las cuales se explicaban los fenómenos y que estas debían resolverse a través de la observación y la experimentación. Popper rechazó el verificacionismo, planteó que las teorías son verdades históricas, siempre corren el riesgo de ser falsadas.

Cuando se formuló la teoría celular, se construyó con base a las aportaciones de naturalistas de siglos anteriores y cuando Schleiden y Schwann presentaron en las academias la teoría celular, no lo hicieron partiendo de observaciones, realizaron las observaciones, porque ya tenían conocimiento de la historia natural, Schleiden de botánica y Schwann de medicina y patología. Schwann encontró las características celulares en las células cancerosas de animales. ¿Cómo podían observar a las células si no hubieran realizado estudios de botánica, medicina, zoología y sobre todo de microscopía? Además si las teorías se construyeran a partir de observaciones (inducción) para establecer una teoría (generalización) se tendrían que realizar observaciones de células en todo el mundo y de todos los tejidos, eso es imposible, los científicos no trabajan de esa forma. Estudian teorías y las teorías guían sus observaciones. Schleiden descubrió las células cuando se dedicó a estudiar los núcleos que Brown había descrito. Además en el siglo XIX, se incrementó el interés por describir la unidad de los sistemas biológicos, ésta pregunta se remonta a la Época Clásica. Desde la Época Clásica los filósofos se habían preguntado: ¿Cuál es la esencia de la vida? ¿En qué se parecen las plantas y los animales? ¿Cuál es el principio fundamental de la naturaleza? Y en cada etapa dieron respuestas distintas, de acuerdo al contexto científico y metodológico. Mosterín afirma que una de las características de la ciencia, es la provisionalidad y lo explica así: “Frente al carácter definitivo de las religiones, ideologías y demás idearios dogmáticos, la ciencia es provisional: solo afirma sus tesis hasta nueva orden, es decir, hasta que nuevos datos o

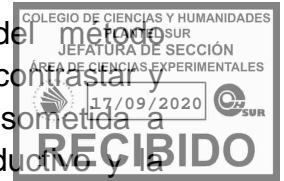


mediciones pongan en duda su objetividad y nos obliguen a abandonarlas o revisarlas”. (Mosterín, p.95).

Algo que influyó también en el siglo XIX, fue el desarrollo del método experimental, método de verificación que los científicos utilizan para contrastar y probar sus teorías. Para Popper una teoría siempre deberá estar sometida a pruebas, las teorías tienen una validez histórica, son de origen deductivo y la observación y experimentación siempre son precedidas por las teorías. Las propuestas de Popper abrieron un camino muy importante en la epistemología para comprender el fenómeno científico, porque Popper refutó con sus propuestas, la filosofía de Comte que consideraba que las teorías eran verdades absolutas. Para Popper el trabajo científico consiste en proponer teorías y contrastarlas. La propuesta de Popper es contraria a la de Comte.

Popper se refiere a la afirmación de Comte de que las teorías son verdades absolutas y nos dice: “Una decisión positiva puede apoyar a la teoría examinada sólo temporalmente, pues otras decisiones negativas subsiguientes pueden siempre derrocarla. En ningún momento he asumido que podamos pasar por un razonamiento de la verdad de enunciados singulares a la verdad de teorías. No he supuesto un solo instante que, en virtud de unas conclusiones verificadas pueda establecerse que unas teorías sean verdaderas, ni siquiera meramente probables”. (Popper, pág.33).

Thomas S. Kuhn (estadounidense, 1922-1996) físico y filósofo que pertenece a la etapa historicista, tanto Kuhn como Lakatos recurren a la historia de la ciencia para analizar el fenómeno científico, en 1962 publicó un libro llamado “La Estructura de las Revoluciones Científicas” en este libro hizo un análisis muy detallado e interesante del aspecto social de la ciencia. Kuhn afirmó que los científicos trabajan en comunidades en torno a modelos teóricos llamados paradigmas. Un paradigma es un modelo teórico y metodológico en torno al cual trabaja una comunidad, es “una visión del mundo” Un científico que pertenece a una comunidad adoptará un paradigma que dirigirá todo su quehacer cotidiano, el paradigma será su marco conceptual; a partir del cual podrá interrogar a la naturaleza y definirá su objeto de investigación. Si decide abandonar el paradigma tendrá que abandonar su comunidad científica. Con esta propuesta de Kuhn queda rechazada la idea de que los científicos son seres iluminados, que en la soledad de sus laboratorios construyen teorías maravillosas. Para Kuhn la ciencia es una actividad social, los científicos son seres humanos con todas las pasiones, emociones y valores de cualquier ser humano. Los científicos están inmersos en un contexto histórico, social, económico y político. Por lo tanto la ciencia no es neutral.



Para Kuhn los hombres de ciencia trabajan en torno a paradigmas y considera que los paradigmas se desarrollan en dos etapas: ciencia normal y ciencia revolucionaria. Le llama ciencia normal a la etapa en la cual los científicos trabajan en sus comunidades en torno a un paradigma, considera que la ciencia normal es la etapa más larga del trabajo que realizan los científicos, incluso una comunidad de científicos puede pasar una estructura conceptual de una generación a otra, sin que se realicen grandes cambios y la ciencia revolucionaria, es aquella que genera rupturas conceptuales y epistemológicas, verdaderas revoluciones, no sólo a nivel científico, sino también a nivel filosófico; un ejemplo es la teoría heliocéntrica propuesta por Copérnico y la teoría de la evolución (selección natural) de Darwin.



Un ejemplo de Revolución científica para Kuhn sería: la construcción de la teoría celular por Schleiden, Schwann y Virchow. Más adelante analizaremos la forma en que se llegó a la construcción de este paradigma, fueron años de estudiar y fueron múltiples las aportaciones que hicieron los anatomistas y fisiólogos a la construcción de la teoría celular. **Las etapas previas y posteriores a la construcción de la teoría, sería lo que corresponde a la ciencia normal.**

El paradigma es el modelo teórico y metodológico en torno al cual los científicos que pertenecen a una comunidad diseñan sus proyectos y realizan sus investigaciones. Si un científico no está de acuerdo con el paradigma, deberá abandonar su comunidad. Alemania fue el país que más aportaciones hizo a la construcción de la teoría. En Alemania las universidades formaron verdaderas comunidades de investigación.

Imre Lakatos filósofo de origen húngaro, (1922-1974) fue alumno de Popper, su metodología para analizar el fenómeno científico es mucho más avanzada que la de Popper, coincidió totalmente con él, en su rechazo al inductivismo, estuvo de acuerdo con Kuhn en su concepción social acerca del trabajo científico, pero no aceptó la idea de las revoluciones científicas. Para Lakatos la historia de la ciencia es esencial para analizar el fenómeno científico. Fue un filósofo que desarrolló una propuesta muy interesante. Lakatos afirmó: los científicos no trabajan en torno a teorías sino a programas de investigación, publicó en 1970 un ensayo llamado: La falsación y la metodología de los programas de investigación científica, en su ensayo retoma de Popper la idea, según la cual, el motor de la investigación está constituido por intentos repetidos de poner a prueba una concepción científica; hay que mostrar más de lo que no funciona, que lo que funciona, por un procedimiento en el que es irremisiblemente puesta a prueba.

Lakatos tenía diferencias muy significativas con Popper, para Lakatos los programas de investigación son estructuras conceptuales y metodológicas que

incluyen también modelos, no aceptó la idea de teorías como enunciados simples que utilizaba Popper. Otra diferencia más es la siguiente: Popper afirmaba que una teoría podía ser refutada con un experimento y esto significaba que la teoría saldría del escenario científico, en cambio para Lakatos no hay experimentos cruciales, consideraba que una teoría podía ser refutada, pero siempre había la posibilidad de que regresara al escenario científico.



La metodología de Lakatos resulta muy adecuada para analizar el desarrollo histórico de las teorías. Recordemos que Popper consideraba a las teorías como enunciados simples, un ejemplo, de que no es así, es la teoría celular: La teoría celular, **no es un enunciado simple, es un complejo de teorías que reúne los tres postulados básicos: La célula es la unidad anatómica, unidad fisiológica y unidad de origen.** Pero cada uno de los postulados reúne a su vez otro gran entramado de teorías, por ejemplo para determinar la unidad fisiológica, los científicos tuvieron que estudiar a la célula como unidad autónoma capaz de realizar todas las funciones: nutrición, excreción, secreción etcétera. Para determinar su origen tuvieron que estudiar la reproducción celular. Así que un paradigma o programa de investigación define en forma más clara lo que significan los modelos teóricos y metodológicos en torno a los cuales trabajan los científicos. Lakatos tiene razón, una teoría no es un enunciado simple, es un complejo teórico y metodológico.

Lakatos admiró a Popper y lo consideró un gran filósofo de la ciencia, afirmó que con Popper había aprendido la importancia de dos problemas de la filosofía de la ciencia: la demarcación y la inducción.

Metodología de los programas de investigación. IMRE LAKATOS

Un programa de investigación está formado por:

- 1) Núcleo
- 2) Heurística negativa
- 3) Un cinturón de seguridad con hipótesis auxiliares
- 4) Una heurística positiva

1) El núcleo representa el conjunto de teorías más importantes del programa de investigación, es elegido por los científicos que pertenecen al programa, contiene las teorías más sólidas que no pueden ni deben ser atacadas. Por ejemplo en la teoría de la selección natural, el núcleo central es, la evolución es gradual, no acepta los cambios bruscos. En el caso de la teoría celular, el núcleo de la teoría es: la célula es la unidad básica de los sistemas biológicos.

Las teorías son producto de un desarrollo histórico, en cada etapa de la historia, los filósofos y científicos han formulado preguntas, y las responden de acuerdo al contexto científico y metodológico del momento. Los griegos son los **precursores** de la ciencia, ellos por primera vez, construyeron teorías para explicar los fenómenos naturales y sociales. Algunos filósofos como Aristóteles trascendieron en el tiempo.



Nunca como ahora, la ciencia ha sido tan importante, estamos inmersos en una pandemia que ha cobrado más de 1 millón de vidas y un gran número de países, están enfrascados en buscar una vacuna que resuelva el problema tan grave de la enfermedad, que no sólo ha afectado la salud, y la vida de los seres humanos, también ha afectado la economía de todos los países. Todas las personas hemos volteado a ver a los científicos y esperamos con ilusión que muy pronto tengamos la solución a este problema.

“¿Por qué la ciencia se ha hecho tan importante? Hombres como Kepler, Galileo y Newton eran brillantes, de eso no cabe duda, pero si ahora son célebres en todo el mundo es porque la propia ciencia se ha convertido en una disciplina poderosa. En la actualidad parecen más importantes de lo que fueron para sus propios contemporáneos, que otorgaban una mayor consideración a los expertos clásicos y bíblicos. Isaac Newton declaró que se alzaba sobre los hombros de gigantes, pero cuando publicó su libro sobre gravedad en 1687, muy pocas personas consideraron que valiese la pena leerlo”. (Fara, p. 14).

Los científicos son seres humanos inmersos en un contexto social, político y cultural, no son seres ajenos a la sociedad en la que están inmersos, ningún científico trabaja aislado, de hecho pertenecen a comunidades y así como se comprometen con los problemas de la sociedad, también algunos responden a intereses económicos y políticos, el ejemplo de Oppenheimer es muy ilustrativo, creó la bomba atómica, que causó muerte y destrucción en Hiroshima y Nagasaki. En el estudio del desarrollo histórico de la teoría celular, encontramos varios ejemplos de la forma en que influyen los intereses de los hombres de ciencia en el impulso o reconocimiento de una teoría. Schwann tuvo que enfrentar a científicos de su tiempo que se negaban a reconocer su obra, Virchow fue rechazado porque a pesar de ser un científico experimental nunca se decidió a abandonar la concepción vitalista.

“El conocimiento científico nunca pasa de un entorno a otro de forma neutral, sino que sufre constantes adaptaciones y absorciones: no sólo es historia, sino también geografía” (Fara, p. 14).

“Todos los grupos étnicos, ideológicos o tradicionales han tenido algún tipo de ideas y conocimientos acerca de su entorno y del mundo en general. Pero la ciencia y la racionalidad científica son algo nuevo. Así como en la evolución biológica de vez en cuando se producen novedades (surge la vida o la fotosíntesis o los dinosaurios), lo mismo ocurre en la evolución cultural. Esta gran empresa de racionalidad teórica colectiva que es la ciencia se distingue claramente de las ideologías e idearios tradicionales por ciertas características propias, como la consistencia, la objetividad, la provisionalidad, el progreso y la universalidad”. (Mosterín, p. 92).



“Paradójicamente, a medida que el éxito de la ciencia se incrementa. Los no expertos son cada vez más escépticos. Ahora que los gobiernos empiezan a preocuparse por el calentamiento global, la manipulación genética y la energía nuclear, parece claro que los intereses científicos, comerciales y políticos están interrelacionados. En cierto modo la historia de la ciencia es la historia de todo: la ciencia la tecnología y la medicina modernas están inextricablemente unidas en una gigantesca telaraña que engloba también a todas las actividades humanas”. (Fara, p. 14)

e) Los efectos que tiene en los demás elementos que configuran la enseñanza y el aprendizaje de la asignatura o materia

¿Para qué enseñar ciencia?

Para que los estudiantes desarrollen un pensamiento racional, científico, que adquieran habilidades para buscar la información, organizarla y expresarla en forma oral y escrita. Para que aborden un problema y busquen su solución. Todos esos elementos le van a dar la formación adecuada para que conozca, comprenda e incluso cuestione el mundo que lo rodea.

Pozo destaca la necesidad de construir actitudes y valores con la enseñanza de la ciencia: “Las actitudes y los valores no se adquieren como otros contenidos del aprendizaje. Aunque la dimensión cognitiva de las actitudes, las normas, puede enseñarse y aprenderse como un contenido verbal más, su aceptación afectiva y conductual, su conversión en valores y actitudes propiamente dichas, requiere mecanismos de aprendizaje específicos” (Pozo, p. 37).

“Cuando un niño imita una conducta violenta a la que ha sido expuesto en televisión no copia exactamente la secuencia de movimientos del luchador de kárate, sino la tendencia a resolver los conflictos agrediendo a quien se opone a sus propósitos. Del mismo modo un alumno en clase de ciencias puede imitar al profesor en la forma de resolver una duda o planificar una investigación - indagando por su cuenta o buscando la autoridad del libro para evitar problemas-,

en el valor concedido a diversos tipos de conocimientos -lo más importante es el resultado final o la forma en que se resuelve el problema- o en la forma de tratar a un compañero que tiene dificultades ante una tarea –ayudarlo o dejarle solo a su suerte”. (Pozo, 2009, p. 38).

Todos los seres humanos tenemos el potencial adecuado para desarrollar el aprendizaje, pero el fenómeno educativo es muy complejo, tiene múltiples aristas: el contexto socioeconómico de los estudiantes, el contexto cultural y sobre todo la estructura emocional de los adolescentes, juegan un papel fundamental en la construcción del aprendizaje. Los maestros debemos tomar en cuenta estos factores y ser sensibles para que podamos comprender la diversidad de nuestros estudiantes y sobre todo, voltear a verlos, no ignorarlos jamás ¿Cómo haremos en la enseñanza por línea? La educación presencial sigue siendo la característica fundamental del proceso de construcción del aprendizaje, hasta ahora ningún investigador ha refutado los principios de Vigotsky.

Vigotsky es un científico que ha estudiado, los procesos del cambio cognitivo. Newmann, Griffin y Cole caracterizan el cambio cognitivo de la siguiente forma: En el proceso que denominamos cambio cognitivo, incluimos las nociones de reestructuración, invención y direccionalidad que implica el desarrollo, sin que le demos el carácter exclusivamente individual, interno, que suele acompañar a las consideraciones evolutivas. La creación de un término nuevo constituye una forma de indicar que los fenómenos ya conocidos se reconceptúan mediante otro tipo de teoría. (Newmann, Griffin y Cole, Pág. 76).

En el modelo educativo del Colegio, los docentes investigamos la estructura conceptual de los estudiantes (preconceptos) y a partir de ellos desarrollamos estrategias para lograr que los alumnos construyan aprendizajes significativos con base a la ciencia. Por ejemplo cuando estudiamos la teoría celular, elaboramos preguntas para conocer ¿Qué consideran como factor común de los sistemas biológicos? ¿Qué características tenemos en común todos los sistemas biológicos? Generalmente los estudiantes se refieren a funciones específicas; por ejemplo la reproducción y la respiración, alguno de ellos hablan de células, pero lo refieren más al ser humano que a todos los seres vivos. De aquí podemos desarrollar preguntas acerca de ¿Qué es lo vivo? y aterrizar en delimitar un objetivo: investigar cuál fue la primera teoría que se considera uno de los grandes paradigmas de la biología, y que además, estableció la diferencia entre lo vivo y no vivo.

Para lograr el cambio cognitivo podemos empezar por estudiar las preguntas que históricamente se han planteado los filósofos y científicos en torno a lo que se considera vida o seres vivos. Abordamos la historia e investigamos ¿Qué



preguntas elaboraron los jonios para explicar el principio fundamental de la naturaleza? Es importante siempre analizar las preguntas, los métodos que utilizaron para investigar y dar respuesta a sus preguntas. La filosofía de los jonios es un ejemplo claro de cómo la ciencia siempre ha utilizado vías y caminos diferentes para dar respuesta a sus preguntas. Además es importante destacar que cada etapa histórica está caracterizada por un contexto social, económico y político que influye en las concepciones de los hombres de ciencia. No es necesario detenerse mucho tiempo en este análisis, con la elaboración de un cuadro histórico podemos hacer el análisis de las preguntas, métodos y teorías que utilizaron los hombres de ciencia. Pero es esencial que los profesores conozcamos la historia de la ciencia.



Para estudiar el desarrollo histórico de la teoría celular o de cualquier otra teoría, es necesario que los estudiantes conozcan las generalidades de las etapas históricas del desarrollo humano: Época Clásica, Imperio Romano, Época Feudal o Edad Media, Renacimiento (en el contexto de la Época moderna) y la Época contemporánea. Los alumnos deben ubicar en tiempo y espacio las aportaciones de los científicos para que puedan comprender que la ciencia crece y se desarrolla. Un suceso que marcó un antes y un después en la ciencia fue el descubrimiento que Leeuwenhoek hizo del mundo microscópico, por eso es indispensable estudiar el siglo XVII, como un siglo en el que la ciencia buscó nuevos métodos de verificación (observación y experimentación), para finalmente llegar al siglo XIX, y comprender todos los antecedentes de la teoría celular, desde las primeras preguntas de los filósofos griegos, hasta la teoría celular de Schleiden, Schwann y Virchow.

El reto fundamental de un docente es lograr que los estudiantes construyan aprendizajes significativos y aunque los neoliberales quieren reducir la escuela a una empresa, la universidad tiene la obligación de difundir la cultura. Nuestras disciplinas son un pretexto para desarrollar en los alumnos habilidades que les faciliten lograr el cambio cognitivo.

El cambio cognitivo se expresará en la construcción de los aprendizajes significativos que se deriven de este estudio: la célula es la unidad de todos los sistemas biológicos, la teoría celular estableció la diferencia entre lo vivo y no vivo, todos los sistemas biológicos estamos formados por células y los científicos que quieran estudiar el origen de la vida, deberán buscarlo en el origen de las células. También comprenderán ¿Cuáles son los métodos que han utilizado los científicos en los diferentes contextos históricos, ¿Cómo las teorías se construyen a partir de otras teorías? ¿Qué es una teoría? ¿Características de los hombres de ciencia? ¿Cómo influye la tecnología en el desarrollo de la ciencia? ¿Por qué algunos científicos construyen teorías y otros no lo hacen?

Newmann, et.al, citan a Vygotski y su forma de explicar el cambio cognitivo “Zona de desarrollo próximo (ZDP) se le llama a la diferencia entre el nivel de dificultad de los problemas que el niño puede afrontar de manera independiente y el de los que pudiera resolver con ayuda de los adultos (Vygotski, 1978). De un modo más general, el concepto se refiere a un sistema interactivo en el que varias personas se ocupan de problemas que, al menos una de ellas, no podrían resolver solas. El cambio cognitivo se produce en esta zona, considerada tanto en términos de la historia evolutiva individual como en los de la estructura de apoyo creada por los demás y por las herramientas culturales propias de la situación”. (Newmann, Griffin y Cole, pág. 78).



Por lo tanto el profesor juega un papel fundamental para promover el cambio cognitivo, como docente, y creando en el aula un ambiente de solidaridad y respeto, que facilite la interacción entre los estudiantes. En el cambio cognitivo vemos competencias diferentes entre los estudiantes, unos tienen mayor facilidad que otros, para construir aprendizajes significativos y si los profesores; facilitamos la interacción en un ambiente de respeto, los estudiantes con mayores competencias, pueden ayudar a sus compañeros a concretar el cambio de sus preconceptos, a los conceptos científicos.

“El concepto de ZDP se desarrolló en el seno de una teoría que da por supuesto que las funciones psicológicas más elevadas, característicamente humanas, tiene orígenes socio-culturales. Las actividades que constituyen una zona son los aludido orígenes sociales; cuando se produce el cambio cognitivo, no sólo aparece como función psicológica independiente atribuible al novato lo que los participantes realizan entre sí sino cómo lo efectúan. Es decir, la interacción, mediada por la cultura, entre las personas que se hallan en la zona se interioriza, convirtiéndose en una nueva función del individuo. Otra forma de decirlo es que lo interpsicológico se convierte también en intrapsicológico”: (Newmann, et. al, pág. 78).

Los seres humanos somos producto de una construcción social y la familia y después la escuela son espacios fundamentales para que el niño desarrolle una identidad y aprenda a relacionarse con las personas que lo rodean. El ejemplo de los padres es fundamental, generalmente los padres y también los profesores somos incongruentes, queremos tener hijos o alumnos maravillosos, pero no nos preocupamos por darles el ejemplo.

En el Colegio trabajamos con adolescentes y es una etapa en la que se transita de ser adolescente a adulto. Es una de las etapas más complejas para los seres humanos, una etapa en la que generalmente rechazan a los adultos, sean padres o maestros. Además en el contexto que vivimos los adolescentes, tienen pocas

esperanzas en los estudios y, en que la educación, realmente resulte un factor de movilidad social.

“Los adolescentes, son especialmente sensibles a esa necesidad de poseer una identidad social, ya que su DNI social se está aún constituyendo, al hilo de los cambios que se producen en la sociedad en la que viven: de hecho los adolescentes suelen ser un reflejo bastante fiel de los valores de la sociedad adulta en la que quieren ingresar” (Pozo, 2009, p. 38).



En épocas anteriores los adolescentes no tenían la posibilidad de rechazar las órdenes y lineamientos de los padres, ahora si cuestionan y se rebelan, así que los maestros tenemos que brindarles posibilidades de educación que contemplen sus intereses y despierten en ellos el gusto por el estudio. Desde hace unas décadas los psicólogos, pedagogos y en general científicos que estudian la educación como una actividad social, están haciendo recomendaciones a los padres y profesores para considerar que los seres humanos requerimos afecto.

La importancia dada al lazo afectivo de origen maternal supuso una exigencia de calidad para la pedagogía moderna al darle al trato sentimental cálido un valor esencial, lo cual repercutió en un realce de la centralidad del sujeto en la educación esencial, lo cual repercutió en un realce de la centralidad del sujeto en la educación. El reto para lograr una modernidad educativa más suavizada ha reclamado el tener que procurar la congruencia de la consideración de la naturaleza del sujeto y las relaciones afectivas respetuosas y cálidas con la enseñanza de la cultura. El que la educación se desarrollara en un clima humanizado se consideró que sería lo más apropiado para fundar las bases de la autonomía y la libertad individuales de los futuros ciudadanos. (Sacristán, 2003, El alumno como invención, Madrid España, Editorial Morata, pág.143).

La docencia y el aprendizaje de la ciencia, son elementos básicos para que los estudiantes desarrollen un pensamiento racional, un pensamiento científico, y si los profesores se preocupan por conocer las propuestas filosóficas de los epistemólogos del siglo XX y XXI, podrán convertirse en el ejemplo que se necesita para enamorarse de la ciencia y utilizarla para conocer y comprender el mundo que les rodea.

Pozo nos recomienda:

Pozo nos dice que el modelado o aprendizaje por imitación suele ser un proceso de aprendizaje implícito más que explícito (Pozo 1996^a), en el que muchas veces ni el profesor ni el alumno se dan cuenta de que ese aprendizaje está teniendo lugar. Por ello es especialmente importante que los profesores tomen conciencia y hagan explícitas no sólo de las actitudes que desean en sus alumnos, sino

también las que muchas veces de forma inconsciente, ellos manifiestan a través de sus conductas (Pozo, 1999^a). Nos quejamos de que los alumnos son pasivos, pero apenas les dejamos espacios de participación autónoma; de que ~~no tienen~~ sensibilidad por los problemas sociales, científicos y tecnológicos que les rodean, pero la ciencia se enseña como una realidad propia, un conjunto de conocimientos formales que constituyen una torre de cristal aislada del mundanal ruido. Aunque muchos profesores no lo deseen, a través de su conducta en el aula están transmitiendo actitudes de las que los alumnos muchas veces se contagian, por lo que es conveniente controlar mejor qué modelos les estamos ofreciendo. Pozo, 2009, p 38)



La atención del profesor y la actitud de escuchar a los estudiantes es fundamental para lograr el proceso de aprendizaje. A menudo sucede que los profesores nos formamos una idea específica acerca de los alumnos y no nos detenemos a escuchar y menos aún somos capaces de preguntar. Con esta conducta caemos en prejuizar a nuestros estudiantes y obstaculizamos su desarrollo y aprendizaje.

Marcel Giry en su libro Aprender a Razonar, Aprender a Pensar nos explica la necesidad de partir del conocimiento del alumno: Marcel Giry considera que el alumno no es una página blanca que se menciona con tanta frecuencia. El alumno aprende siempre a partir de lo que piensa, sabe o siente. Para de la Garanderie, sus alumnos “poseían una experiencia, una prefilosofía, implícita pero que encerraba intuiciones alimentadas por argumentos dispersos y escurridizos: todo eso conformaba un inconsciente _o un preconsciente_ pedagógico.

Para de la Garanderie, el docente que no tenga consciencia de ello corre riesgo de tomar el camino equivocado y, lo que es peor, “de apartar de la filosofía a inteligencias hechas para servirla”. (Giry, 2002, APRENDER A RAZONAR, APRENDER A PENSAR, México, Editorial Siglo XXI, p. 105-106.).

Giry cita a Antoine de la Garanderie que dice: la inteligencia está al alcance de todos. Antoine de la Garanderie, afectado por la ostopongiosis, no oye bien. Este impedimento, las consecuencias que tuvo en su escolaridad, dieron origen a la investigación de eso que, en principio, el identifica como conectado con un preconsciente pedagógico. Vive con un profundo sentimiento de rebelión el hecho de ser juzgado a partir de resultados que no reflejan su capacidad, sino que se derivan de su impedimento no reconocido o no tomado en cuenta por su entorno.

En efecto, nadie se cuestiona sobre las razones de su comportamiento. Desde el fondo de su silencio, observa cómo su familia y sus profesores esgrimen razones trilladas para explicar su comportamiento o la naturaleza de sus errores. De esa manera su madre, para explicar sus cambios de humor o silencios cuando ella lo

llama de lejos, juzga que siempre está demasiado absorto en lo que hace. Por el contrario, los espacios vacíos en los cuadernos, particularmente las palabras confundidas con otras en los dictados son resultado de su falta de atención en clase". (Giry, p. 104).

La enseñanza de la ciencia, en un contexto de trabajo colectivo y en un escenario de respeto y solidaridad, facilitan el desarrollo de un pensamiento racional y un pensamiento científico. El análisis histórico de las teorías sirve de guía al alumno para comprender la forma en que los hombres de ciencia, se han enfrentado a la explicación del mundo que nos rodea.

La teoría celular se construyó en el siglo XIX y hasta que surgió este paradigma, se estableció la diferencia entre lo vivo y no vivo.

¿Cuál es la pregunta que está relacionada con la teoría celular? ¿De qué estamos formados los seres vivos?

Todos los grupos humanos se han preguntado en algún momento ¿Qué es la vida? y de acuerdo al contexto cultural y científico se han dado respuestas distintas.

“Es posible que en un principio no se estableciera una distinción clara entre la vida de un organismo vivo y el espíritu de un objeto natural no vivo. Casi todos los pueblos primitivos creían que existían espíritus residentes tanto en las montañas y ríos como en los árboles, animales o personas. Este concepto animista de la naturaleza fue extinguiéndose poco a poco, pero se siguió creyendo firmemente que en los seres vivos existía algo que los distinguía de la materia inanimada y que se separaba del cuerpo en el momento de la muerte. En la antigua Grecia ese algo, en el ser humano, se llamó aliento, Más adelante, y sobre todo en la religión cristiana, se denominó alma”. (Mayr, 1998, pág. 15).

Para Mosterín, “Todos los grupos étnicos, ideológicos o tradicionales han tenido algún tipo de ideas y conocimientos acerca de su entorno y del mundo en general. Pero la ciencia y la racionalidad científica son algo nuevo. Así como en la evolución biológica de vez en cuando se producen novedades (surge la vida o la fotosíntesis o los dinosaurios), lo mismo ocurre en la evolución cultural. Esta gran empresa de racionalidad teórica colectiva que es la ciencia se distingue claramente de las ideologías e idearios tradicionales por ciertas características propias, como la consistencia, la objetividad, la provisionalidad, el progreso y la universalidad”. (Mosterín, p. 92).

Las teorías son producto de un desarrollo histórico, en cada etapa de la historia los filósofos y científicos han formulado preguntas, y las responden de acuerdo al



contexto científico y metodológico del momento. Los griegos son los precursores de la ciencia, ellos por primera vez, construyeron teorías para explicar los fenómenos naturales y sociales. Algunos filósofos como Aristóteles (384 a. de n. e. a 322 a. de n. e.) perduraron en el tiempo. La teoría (generación espontánea) que Aristóteles construyó para explicar el origen de la vida, trascendió hasta el siglo XIX.



Pero la ciencia no la crearon los atenienses de Grecia, los precursores de la ciencia son los jonios: Chacón en su libro: Desarrollo histórico del método científico nos dice: “La época Clásica se caracteriza por un régimen esclavista; este fue constituido a lo largo de muchos siglos, la primera etapa hasta el siglo VI a. de n. e., representa la disolución del régimen gentilicio; la economía cambió del trabajo del comerciante y del artesano libre, a una economía basada en el trabajo del esclavo.

Los orígenes de la ciencia

Etapa Jónica.

En la medida en que el comercio adquirió mayor importancia, sobre todo en la etapa de la colonización entre los siglos VIII y VI a. de n. e., se fueron estructurando diferentes clases sociales, el comerciante rico, el campesino pobre, el artesano, y el esclavo que generalmente provenía de los pueblos conquistados” (Chacón Julieta, 1990, pág. 55).

La economía griega se basó en un régimen esclavista. Una sociedad dividida en clases sociales, que generó la división de Grecia en ciudades Estado. Los griegos practicaban el comercio y navegación e intercambiaban cultura, técnicas, y conocimientos con las culturas orientales.

Los jonios estaban estrechamente relacionados con las culturales orientales, especialmente con los egipcios. “Fueron los jonios los que estaban más estrechamente relacionados con las culturas neolíticas, y se les considera precursores de la ciencia. Entender la diferencia entre la grandeza de los egipcios, caldeos, fenicios, chinos etcétera, y la de los griegos, no es sencillo; las culturas orientales brindaron un gran cúmulo de conocimientos adquiridos de manera empírica, que fueron utilizados por los griegos para la creación de la ciencia”. (Chacón, 1990, pág. 57).

“Las grandes civilizaciones anteriores transmitieron a los griegos, no sólo el precioso patrimonio de sus mitos y de sus experiencias religiosas, sino también el muy notable de sus investigaciones científicas. Sobre todo en lo que concierne a la matemática y a las observaciones astronómicas, el nivel alcanzado por los

asirio-babilonios y por los egipcios era en verdad alto; y más bien, respecto de algunos problemas, se necesitó mucho tiempo antes de que los griegos conquistaran una madurez semejante”. (Geymonat Ludovico, págs. 16-17)

Los jonios recopilaron el conocimiento de las culturas neolíticas, los organizaron, sistematizaron y les dieron un carácter racional; crearon un método y un lenguaje para la ciencia. A los griegos se les llama maestros de las grandes generalizaciones. Con los egipcios aprendieron astronomía y matemáticas.



Los jonios fueron capaces de recopilar esos conocimientos y crearon métodos y un lenguaje para la ciencia y precisamente este fue el inicio de la grandeza de la Cultura Griega, fueron capaces de pasar de un conocimiento empírico, práctico, que respondía a necesidades inmediatas a la elaboración de conceptos, principios y a la construcción de teorías. (Chacón, 1990, pág. 57).

“La característica fecundidad de este “algo nuevo” inventado por los griegos, y la amplitud de desarrollos a los que dio lugar nos autorizan a decir *que la ciencia y la filosofía nacieron en Grecia*. Lo esencial es no entender estas palabras en sentido milagrero, como si se tratase de un nacimiento sin padres. La realidad histórica puede resumirse de esta manera: los griegos no crearon sus ideas de la nada, sino sobre la base de los patrimonios culturales que les transmitieron las anteriores civilizaciones mediterráneas”. (Geymonat, pág. 17).

Para analizar el desarrollo histórico de la teoría celular, es preciso regresar a la Cultura Griega e investigar a los jonios, porque, una de las principales preocupaciones de los filósofos griegos fue la de explicar *¿Cuál era el principio fundamental de la naturaleza?*

Albarracín Teulón lo explica así: “Desde que el hombre allá en el extremo oriental del Mediterráneo, llevó a cabo al filo de los siglos VII y VI a. de C. la trascendental aventura del descubrimiento de la physis, el fisiólogo, el teknites, el epistemón, el biólogo a la postre, se ha preocupado por la búsqueda de un principio común de estructura, capaz de responder al qué es de la vida, de la naturaleza, de los seres”. (Albarracín, pág. 14).

Para los jonios la respuesta estaba en los elementos naturales: agua, tierra, aire y fuego: Tales de Mileto planteaba que el agua era el principio fundamental de la naturaleza, para Anaxímenes el aire, para Heráclito el fuego y para Demócrito el átomo. Las propuestas de los filósofos jonios expresan una concepción materialista de la naturaleza.

“Es bien comprensible que las primeras escuelas científico-filosóficas griegas surgieran en las ciudades de Asia Menor, o sea en aquellas ciudades que por su

situación geográfica y por su economía, basada esencialmente en el comercio, se encontraban en condiciones más favorables para constituir el puente natural de comunicación entre Grecia y los otros pueblos (en especial Egipto). Y Justamente en una de ellas, Mileto (colonia jónica), florecieron en el siglo VI a. Anaximandro, Anaxímenes”. (Geymonat, pág. 17).



Etaa ateniense. En la etapa ateniense los filósofos más importantes fueron: Sócrates, Platón y Aristóteles. Atenas, representó el auge del sistema esclavista se consolidó como tal, en un proceso que duró alrededor de tres siglos, del VI, al IV a. de n. e. Durante este periodo vivió la transformación de las clases sociales que lo llevaban a establecer una economía basada en el trabajo del esclavo, en esta etapa cambió el rumbo de la ciencia y la filosofía, de una concepción materialista de los jonios, pasó a una concepción idealista. Dampier explica que el cambio de rumbo de la ciencia, la concepción y el objeto de estudio se vio determinado por el contexto social; las asambleas requerían de la participación de los sofistas; el discurso y la oratoria se hicieron instrumentos inseparables de los filósofos y, sobre todo, la profundización en la separación de las clases sociales obligaba a elaborar una teoría que resguardaba los privilegio de clase de que ya gozaban los filósofos”. (Dampier, pag. 58.).

En la Etapa ateniense uno de los filósofos que más destacó fue Aristóteles: se considera el filósofo más importante de la etapa ateniense de la Época Clásica y el que más aportaciones hizo a la ciencia. Fue discípulo de Platón y fundador de El Liceo, nació en Estagira, en Tracia, en el año 384 a. de n. e., conoció la ciencia de los jonios, de los macedonios y la medicina. Durante 20 años realizó sus estudios en la Academia de Platón, fue un gran enciclopedista, estudió: filosofía, lógica, psicología, física, química y biología. Aristóteles propuso la teoría de la generación espontánea para explicar el origen de la vida, teoría que dominó el campo de la ciencia y la filosofía, hasta el siglo XIX En el siglo XIX, Pasteur refutó la teoría de la generación espontánea.

Las aportaciones más importantes de Aristóteles a la ciencia, las hizo en estudios de la naturaleza: botánica, fisiología y física. La influencia de Aristóteles trascendió muchos siglos, los árabes en el siglo X, tradujeron su obra y las teorías del estagirita trascendieron hasta el siglo XIX.

Aristóteles fue discípulo de Platón, fundador de otra institución académica muy importante: El Liceo. Nació en Estagira, en Tracia, en el año 384 a. de n. e. estudió la ciencia jónica, macedónica y la medicina, lo que explica las tendencias científicas de Aristóteles y su preocupación por estudiar la naturaleza. Además de las ciencias de la naturaleza, estudió lógica, psicología, ética. Se le considera el más grande de los enciclopedistas de su tiempo; supo reunir todo el saber de su

época. En la biología hizo grandes aportaciones al estudio de los animales. Propuso el camino inductivo para el desarrollo de la investigación, para el estagirita, el conocimiento surgía de la observación, a diferencia de Platón que utilizaba el método deductivo. Estudió a los jonios pero se negó a aceptar el principio fundamental de la naturaleza y afirmó que ésta siempre había rompido con la tradición materialista de los filósofos jonios.



Según Dampier: “definió la vida como el poder de autonutrición y de crecimiento independiente y de degeneración. Dividió la zoología en tres partes: 1) Noticias sobre los animales, referentes a los fenómenos generales de la vida animal, es decir historia natural; 2) Partes de los animales, sus órganos y funciones, es decir anatomía y fisiología General; 3) Generación y reproducción de los animales, y embriología. Menciona unos 500 animales diferentes, algunos con una precisión y unos detalles que demuestran su observación personal, y 50 en que ostenta unos conocimientos obtenidos por disección e ilustrados con diagramas. (Dampier, pág. 62).

De Robertis nos dice: “Los antiguos filósofos y naturalistas –en especial Aristóteles en la Edad Antigua y Paracelso en el Renacimiento- llegaron a la conclusión de que “todos los animales y vegetales por más complicados que sean, están constituidos por unos pocos elementos que se repiten en cada uno de ellos”. Se referían a las estructuras macroscópicas de un organismo, como las raíces, hojas y flores comunes a diferentes vegetales, o a los segmentos y órganos que se repiten en el reino animal. (De Robertis, pág. 1.). Después de la Cultura Clásica, se desarrolló el imperio romano (Siglo II a. de n. e. al siglo V de n. e.), pero los romanos no destacaron en ciencia y filosofía; como lo hicieron los griegos. De hecho, durante su imperio quemaron la Biblioteca de Alejandría que contenía todo el saber de la Cultura Clásica. Durante el Imperio Romano se desarrolló el cristianismo.

EDAD MEDIA

La caída del Imperio Romano se remonta al siglo V. de n. e. y lo sucede la etapa feudal, (Siglo V al XV). Con el surgimiento de La Edad Media el cristianismo adquirió una gran fuerza y se convirtió en la filosofía reinante. La sociedad estaba formada por diferentes clases sociales y su base económica era la tierra. Representa una de las etapas más oscuras del pensamiento filosófico y científico. La iglesia adquirió poder filosófico y económico y desarrolló un contexto social profundamente represivo, pero, curiosamente; fue en el contexto de la época oscura del pensamiento humano, que se gestó la ciencia nueva y dio origen al Renacimiento.

Durante los primeros siglos de la Edad Media, el conocimiento se limitó al estudio de la Teología, las maravillosas aportaciones de la cultura griega prácticamente fueron destruidas durante el incendio de la Biblioteca de Alejandría. La iglesia rechazaba la Cultura Griega porque en Grecia habían estudiado la naturaleza física, biología, astronomía y matemáticas y los clérigos vivían sometidos a las normas de la religión católica. Fue hasta el siglo XI, con la influencia de los árabes y el cambio en la economía, que renacieron las técnicas, el comercio y la ciencia.



“Al hombre medieval le fascinaba la supuesta analogía entre la naturaleza divina, la constitución astronómica del cosmos, o macrocosmo, y la estructura anatómica, fisiológica y psicológica del hombre, o microcosmo. Generalmente se imagina el cosmos entero como penetrado y trabado entre sí por un espíritu viviente, el *nous*, o espíritu del mundo de los neoplatónicos, el cual a su vez está poseído y controlado por la divinidad. Así se mantiene en sujeción la materia primordial que es el principio de la muerte y la disolución”. (Dampier, págs. 109-110).

Durante la Edad Media, se construyó una corriente filosófica; el vitalismo, tomaron de Aristóteles la teoría de la generación espontánea y le dieron un giro hacia la presencia divina. La vida surgía por generación espontánea, pero se necesitaba el soplo divino. Toda esta filosofía permeó a las ciencias y fue hasta que los árabes se establecieron en Europa, que la cultura y la ciencia encontraron caminos distintos a los de la iglesia. Dampier lo describe así: La escuela árabe: “Mientras la cultura europea se encontraba en su más bajo nivel, en la Corte Imperial Bizantina de Constantinopla y en otros países comprendidos entre Siria y el Golfo Pérsico sobrevivía un considerable fondo cultural de origen mixto greco-romano-judío. Uno de los primeros centros fue la escuela persa de Jundishapur, que sirvió de refugio a los cristianos nestorianos en 489 y a los neoplatónicos que abandonaron Atenas cuando les cerraron la Academia de Platón en 529. Aquí a través de las traducciones de Platón y Aristóteles sobre todo, la filosofía griega entró en contacto con las de India, Siria y Persia, dando ocasión al desarrollo de una escuela de medicina que sobrevivió hasta el siglo X, a pesar de su aislamiento relativo”. (Dampier, pág. 100).

Los árabes, admiradores de la ciencia clásica, conocían la obra de Arquímedes, Euclides, la aritmética de Nicómaco, la obra de Platón y Aristóteles y tradujeron los textos de los clásicos del griego al árabe. Formaron un imperio (632-732), cuando conquistaron Arabia, Siria, Persia y Egipto y desarrollaron la cultura árabe. La ciencia islámica se fue desarrollando en forma paralela a la caída de la cristiana. El imperio islámico llegó hasta Europa y se estableció en España en la ciudad de Toledo.

El imperio islámico se extendió hasta Europa, los árabes llegaron a España y se establecieron en Toledo, la cultura islámica floreció en España cuando se desarrolló una fusión entre las culturas: árabe, judía y cristiana. Los árabes no llegaron a destruir la cultura cristiana, fue una conquista que llevó a Europa a ciencia, medicina, alquimia, astronomía y matemáticas, además de desarrollo de la economía. En el siglo IX mejoraron las escuelas de medicina con las traducciones de Galeno; también realizaron una labor tan nueva como impresionante en la alquimia. Grecia está en el continente europeo pero fueron los árabes los que llevaron la cultura griega hacia España.



Dampier afirma que: “En la Europa que acogió y fue asimilando lentamente esta corriente arábica de conocimiento había hecho notables progresos del aparato cultural. Dentro del Imperio de Oriente, en Constantinopla, se produjo un decidido resurgimiento del saber en los siglos IX y X, cuando Constantino VII patrocinó las artes y el saber, y ordenó la compilación de cierto número de tratados enciclopédicos. Gracias a los árabes se conservaron y tradujeron los manuscritos griegos. (Dampier, pág. 106).

En Europa surgió en el siglo XIII un gran interés por conocer los textos de los griegos, fue el inicio del estudio de los textos completos de Aristóteles, entre 1200 y 1225 se tradujeron al latín sus obras completas. El estudio de la cultura griega despertó el interés por buscar las aportaciones de los griegos ya no en las traducciones árabes, sino directamente en textos griegos y surgió la corriente humanista. Entre los interesados en conocer la ciencia aristotélica, destacan: Alberto Magno, de Colonia (1206-1280). Roger Bacon que impulsó el uso del método experimental, y la aplicación de las matemáticas, como base para otras ciencias.

El origen del Renacimiento

El espíritu del Renacimiento se manifestó primero en Italia, que por entonces se iba recuperando lentamente de la devastación de los tiempos anteriores ¿Cómo entender el cambio de la Edad Media al Renacimiento? Dampier no dice que Salimbene de Parma, franciscano del siglo XIII, nos da una clave, al observar la diferencia existente entre Italia y otros países en un punto concreto, muy significativo. En los países al norte de Los Alpes, dice, sólo habitan en las ciudades la gente del pueblo, pues los caballeros y las damas de la nobleza viven en sus fincas atendiendo a la administración de sus tierras en su torre de marfil feudal; mientras que en Italia, las clases altas poseen viviendas en las ciudades y pasan en ellas la mayor parte de su tiempo. La vida ciudadana de las clases inteligentes y holgadas del norte de Italia crearon el clima ideal para el nacimiento del Renacimiento. (Dampier, pags. 126-127).

Petrarca poeta y filósofo (1304- 1374) se considera precursor del Renacimiento, en el, encontramos una gran diferencia con la literatura de la época medieval, de los escritores escolásticos. Petrarca se interesó por estudiar a los clásicos y estudiarlos en latín clásico. Con su interés despertó la curiosidad por investigar la ciencia y filosofía de los griegos, interés que desembocó en el humanismo. La caída de Constantinopla (que estaba en poder de los turcos) aceleró el cambio de filosofía y de enfoque por la literatura y la ciencia.



“El humanismo fue importado al norte de Europa por estudiantes que habían trabajado bajo la dirección de los maestros de la Nueva Cultura en Italia. Uno de los primeros fue Johann Muller (1436-1476), nació en Konisberg- lo que le valió el sobrenombre de regiomontano- fue tal vez el primero que combinó la ciencia con el humanismo”. (Dampier, págs. 127- 128).

“La gran figura del Renacimiento norteamericano fue Desiderio Erasmo- 1466-1536-, nació en Rotterdam, pero fue muy conocido en muchos países. Erasmo vio en el humanismo, sobre todo, el medio de aprovechar la influencia civilizadora del saber para combatir los pecados capitales de su tiempo: la ignorancia monástica, los abusos de la iglesia, la pedantería escolástica y el bajo nivel de la moral pública y privada”. (Dampier, pág. 128).

Al mismo tiempo surgió el interés por realizar grandes viajes de exploración y descubrimientos geográficos. En 1419 los primeros exploradores fueron los portugueses y en 1497 Vasco de Gama llegó a la India. En 1492 los españoles descubrieron América, El descubrimiento de América y su conquista es uno de los acontecimientos históricos más importantes para Europa porque España se convirtió en una gran potencia económica. Los descubrimientos influyeron en abrir la mente de los europeos, ensancharon y desarrollaron el comercio, intercambiaron técnicas, Se desarrolló la industria, y Europa, se convirtió en una potencia económica. Así como la Época Clásica, el Renacimiento y nuestra Época (contemporánea), la ciencia se desarrolló en un contexto de progreso económico, y de descubrimientos geográficos que generaron oportunidades de ocio fecundo.

Siglo XVII

El siglo XVII se considera como el siglo en el que se inició la ciencia moderna, Galileo, Kepler y Newton establecieron la primera síntesis de la física. Galileo refutó la teoría aristotélica acerca del movimiento; cuando demostró “experimentalmente” que el movimiento no requiere de una fuerza. Los nuevos métodos y la utilización de las matemáticas abrieron nuevas posibilidades a la ciencia.

En las ciencias naturales también se expresa un cambio significativo cuando los hombres de ciencia impulsan el uso de métodos de observación y experimentación para estudiar los sistemas biológicos. En este contexto se expresa la aportación de Leeuwenhoek a las ciencias naturales



Después de la larga noche de la Edad Media, que sometió a los europeos al control total de la iglesia: control filosófico, económico, político y científico, Renacimiento con una revolución en las artes y con descubrimientos geográficos. El descubrimiento de América que descubrió un mundo totalmente distinto con etnias diferentes, fauna y flora distinta influyó en la mentalidad de los europeos y como consecuencia fueron abriendo las mentes y probablemente se generaron preguntas e interrogantes ¿Cómo esos mundos habían sido ignorados por la iglesia? ¿La iglesia en realidad conoce todo? ¿El Papa es el representante de Dios en la Tierra? El comercio facilitó el intercambio económico, técnico, filosófico y poco a poco a poco la ciencia fue abriendo nuevos caminos y métodos. El siglo XVII es de los más ricos en aportaciones a la ciencia y la metodología.

La filosofía vitalista de la Edad Media, fue concebida como una “fuerza específica, la fuerza vital, ontológica y operativamente superior, desde luego, a las restantes fuerzas de la naturaleza cósmica –mecánica, térmica, eléctrica, magnética, química- y en consecuencia, esencialmente irreducible a ellas, *pero específicamente activa, como tal fuerza, en la dinámica real de los entes materiales en que existe, en los que llamamos seres vivos*” (Albarracín Teulón, pag. 16).

En el siglo XVII, la ciencia experimental cobró una gran importancia. Francis Bacon filósofo y político inglés (1561-1626), propuso el método experimental bajo un principio inductivo. Bacon afirmaba que la única forma de explicar los fenómenos de la naturaleza era: recopilando y ordenando grandes cantidades de datos, para Bacon las teorías se construían a partir de observaciones que no estuvieran contaminadas con las teorías. Bacon también proponía que para realizar buenas observaciones era necesario contar con buenos instrumentos. Desde el siglo XV, los artesanos cobraron gran importancia en la sociedad. Leonardo Da Vinci argumentaba que para conocer la naturaleza se tenían que utilizar las manos. *Los artesanos construían instrumentos; por ejemplo las lentes, pero en el siglo XVII, los científicos se interesaron por pedir a los artesanos el diseño de instrumentos para la investigación. Uno de esos instrumentos fueron las lentes que más tarde se utilizaron como microscopios.*

Hooke fue de los científicos que más instrumentos diseñó durante el siglo XVII: relojes, balanzas, higrómetros, bombas de vacío, balanzas, lámparas y por supuesto el microscopio.

Patricia Fara afirma que “Micrographia es una espléndida colección de minuciosos dibujos en los que se exponen detalles que nunca antes se habían imaginado de plantas e insectos –en particular de piojos, esos cuasiinvisibles pero perpetuos compañeros de los caballeros del siglo XVII- cuando Samuel Pepys adquirió su ejemplar se quedó despierto toda la noche cautivado por las gigantescas imágenes en páginas desplegadas y las elocuentes descripciones de Hooke”. (Fara, pág. 205).



Fernandez Santarén nos dice: “Las lentes de vidrio se conocían desde hacía mucho tiempo y en Europa se construyeron a partir del siglo XIII. A finales del siglo XV ya se utilizaban gafas con lentes convexas y cóncavas y a finales del siglo XVI era habitual su uso”. (Fernández, pág. 69).

En los últimos cuarenta años del siglo XVII surgieron una serie de grandes investigadores que pueden denominarse *microscopistas clásicos*. Dos de ellos. Robert Hooke (1653-1703) y Nehemiah Grew (1641-1712), fueron ingleses; otros dos, Antony Van Leeuwenhoek (1632-1723) y Jan Swammerdam (1637-1686), holandeses; y uno, Marcelo Malpighi, italiano. (Fernández, págs. 70-71)

El microscopio y la célula. Se acuña el término de célula

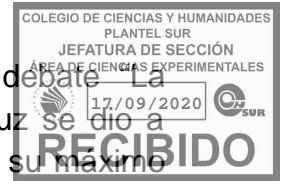
Robert Hooke, científico inglés (1635-1703) *descubrió la célula en una lámina de corcho*, publicó un libro llamado Micrographia en el que describía observaciones realizadas en el microscopio. Hooke para describir y compartir sus observaciones realizaba dibujos y fue el científico que por primera vez, en la historia de la ciencia, utilizó el término de célula. Hooke describe que al observar un corte delgado de corcho que se extrae de la corteza del alcornoque se dio cuenta que la estructura estaba formada por diferentes formas geométricas parecidas a las de un panal de abejas. Llamó célula a las estructuras que observó y las nombró de esa forma porque explicó que le parecían las celdas de los monjes. Hooke no observó células vivas, observaba las paredes celulares de células muertas. Hooke fue un gran físico y químico además de naturalista.

“Fue el primero en construir un nuevo tipo de telescopios, los gregorianos, con los que pudo observar que Marte y Júpiter rotaban sobre sí mismos. Además impulsó el uso científico de microscopios, con las icónicas ilustraciones de su libro Micrographia (1665), iniciando un arte que perfeccionaron nuevos expertos como Anton van Leeuwenhoek. También se le reconoce como uno de los primeros en sugerir la idea de la evolución biológica y además propuso que la luz estaba formada por ondas, lo que originó su primer roce con Isaac Newton, quien hacia 1670 desarrolló su propia teoría del color y argumentó que la luz estaba formada por partículas. Las críticas que recibió por parte de Hooke le ofendieron tanto que

Newton decidió retirarse de aquel debate público.”.

<https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/grandes-personajes/hooke-el-genio-cuyo-gran-error-fue-enfrentarse-a-newton/>

Fue un gran físico contemporáneo de Newton con quien tuvo un debate. La discusión más intensa en la historia en torno a la naturaleza de la luz se dio a finales del siglo XVII, entre quienes defendían la idea corpuscular, con su máximo representante en ese momento: Isaac Newton, y quienes abogaban por una teoría ondulatoria, propuesta por Robert Hooke. Hooke abanderaba en planteamiento de que la luz se comportaba en ondas, similares a las del sonido, por lo que necesitaba un medio material para propagarse”.



www.facebook.com/grops/

232493528048476/permalink/ 2686321101665715

Con la muerte de Hooke. Newton fue declarado vencedor en el debate.

La historia de la ciencia está plagada de anécdotas en las que destaca que los científicos son seres humanos con intereses, pasiones y emociones que influyen en su vida de investigadores. Hooke fue un científico que nació en un ambiente pobre y con un gran esfuerzo logró dedicarse a la ciencia, tiene fama de que plagió algunos trabajos, pero sus aportaciones a la ciencia fueron muy relevantes. Hooke formuló por primera vez la teoría ondulatoria de la luz, que más tarde se confirmó con la teoría de Einstein.

Hooke, es considerado uno de los científicos experimentales más importantes de la historia de la ciencia. En 1665 publicó el libro *Micrographia*, el relato de 50 observaciones microscópicas con detallados dibujos. Este libro contiene por primera vez la palabra célula. Hooke descubrió las células observando en el microscopio una laminilla de corcho, dándose cuenta de que estaba formada por pequeñas cavidades poliédricas que recordaban a las celdillas de un panal. Por ello cada cavidad se llamó célula. Aunque no pudo demostrar lo que estas celdillas significaban como constituyentes de los seres vivos fue un primer e importante paso para el estudio de la célula. Ya en el siglo XIX, y gracias al desarrollo del microscopio óptico, se introdujo la teoría celular, que aportaba un nivel más en la organización de los seres vivos. En Alemania comenzaron a relacionar a las células y sus alteraciones con las patologías.

Descubrimiento del mundo microscópico

Para construir la teoría celular se necesitaba descubrir el mundo microscópico. Leeuwenhoek, sin ser científico logró el hallazgo. Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723), Lázaro Spallanzani (1729-1799). Oscar Hertwig (1849- 1922)

Durante los siglos XVII y XVIII, una de las grandes cuestiones científicas de interés filosófico y religioso fue el de la procreación, en particular, la humana. Unos argumentaban que el óvulo era la semilla que daba vida al animal, mientras que otros creían que era el semen. La naturaleza del semen cuando impregnaba el óvulo se percibía como algo etéreo y se describía como espíritu, vapor e incluso olor, pero no como algo físico. En 1677 el microscopista holandés Antonie van Leeuwenhoek examinó el semen de varias especies animales, así como el suyo propio –obtenido no por abuso pecaminoso de sí mismo, según aseguró, sino del coito conyugal- y halló múltiples espermatozoides, pero que en ese momento no los asoció con la impregnación. Sin embargo, en 1683 concluyó que el hombre no procedía de un óvulo, sino de un animáculo de la semilla masculina, y que ciertas partes del óvulo se transferían al espermatozoide” ((Michael C. Gerald y Gloria E. Gerald, 2017, El libro de la Biología, India, Editorial Librero, p. 122).



El mundo microscópico de Leeuwenhoek en el libro de Gerald y Gerald)

Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723). En 1674 el científico holandés Antoine van Leeuwenhoek descubrió un mundo con millones y millones de habitantes hasta entonces desconocidos por los seres humanos: observó organismos unicelulares que denominó animáculos y bestiecillas. Pese a ser uno de los biólogos más célebres y el fundador de la microbiología, su educación formal había sido modesta, se expresaba en un solo idioma, su holandés materno, y no escribió ningún libro ni artículo científico. (Gerald y Gerald, p. 122)

Leeuwenhoek pasó prácticamente toda su vida en Holanda en la ciudad de Delft, el pintor Johannes Vermeer fue contemporáneo del microscopista. Leeuwenhoek abrió una tienda de telas en su población, y utilizaba lentes para contar los hilos de las telas y como producto de esta actividad, se apasionó por las lentes. Leyó el libro de Hooke: Micrografía, publicado en 1665. Hooke dio a conocer en su libro la forma en que se utilizaba el microscopio y sobre todo, la oportunidad de percibir a través de las lentes un mundo hasta ese entonces desconocido. Leeuwenhoek, inspirado en ese libro incrementó su gusto por la microscopía.

“A partir de 1673, a sus 40 años, y durante los siguientes 50 años, hasta el día de su muerte, Leeuwenhoek intercambió con la Royal Society de Londres cientos de cartas en holandés informal donde describía sus observaciones al microscopio. Estas incluían protistas (1674), bacterias (1676), capilares sanguíneos, fibras musculares, tejidos animales y células de espermatozoide de varias especies. Tales observaciones, con un alto grado de detalle, fueron posibles gracias a sus lentes, de hasta 275 aumentos, que daban imágenes claras y nítidas. Los microscopios anteriores solo proporcionaban entre veinte y treinta aumentos. A lo largo de su

vida Leeuwenhoek fabricó a mano de 400 a 500 lentes y unos 25 microscopios, y siempre guardó el secreto de sus técnicas expertas”. (P. 122, Gerald)

“El uso de lentes para agrandar lo observado se remonta a los antiguos romanos. El primer microscopio compuesto, con más de una lente, se inventó hacia 1590, y esa fue la herramienta básica de Hooke y los biólogos que le siguieron hasta el siglo XX. Los microscopios ópticos modernos aumentan la imagen de 1000 a 2000 veces de forma efectiva, mientras que los microscopios electrónicos usados en biología alcanzan los dos millones de aumentos”. (Gerald y Gerald, p. 122).



Para analizar la construcción de la teoría celular no podemos dejar de mencionar al holandés porque el descubrimiento del mundo microscópico abrió un mundo de posibilidades para la ciencia. Se puede comparar con los descubrimientos geográficos que abrieron la mente de los europeos para aceptar ideas nuevas.

“La importancia de la teoría celular en biología se ha comparado con la de la teoría atómica en química y física. Al igual que el átomo es la unidad básica de la materia, la célula es la unidad básica de la vida. El trabajo de base para la formulación de la teoría celular se remonta a 1665, cuando Robert Hooke descubrió la célula en una lámina de corcho. Diez años más tarde. Antoine van Leeuwenhoeck observó organismos unicelulares vivos al microscopio con sus lentes pulidas a mano capaces de aumentar la imagen 275 veces. Pasaron más de 160 años hasta que dos amigos alemanes. Schleiden y Schwann, se intercambiaron las notas de sus investigaciones celulares durante una sobremesa”. (Michael C. Gerald y Gloria E. Gerald, 2017, El libro de la Biología, India, Editorial Librero, p. 168).

Paul de Kruif en su libro los cazadores de microbios menciona que el comerciante de telas holandés es el primer cazador de microbios: “Hace doscientos años que un tal Leeuwenhoek fue el primero en asomarse a un mundo nuevo, poblado de millares de especies diferentes de seres pequeñísimos, ya feroces y aún mortíferos, ya útiles, solícitos y hasta indispensables para muchos ramos de la industria, que enriquece al hombre; un mundo cuyo conocimiento es, en definitiva, más importante para el verdadero bienestar de la estirpe humana que cualquier continente o archipiélago que aquél holandés hubiera podido descubrir” (Paul de Kruif, 1999, Los cazadores de microbios, México, Editorial Nuevo talento, pág. 7)

En el siglo XVII no había microscopios se utilizaban lupas y la combinación de lupas fue lo que permitió al holandés una ampliación mayor en sus observaciones.

Leeuwenhoek observó: agua estancada, semen, las escamas de su propia piel, su excremento, la lana de las ovejas, los pelos de castor y de liebre, los ojos de buey (en el que descubrió las maravillas del cristalino) disecaba moscas y observó

la masa encefálica de la mosca en su microscopio. Observó pulgas, piojos, aguijones de abejas, escarabajos etcétera.

Durante 20 años desarrolló su curiosidad en ese mundo hasta antes de conocer observando todo lo que podía. Se dedicó a tallar lentes y de cierta forma revolucionó la microscopía, pero no pudo explicar el mundo que descubrió porque no tenía el marco teórico adecuado para entenderlo. *La observación se guía por la teoría y los hallazgos que hizo el holandés fueron determinantes para que dos siglos más tardes se construyera la teoría celular.* En esa época los hombres de ciencia sabían latín, el holandés no hablaba latín y cuando La Real Sociedad le pidió que compartiera sus descubrimientos. Lo hizo en forma muy sencilla, los hombres de ciencia quedaron impactados. El Secretario de la Real Sociedad dio las gracias al mercader de telas y le solicitó, que siguiera compartiendo sus descubrimientos y así lo hizo, durante 50 años, envió sus dibujos e ilustraciones.



En busca de la estructura fundamental de los sistemas biológicos. Unidad de los seres vivos.

La microscopía siguió desarrollándose, debido al interés que despertaron las observaciones de Hooke y Leeuwenhoek. A partir de la segunda mitad del siglo XVII también es posible distinguir dos líneas de desarrollo en los microscopios compuestos: Una en Italia, donde los microscopios eran de pequeño tamaño, hechos de madera torneada y latón. Otra, en Inglaterra, con instrumentos de mayor tamaño construido de madera, cartón y cuero.

El británico John Marshall propuso cambios en la microscopía, utilizó un tornillo de cremallera que se utilizaba para enfocar, más tarde George Adams introdujo el revólver, la primera estructura que presentó lentes como objetivos con diferentes aumentos. Posteriormente se fue corrigiendo la aberración esférica cuando se propuso un diafragma.

En busca del concepto de vida. Albarracín Teulón, nos dice: "El concepto de vida surgió como una inducción intuitiva en un estadio relativamente primitivo de la evolución del pensamiento consciente. A través de datos de inducción precientíficos se observaron comportamientos compartidos por una amplia serie de objetos, a la par que se comprendía el sentido unitario que la persona posee de su propia vitalidad independiente, que pronto se trasladó, ya por vía científica a los restantes seres, transformándose en conceptos formales: seres animados frente a seres inanimados y, un paso más, entre los primeros los vegetales, los animales inmóviles, los animales móviles y el hombre". (Teulón, pág. 15).

Como mencionamos antes, durante la Edad Media surgió una concepción filosófica llamada vitalismo, esta corriente se extendió hasta el siglo XIX y consideraba que una fuerza específica generaba la vida y sus fenómenos,

Albarracín Teulón señala varios ejemplos que utilizaron los hombres de ciencia para explicar el fenómeno vital. “Es evidente en el siglo XVIII. Una serie de nociones –la sustancia albuminoidea de Trembley, la materia formativa de Wolff, la mera gelatina de Otto Fritz Muller, la materia líquida o semilíquida, el *Serum plasticum* de Boerhaave –abocan coincidentemente en la idea de tal sustancia, en función de determinadas propiedades naturales, posee la capacidad de formar estructuras. La tradición prosigue en el siglo XIX a través del tejido celular y la materia mucosa de Rudolphi y el mucílago primordial de Oken”. (Albarracín Teulón, pág.16)



Teoría fibrilar y globular

De hecho la teoría fibrilar y después la globular (en sus dos versiones: globular genetista y globular genuina se convirtieron después del término de célula de Hooke en las primeras formas de explicar la unidad de los sistemas biológicos. Resumiendo: Hooke acuñó el término de célula y después fueron fibras, después utrículos y más tarde glóbulos hasta llegar al siglo XIX en el que se rescató el término de célula.

“A finales del siglo XVII, y bajo el dominio universal de la teoría de la fibra. Malphigio había señalado la existencia de unos utriculi seu sacculi en la estructura vegetal, a los que Greew describió como vesículas o vejigas pero sin utilizar la palabra de célula como suele decirse, atribuyéndoles haberla tomado de Hooke. El siglo XVIII heredó y transmitió el tema. Independientemente de su atenimiento a la doctrina de la fibra, los biólogos ilustrados se encuentran con dos interpretaciones de lo que entonces se denominan vesículas o vejigas: o bien son un ente real, o bien un mero intersticio o cavidad hueca. Para Haller, por ejemplo son intersticios cavernosos o alveolares en una malla tridimensional de firmas. Así, el tejido celular es tejido ateolar y sus células ateolas o cámaras. Para Wolff se trataría más bien de vesículas a las que a veces denomina poros. *Klein ha demostrado que a finales de este siglo y sin conocimiento de la obra de Hooke, dos autores hoy olvidados reinventaron el término de célula Stefano G. Gallini, de Padua, y Jakob Fidelis Ackermann, profesor de Anatomía y de Botánica en Mainz.* Ambos sostienen en sus escritos que los cuerpos de los animales están compuestos por células delimitadas por membranas”. (Albarracín Teulón, pág. 21).

De Robertis resume así las aportaciones que hicieron los naturalistas al estudio de la célula: El nombre de célula del (griego kytos, skopien, ver). El nombre de célula (del griego kytos, célula, y del latín cella, espacio vacío fue empleado por primera vez por Robert Hooke (1655) para describir sus investigaciones sobre “la textura

del corcho por medio de lentes de aumento”. En estas observaciones, repetidas por Grew y Malpighi en diversos vegetales, se examinaron solamente las cavidades (“utrículos o vesículas”) de la pared celular. En el mismo siglo y al comienzo del siguiente, Leeuwenhoek (1674) descubrió células libres, en oposición a las células “empotradas” de Hooke y Grew, y observó cierta organización dentro de ellas, en especial el núcleo de los eritrocitos en algunos animales. Este conocimiento de la célula permaneció estacionario por más de una centuria”. (De Robertis, pág. 4).



Se considera que Malphigi fue el primero de los naturalistas que se interesó por estudiar la estructura interna de los organismos. Si bien el microscopio fue utilizado por Hooke y Leuwenhoek, ambos describieron organismos completos. Malphigi abrió un campo nuevo cuando se interesó por estudiar las funciones de los organismos. Marco Aurelio Severino (1580-1656) dividió órganos para describir su estructura y fue Juan Bautista Odierna (1597- 1660) el que diseccionó un ojo de mosca en cuatro capas. Se estableció con estas investigaciones el camino para descubrir la célula.

Los hombres de ciencia son seres humanos con pasiones e intereses iguales, a los de todos los seres humanos. No son seres iluminados o bendecidos. Pertenecen a un contexto social, económico y político y la historia menciona a científicos que actuaron bajo intereses y descalificaron a hombres de ciencia notables. Swammerdam es un ejemplo de un científico que fue rechazado por su comunidad.

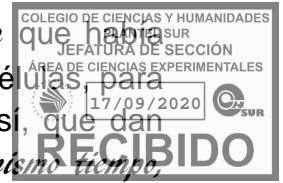
Jan Swammerdam anatomista y zoólogo (1637-1680), de origen holandés, un naturalista y anatomista con muy poca fortuna porque terminó su vida en un hospital psiquiátrico a los 43 años. Su obra fue descalificada por sus contemporáneos porque se atrevió a cuestionar las teorías de Aristóteles. Unas décadas después su obra fue rescatada y se encontró que *describió la estructura interna de un gran número de organismos invertebrados: arañas, insectos, caracoles, escorpiones, peces, gusanos etcétera.*

Paradigma de los glóbulos

Durante el siglo XVIII y XIX los hombres de ciencia siguieron tratando de descifrar ¿cuál era la estructura última de la materia orgánica? *En el siglo XVIII se inicia el paradigma de los glóbulos* que en principio no trata de sustituir la de la estructura fibrilar, sino de explicar el origen de la estructura fibrilar. Parte de los biólogos de los años finales del siglo XVIII comienzan a preguntarse si realmente la fibra es el último elemento formal de los organismos. Desde el siglo XVII, Swammerdam con sus partium globulossarum y granuli globuli, por Malphigio con sus pinguedinis et

adipossi globulli, por Leeuwenhoek con sus glóbulos protusados, y vistos también en el siglo XVIII por Monto, Wolff, Hewson y Fontana.

“Entre los botánicos, es Kurt Sprengel quien reintroduce el término de célula que había acuñado, recuérdese, Hooke, y recuperado Gallini y Ackermann. Las células, para él, son cavidades de formas muy diferentes, en comunicación entre sí, que dan lugar al tejido celular, similar al panal de cera de las abejas. Casi al mismo tiempo, también Brisseau- Mirbel reintroduce el término de célula –sin citar a Hooke considerado como tales, espacios ocupados por un líquido y surgidos en una matriz homogénea en principio.” (Albarracín Teulón, Pág. 22).



En el siglo XIX se hicieron grandes mejoras técnicas al microscopio, agregaron al microscopio compuesto un pequeño diafragma, se utilizaron dos pares de lentes oculares. El mejoramiento de los microscopios jugó un papel muy importante en el desarrollo de las investigaciones realizadas por botánicos y zoólogos

El siglo XIX, es el siglo de las ciencias naturales, la biología se constituye como ciencia con un cuerpo teórico y metodológico propio. En el siglo XVII la física se levanta como la ciencia más importante. Galileo propone la metodología científica moderna y se enfrenta con gran valor a Aristóteles, refutando su teoría acerca del movimiento para fundamentar la teoría copernicana. Galileo vivió todavía el rigor y rechazo de la iglesia y aunque tuvo la fortuna de no ser sacrificado, lo obligaron a renunciar a sus teorías. El siglo XVIII es el siglo de la química con Lavoisier (1743-1794). Harvey en el siglo XVII descubrió la circulación de la sangre, pero Harvey tal vez no se dio cuenta de que había inaugurado un campo magnífico para la ciencia, el de la fisiología, y siguió defendiendo las teorías aristotélicas. *El siglo XIX con las aportaciones de grandes científicos por primera vez encuentra el camino para construir una de los grandes paradigmas de la biología: La teoría celular.*

Fara afirma que: “La biología se estaba convirtiendo en una nueva ciencia (su primera aparición fue en una recóndita nota a pie de página en alemán en 1800), y sus pioneros pretendían dar respuesta a la pregunta más difícil de todas: *¿Cuál es la naturaleza de la vida? En Gran Bretaña, las oposiciones estaban divididas. Según el punto de vista tradicional, la vida surge cuando Dios infunde un alma o un espíritu. En el extremo opuesto se hallaban los materialistas, reduccionistas científicos que sostenían que la vida se halla en la materia misma, que surge de algún modo de una organización de las unidades fundamentales.* Sus ideas parecían más amenazadoras porque se originaban en Francia, un país al que los chauvinistas tenían por una fuente de revolución y ateísmo”. (Fara, p. 380).

La teoría celular se construye en Alemania

“La teoría celular dominó la investigación en Alemania durante la segunda mitad del siglo XIX. Tras varias décadas de investigación sistemática, en las que varias teorías provisionales tuvieron que ser sacrificadas, *los biólogos llegaron a una descripción general que aún hoy sigue vigente: todas las células tienen un núcleo que contiene cromosomas, suspendido en una sustancia gelatinosa: el citoplasma.* Sin embargo, a pesar de que era posible ver estos componentes a través del microscopio, se desconocían sus funciones. Y aunque los animales se desarrollaban a partir de óvulos y espermatozoides para convertirse en embriones formados, los procesos implicados eran un misterio. Los científicos se hallaban aún muy lejos de descubrir los secretos de la vida. (Fara, p. 384).



En el siglo XIX van a ser los botánicos los que tomen la estafeta de los científicos del siglo XVIII para explicar la unidad de los sistemas biológicos

Una vez retomado el término de célula, científicos como Treviranus y Rudolphi se atreven a mencionar que la célula es un ente real, no sólo una cavidad. Los dos científicos hacían mención a la pared celular y consideraban que cada célula podía separarse una de otra sin destruirse. Dos años más tarde lograron separar las células y confirmar que eran entes aislados, pero sus paredes estaban unidas unas a otras. Gottfried Reinhold Treviranus estudió pimpollos de *Ficaria ranunculus* y mostró que las paredes eran dobles. Treviranus las describió como vejiguitas.

Se inicia el concepto de entidad propia y son los botánicos los que hacen aportaciones más importantes al concepto de célula. Los botánicos lograron un gran desarrollo en técnicas histológicas, y en el uso de la microscopía. La primera explicación que hicieron: **la materia viva estaba formada por vesículas organizadas sin conexión entre sí.** Albarracín nos dice que Treviranus describió que las células vegetales tenían paredes dobles: “Luego se consiguió el aislamiento de las células y se comprobó su realidad como entidades singulares por obra de Link (1807-1809) y sobre todo de Moldenhawer en 1812. El primero afirmó taxativamente en 1807 que en lugares donde las células se unen unas a otras se advierte con frecuencia una doble línea, como si existiese un espacio entre las células. **Dos años más tarde concluye que el tejido celular consta de pequeñas vesículas separadas entre sí, pero sus membranas (paredes celulares) se hallan usualmente tan estrechamente adosadas que parece constituir tan solo una simple pared**”. (Albarracín Teulón, pág. 23).

Concepto de tejido.

Bichat describe los tejidos. “Al comienzo del siglo XIX el francés M.F. Bichat (1771-1802) observó que en las diferentes partes del organismo era posible distinguir ciertos elementos de apariencia y textura específica, llegando a describir

veintiuna de esas clases. Asimiló la estructura del cuerpo a una fábrica textil y utilizó la palabra tejido para referirse a esos tipos particulares de estructura. El estudio de las diminutas estructuras de los tejidos acabó denominándose histología, término introducido por Richard Owen en 1844". (Fernández Santarén, pág. 152).



La ciencia progresa, las teorías crecen y los científicos se van acercando a la explicación de un fenómeno.

Dutrochet explica la autonomía de la célula. Una mención especial merece R. H. J. Dutrochet médico, biólogo y fisiólogo francés (1776-1847). Estableció que la célula es una unidad singular autónoma, que se nutre por sí misma. Para muchos científicos el verdadero creador de la teoría celular, es el biólogo francés. Dutrochet, él utilizó el nombre de *glóbulos*. *Es el primer científico en destacar la necesidad de comparar los tejidos de plantas con los de los animales.* El fisiólogo francés no estudió tejidos animales, no logró hacer la comparación, fue Schwann, motivado por Schleiden, el que estableció la comparación entre células vegetales y animales.

Albarracín cita a Dutrochet en su libro “La teoría celular”

“La célula es el órgano secretor por excelencia: segrega en su interior una sustancia que unas veces está destinada a ser llevada fuera por medio de canales excretores, y que otras veces está destinada a quedar en el interior de la célula que le ha segregado y a formar así parte de la economía viviente, en la que juega un papel que le es propio,...*Es preciso que la célula posea cualidades particulares en cada órgano, puesto que segrega allí sustancias diferentes. Y a este respecto, no puede uno dejar de admirar la prodigiosa diversidad de los productos del organismo, diversidad que es mucho mayor todavía en el reino vegetal que en el reino animal* ¡Que variedad en las cualidades físicas y químicas de las sustancias segregadas por las células!... Este órgano (la célula) asombroso por la comparación que puede hacerse de su extrema simplicidad con la extrema diversidad de la naturaleza íntima, es verdaderamente la pieza fundamental del organismo; todo, en efecto, deriva evidentemente de la célula en los tejidos orgánicos de los vegetales, y la observación viene a demostrarnos que lo mismo acaece en los animales”. (Dutrochet, citado en Albarracín Teulón, pág. 28).

Leyendo la cita de Dutrochet, que Albarracín nos comparte lo único que queda es preguntar ¿Por qué Dutrochet no concretó la teoría celular? En realidad fue capaz de delimitar la vida y relacionar las características de plantas y animales, además nos cita funciones propias de las células: excreción y secreción y no sólo eso, también explica que son capaces de actuar y producir sustancias diferentes

(especificidad) de las células de acuerdo a los órganos y organismos. Establece una dialéctica muy clara entre unidad y diversidad. ¿Qué ocurrió con Dutrochet?

Turpin contemporáneo de Dutrochet, botánico e ilustrador (1775-1840) *ilustró* libros de botánica y la obra de Alexander von Humboldt. Turpin *describió que cada una de las vesículas que conforman un tejido, es capaz de reproducirse por sí misma, pero también esas vesículas son capaces de aglomerarse para formar un organismo más complejo.* “La organización de un ser viviente y la de sus órganos en particular no puede explicarse más que en tanto que se sigue paso a paso el desarrollo sucesivo de este ser, desde el primer momento de su formación hasta el de su muerte –método genético-; la base del desarrollo de los seres vivos es una globulina que organizada, se globuliza –un antecedente del blastema originario que tan importante papel va a jugar en los años inmediatos”. (Turpin, citado por Albarracín, Pág. 29).



El siglo XVIII fue un siglo de desarrollo científico en Francia, pero a principios del siglo XIX, fue Alemania la que conquistó este lugar. No es casual que encontremos a científicos alemanes abanderando la construcción de la teoría celular. “Al iniciarse el siglo, cada una de las 18 universidades alemanas existentes poseía todavía la tradicional estructura medieval, con Facultades de Teología, Derecho, Medicina y Fisiología. La finalidad de la educación académica era la formación de teólogos y fieles servidores del Estado. Por regla general los conocimientos científicos sólo se proporcionaban en La Facultad de Filosofía, siendo las enseñanzas experimentales físico-químicas muy poco frecuentes (una de las excepciones era la Universidad de Gotinga, en la que a veces se dictaban lecciones de física completadas con demostraciones)”. (Sánchez Ron, pág. 72).

Poco a poco la situación de la ciencia alemana fue cambiando y en mucho se debe al desarrollo de la anatomía y fisiología. En un principio los hombres de ciencia trabajaban en los hospitales, pero fueron demandando la creación de laboratorios en los que pudieran realizar experimentos. Alemania se convirtió en la vanguardia de la ciencia. *En este contexto Schleiden, Schwann y Virchow construyeron la teoría celular.*

El siglo XIX y la Revolución Industrial. La Revolución Industrial, el proceso que permitió la explotación a gran escala de nuevas fuentes de energía, cambió el mundo y al cambiar el mundo: se incrementó la población en las ciudades, surgieron nuevas clases sociales: obreros y burguesía, Inglaterra aumentó su poderío económico y la industria demandó el desarrollo de la ciencia, para lograr nuevas formas de energía, desarrollo de técnicas, y demanda de materias primas. La relación con la naturaleza cambió y se incrementó el deterioro ambiental.

El siglo XIX es de una riqueza extraordinaria para todas las ciencias, pero particularmente para la biología. Es en este siglo que se constituye la biología como ciencia con un cuerpo teórico y metodológico propio, y la historia natural que era meramente descriptiva va a ser sustituida por la Biología. También en este siglo se refuta la teoría de la generación espontánea y es refutada por las investigaciones de Pasteur. Como consecuencia de la teoría microbiana se crea la medicina científica, Darwin construye la teoría de la evolución y Mendel las leyes de la herencia



En la historia de la ciencia encontramos las aportaciones que hacen los hombres de ciencia en cada etapa y cómo van acercándose a la construcción de una respuesta que explique los fenómenos de la naturaleza. Los griegos prácticamente abordaron todas las áreas del conocimiento y dieron respuestas que probablemente ahora nos parezcan extrañas, pero que en su contexto fueron muy valiosas. Cada solución a una pregunta o cada respuesta que se da a una pregunta, generalmente genera más dudas, el camino no es lineal, pero si influye el contexto científico y metodológico. Ya vimos que para principios del siglo XIX estaba prácticamente todo resuelto para Schleiden y Schwann, ellos son los afortunados capaces de establecer un vínculo en todas las respuestas que habían dado los científicos en torno a la célula, y en integrar todo ese conocimiento para construir un gran paradigma: La teoría celular.

Estudiar el desarrollo histórico de un paradigma, nos ayuda a comprender como los científico van resolviendo sus preguntas en forma específica y de acuerdo al contexto científico y metodológico. Mayr afirma: que el estudio de las controversias científicas nos obliga a revisar el desarrollo histórico de las teorías. “La mayoría de las controversias científicas se extienden por periodos más largos de lo que generalmente se piensa. Aún en nuestros días las controversias tienen una raíz que frecuentemente se remonta tiempo atrás. Son precisamente los estudios históricos de esas controversias los que continuamente contribuyen a la aclaración conceptual y por tanto hacen posible la solución final” (Mayr Ernst en Historia y explicación en Biología de Sergio Martínez y Ana Barahona, 1998, México, F.C.E., pág. 77).

Como hemos mencionado varias veces, el desarrollo de la ciencia es muy complejo y está matizado por factores muy diversos: sociales, económicos, políticos, científicos y metodológicos. En el siglo XIX fueron varios los científicos que fueron resolviendo poco a poco el enigma de la estructura básica de los sistemas biológicos, (célula), teoría con la que se estableció la diferencia entre lo vivo y no vivo. *Raspail, naturalista, químico, fisiólogo y médico (1794-1878), fue capaz de explicar la forma en que la célula toma del medio las sustancias que necesita, y sin saber las características de la membrana celular, construyó una hipótesis que afirmaba que la*

membrana celular seleccionaba los nutrientes que necesita. En Francia lo explicó así: “La célula vegetal al igual que la animal es una especie de laboratorio de tejidos celulares que se organizan y se desarrollan en su seno. Las paredes imperforadas, a juzgar por nuestros instrumentos amplificadores más intensos, tienen la propiedad de tomar por aspiración en el líquido ambiente los elementos necesarios para esta elaboración. Tienen, pues, la propiedad de actuar como una criba, de admitir ciertos materiales y de cerrar el paso a determinados otros, por consiguiente de separar los elementos de ciertas combinaciones para no adoptar de ellas más que una parte.” (Citado por Albarracín, pág. 30). Transcurrirían muchos años antes de que los científicos lograran describir la membrana plasmática porque para hacerlo se necesitaba un microscopio potente que permitiera saber la composición química de la membrana. En el siglo XX, Ruska inventó el microscopio electrónico, desafortunadamente su invento fue plagiado y patentado por Siemens. Este es otro ejemplo más, de que la ciencia es una actividad social y los científicos son seres humanos como lo somos todos. Los estudiantes del CCH deben comprender que los científicos no nacen siendo científicos, se forman en la academia y la investigación, y que ellos, pueden formar parte de la actividad científica; si asumen el reto de estudiar y prepararse para la ciencia.



El camino de Ruska había sido preparado por una serie de inventos y descubrimientos que arbitrariamente pueden ser enumerados desde mediados de 1850: El tubo de Geisler (Geisler 1850), tubo de rayos catódicos (Goldstein 1855), la pantalla fluorescente (Braun 1897) y el efecto concentrante de los campos magnéticos sobre el haz electrónico (Wiechert, 1899, Gorber 1924). Este último fenómeno fue interpretado por Buch, quien hizo un parangón entre una lente de vidrio y una “lente electromagnética”, lo cual dio base a los experimentos de Ruska en la construcción de un microscopio electrónico (ME) (2,4,6,8). Sin embargo, Ruska sufrió un revés en su historia: él presentaría sus hallazgos, junto con su maestro Mex Knoll, en el Craz Colloquium el 4 de junio de 1931. Pero Knoll comentó los detalles técnicos del invento con un amigo suyo, M. Steembeck, quien a su vez lo hizo con Reinhold Rudenberg, jefe de ingenieros de Siemens, quien patentó el ME el 30 de mayo de 1931. No obstante, Ruska es considerado el padre de la microscopia electrónica (2,4). El primer ME comercial, diseñado por Ruska, fue lanzado al mercado por Siemens en 1939. Ello sirvió de estímulo para que otros países se abocaran a esta línea de trabajo y así comenzaron a aparecer prototipos en los Estados Unidos

<https://www.binasss.sa.cr/revistas/rccm/v8n4/art1.pdf>

Brown descubre el núcleo de las células

Para 1830 los naturalistas habían hecho grandes aportaciones al estudio de la unidad de los sistemas biológicos y aunque todavía Schleiden y Schwann, no habían construido la teoría, Robert Brown utilizando un microscopio simple, describió el movimiento browniano, Brown explicó el movimiento aleatorio de partículas que se encuentran en los medios líquidos o en los gases. Además de

sus estudios moleculares, estudió un gran número de ejemplares de plantas fanerógamas y en el desarrollo de sus investigaciones; descubrió el núcleo de las células vegetales. Recordemos que es más fácil observar estructuras vegetales que estructuras animales. Durante el siglo XIX se desarrolló la histología la microscopía.



“La aportación de los zoólogos al conocimiento de la real entidad de las células estuvo en principio limitada por la carencia de técnicas histológicas delicadas, ya que, frente la célula vegetal, el animal carece del cerco celular que permite reconocer su estructura. Uniósese a ello, quizá con mayor trascendencia, la aparición de la *Anatomie générale* de Bichat que convertía el *tissu* (tejido) en elemento último de la composición orgánica viva, a la par que proclamaba la desconfianza del autor en la utilización del microscopio como medio de investigación”. (Albarracín, pág. 24).

El desarrollo de la microscopía corre paralelo al estudio de las células

Purkinje, anatomista, fisiólogo y botánico checo (1787-1869), realizó estudios en la Universidad de Breslau y después estudió en Praga. “El 1832 logró que la Universidad de Breslau adquiriese un nuevo microscopio acromático, con el que, en unión de su discípulo Valentin, describía en 1835 el movimiento ciliar y el epitelio de varios animales. El genial checo parece haber anticipado, en cierto modo la obra de Schwann, con las referidas descripciones. Afirman algunos autores que la clara mente de Purkinje estuvo más cerca, en algunos aspectos, de una verdadera comprensión de la teoría celular que los propios Schleiden y Schwann. En torno a 1837 había descrito el cuerpo animal como compuesto de líquidos o *enquima* –incluyendo sangre, plasma y linfa -, fibras en conexión laxa – tendones- y *Korner* o gránulos que eran realmente células animales”. (Albarracín, pág.35). Científicos que hicieron aportaciones al estudio de las células animales: Rudolphi, Heusinger, Weber, Becker, Barruel, Blandin etcétera. En realidad no van a ser zoólogos los que construyan la teoría celular, en Alemania serán los médicos y fisiólogos los que estudien las células animales.

“En el decenio inmediato va a tener lugar el establecimiento definitivo de la primera teoría celular. Johannes Muller, catedrático en Berlín desde 1832, efectúa allí investigaciones microscópicas que seis años más tarde lo llevarían al descubrimiento de la naturaleza celular de la notocuerda de los peces mixinoideos. Entre 1833 y 1840 fue apareciendo su *Handbuch der Physiologie*, en el que expone sus hallazgos e investigaciones histológicas: la analogía entre las células de la notocuerda y las encontradas en los tejidos vegetales, la relación analógica entre las células pigmentadas del ojo, las de tejido graso y la notocuerda; su observación de las células cartilaginosas”. (Albarracín, pag. 36).

Son cientos o quizá miles, los científicos que han hecho aportaciones a los grandes paradigmas de la biología, pero solamente los descubrimos cuando analizamos el desarrollo histórico de las teorías, de otra forma, nos quedamos con los nombres de dos o tres científicos que registran los libros. Lo cierto es que la historia del desarrollo histórico de la teoría celular, es un gran ejemplo de cómo en cada etapa y en cada contexto, los científicos se van acercando a explicar los fenómenos de la naturaleza.



Johannes Muller, fisiólogo y neurólogo alemán, (1801-1858), trabajó con Henle, fue su discípulo y continuando con la obra de Muller trabajó en Berlín y en 1837 publicó un trabajo acerca del epitelio. Todas estas aportaciones prepararon el camino para Schleiden y Schwann.

Fernández Santarén, resume así, los prolegómenos de la teoría celular: *“Para definir la relación-estructura-vida se recurrió a la sustancia albuminoidea de Abraham Trembley (1710-1784), a la gelatina de Otto Fritz Muller, a la materia semilíquida de Albrecht von Haller (1708-1777) o al serum plasticum de Hermann Boerhaave, que fueron consideradas como el resultado de una misteriosa relación entre la primera materia y la vida que daba origen a una estructura común. En el siglo XIX esta interpretación se mantuvo a través de la sustancia mucilaginosa y otras, que llevaron a Christian Gottfried Ehrenberg (1795-1876) y a Félix Dujardin más organizada. ¿Cuál era esa sustancia? La respuesta inicial fue común: la fibra es el elemento último estructural de los tejidos. Pero si la fibra era estructura ¿cómo se hacía vital? Francis Glisson (1597-1677), en 1672, y Albrecht Haller, a mediados del siglo XVIII, dieron su respuesta: la fibra es portadora de la vida merced a la existencia en ella de una fuerza específica, la llamada fuerza vital.”* (Fernández Santarén, pag. 150).

La construcción de la teoría celular

Mathías Jacob Schleiden, nació en 1804 en Hamburgo Alemania, recibió su primera formación en su ciudad natal. En 1824 viajó a Heidelberg para estudiar leyes, se estableció en esa ciudad y desempeñó trabajo como abogado. Su labor como jurista duraría muy poco tiempo, porque en 1831, intentó suicidarse. Después de este problema se fue a estudiar medicina en Gotinga donde tuvo como maestro a F. G. Bartling y fue en esa Universidad en donde se enamoró de la botánica, ciencia a la que dedicaría toda su vida. Posteriormente en Berlín trabajó con su tío Johann Horkel (botánico) y estudió las obras de Humboldt y Robert Brown. En Berlín conoció a Schwann que era ayudante de Muller.

Leer la obra de Brown motivó a Schleiden a describir los núcleos de las células vegetales. Decidió estudiar los núcleos de las células y a partir de 1839 se

estableció en Jena en donde recibió el título de doctor en Filosofía, su pasión por la filosofía y la botánica marcaron el rumbo de su vida y en ese contexto publicó libros acerca de filosofía y botánica. “Pero la obra de Schleiden no era sólo teórica, siquiera su pensamiento al redactarla hubiera rechazado la especulación y naturphilosophische para convertirse en investigación inductiva y analítica, apoyada en la pura experiencia como fundamento del conocimiento científico. Precisamente por ello, en estos años alentó y apoyó la obra de Carl Zeiss que permitió a este la construcción de un taller mecánico en Jena, en el que mejoró y perfeccionó la calidad de sus microscopios. (Albarracín, pág. 38).



La empresa de microscopía Carl Zeiss sigue revolucionando el mundo de la microscopía. “En 1846, Carl Zeiss (1816-1888) fundó en Jena un pequeño taller de instrumentos, buscó la ayuda de un consejero científico y encontró a Abbe. La consecuencia de esta colaboración fue el posterior desarrollo teórico y las soluciones prácticas para la construcción de microscopios de luz de alta resolución. Abbe presentó su teoría en su obra *Beitrag zur Theorie des Mikroskops und der Mikroskopischen Wahrnehmung* (1873) donde enfatizó la diferencia entre resolución y aumento y criticó la práctica de utilizar oculares de altísimo aumento como aumentos vacíos”. (Fernández Santarén, 2016, Los secretos de la vida, México editorial CRÍTICA, pág. 86).

La microscopía se empezó a desarrollar en el siglo XVII, pero como muchas tecnologías, evolucionó en base al ensayo y el error: En párrafos anteriores describimos como Leeuwenhoek se considera uno de los pioneros de la microscopía y él, se basó en los trabajos de Hooke. Pasaron dos siglos más, antes de que la microscopía tuviera sus fundamentos en los estudios de la óptica.

“Abbe y Zeiss establecieron una fructífera cooperación que llevó al establecimiento de un nuevo taller de vidrio en Jena. En 1886 se editó el primer catálogo, que ofrecía 44 nuevos tipos de cristales. Los avances en la fusión del vidrio se producían de forma pareja con la mejora en los métodos de los índices de refracción. Ya no se hacía una óptica de calidad por el método del ensayo y error, sino midiendo las propiedades de los cristales y a partir de ahí calculando los radios requeridos por las lentes”. (Fernández Santarén, pág. 86). Hasta 1913 se creó el microscopio de cabeza binocular, su hallazgo se atribuye a Leitz.

Robert Brown: El descubrimiento del núcleo de la célula

“El núcleo, el orgánulo más grande de la célula, contiene cromosomas y ácido desoxirribonucleico (ADN), y regula el metabolismo celular, la división celular, la expresión genética y la síntesis de proteínas. La envoltura nuclear- una membrana de dos capas que rodea el núcleo separándolo del resto de la célula- se halla junto

al retículo endoplásmico rugoso (RER), que es donde se sintetizan las proteínas”. (Gerald y Gerald, p. 156)

En 1831, año en que Brown hizo su descubrimiento, era un botánico respetado entre 1801 y 1805 se había dedicado a recopilar y describir 3400 especies de plantas durante su estancia en Australia, y luego publicó informes sobre 1200 de ellas. En 1827 anunció que los granos de polen microscópicos (y, más tarde, otras partículas) se movían continua y azarosamente chocando entre sí, a través de un medio líquido o gaseoso. La explicación del movimiento browniano llegó en 1905, cuando Albert Einstein explicó que se debía a las moléculas de agua, que no eran visibles y golpeaban las moléculas de polen visibles”. (Gerald y Gerald, p. 156).



Brown no fue el primero en descubrir el núcleo, probablemente fue Leeuwenhoek. Gerald lo explica así: En la década de 1670, el microscopista holandés fue el primero en observar un mundo hasta entonces desconocido, que incluía fibras musculares, bacterias, células de espermatozoides y el núcleo de un huevo rojo de salmón. La siguiente observación documentada de un núcleo celular la hizo el microscopista y artista botánico austriaco Franz Bauer en 1802. Sin embargo el crédito de ese descubrimiento suele atribuirse al botánico escocés Robert Brown. Estudiando la epidermis (capa externa) de una orquídea. Brown vio un punto opaco que ya estaba ahí en una etapa anterior de la formación del polen, y lo llamó núcleo. Brown describió el aspecto del núcleo por primera vez a sus colegas en una reunión de la Linnean Society of London en 1831, y publicó sus hallazgos dos años más tarde. Tanto Brown como Bauer pensaban que el núcleo en una estructura celular exclusiva de las monocotiledóneas, un grupo de plantas que incluye las orquídeas. *En 1838 el botánico alemán Mathías Schleiden, codescubridor de la teoría celular, fue el primero en reconocer la conexión entre el núcleo y la división celular, y en 1877 Oscar Hertwig demostró la función del núcleo en la fertilización del huevo*”. (Gerald y Gerald, p. 156).

Brown se caracterizó por el detalle y exactitud, pero no fue más allá de los límites de la observación exacta, ni siquiera hizo el intento de teorizar. Los estudios sobre el núcleo fueron completados en 1836 por Jan Evangelista Purkinje y Gabriel Gustav Valentin.

Regresemos a Schleiden, recordemos que se interesó en los estudios que hizo Robert Brown, Robert Brown descubrió los núcleos de las células. Para Schleiden fue muy importante conocer las publicaciones de Brown: Nos detenemos a conocer uno de los párrafos de la obra de Brown: “En cada célula de la epidermis de una gran parte de esta familia, especialmente de aquellas con hojas membranosas, se observa una areola circular simple, por lo general algo más

opaca que la membrana de la célula...Esta areola, o núcleo de la célula, como quizá pueda ser denominado, no se halla confinada en la epidermis, encontrándose también no solamente en la pelusa de la superficie sino en muchos casos en el parénquima o células internas del tejido....El núcleo de la célula no existe sólo en las orquídeas, sino igualmente es evidente en otras muchas familias de cotiledóneas; e incluso lo he encontrado –hasta ahora sin embargo, en muy pocos casos- en la epidermis de plantas dicotiledóneas” (Albarracín, pág. 47).



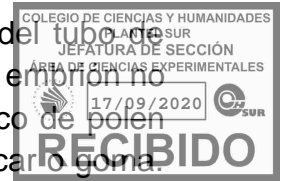
Probablemente no fue Brown el primero en observar los núcleos de las células, pero si fue el primer científico en destacar su importancia. Schleiden sorprendido por las descripciones de Brown, fue más allá, al suponer que el origen de la célula estaba relacionado con esta estructura, Schleiden lo llamó citoblasto. Realizó observaciones detalladas de células vegetales y en el curso de sus investigaciones describió sustancias como el almidón, el azúcar, el moco y la goma. Estudio embriones de plantas y describió sus formas, color, tamaño y consistencia.

Schleiden describe así las observaciones de las células vegetales “En citoblastos muy grandes, bien desarrollados, por ejemplo, en el albumen recién formado de *Phormium tenax* y *Chamaedorea schiedeana*... se observa, todavía no se evidentemente si en su interior o hundido en sus superficie, un pequeño cuerpo, bien delimitado, que a juzgar por la sombra parece representar un grueso anillo o un glóbulo vacío de paredes gruesas. En los menos desarrollados se observa tan sólo el preciso contorno exterior de este anillo, y en su centro un punto oscuro...En citoblastos todavía menores sólo aparece como una mancha bien circunscrita...O por fin, sólo aparece como un evidente puntito oscuro. En los citoblastos mínimos o efímeros...no he podido aún descubrirlo. En casos muy raros, de modo excepcional y tan sólo allí donde la mayor parte ofrecían un núcleo simple, he encontrado también dos....e incluso tres. (Albarracín, pág. 49).

Schleiden también describió la membrana celular, la describió como una masa a la que llamó gelatina y al analizarla, explicó sus características y la describió como una barrera que cubría a la célula. “es en esta masa donde siempre tiene lugar la organización y las formaciones más jóvenes constan de la sustancia clara como el agua perceptible en principio, que por presión representa una masa homogénea, incolora; si está seca, se embebe con agua y se hincha; no se altera en absoluto con la tintura de iodo ni la embebe, sino que al presionar hacia atrás y adelante aparece clara como el agua y es tan totalmente transparente que no puede verse sin un fondo coloreado u opaco. A esta sustancia, presente frecuentemente en las plantas... la llamaré por razones de brevedad gelatina vegetal....Es esta gelatina

la que en virtud de nuevas transformaciones químicas se transforma finalmente en la verdadera membrana celular”. (Albarracín, pág. 50).

Schleiden se dedica a estudiar los sacos embrionarios y el extremo del tubo de polen en que se desarrolla el propio embrión, descubre que el saco de embrión no contiene almidón sino solución de azúcar o goma, en tanto que el saco de polen contiene almidón o moco granuloso que luego se transformará en azúcar o goma.



“En los dos lugares mencionados surgen ahora, en la goma, rápidamente, los más arriba mencionados pequeños gránulos de moco *-kleinen Schleimkörnchen-* con cuyo motivo la hasta entonces homogénea solución de goma se enturbia, o incluso se torna opaca con mayor cantidad de gránulos *-granuli-*. Después se observan en esta masa nucleitos *Kernchen* aislados, mayores y más nítidamente dibujados... y de inmediato surgen también los citoblastos que, por así decir, aparecen como coagulaciones granulosas en torno a cada nucleito” (Albarracín, pág. 51).

Continúa así: “Tan pronto como los citoblastos han alcanzado su pleno tamaño, surge en ellos una fina y transparente vesícula; es la célula joven que al comienzo representa un segmento muy raro de esferas, cuya cara plana está formada por el citoblasto y cuya cara convexa la constituye la joven célula, montada sobre aquel como el cristal sobre el reloj.... Paulatinamente se distiende la vesícula y se hace más consistente...y la pared está formada ahora por gelatina, exceptuando al citoblasto, que forma siempre una parte de la pared. Poco a poco crece la célula entera, rebasando el borde del citoblasto y pronto se hace tan grande que al final este último aparece como un pequeño cuerpo incluido en una de las paredes laterales. Sólo con el ulterior y proseguido crecimiento de la célula, y ostensiblemente condicionada por la presión de las situadas a su lado, se hace regular la figura, convirtiéndose frecuentemente en la forma tan bellamente determinada a priori por Kieser, del rombododecaedro--- El citoblasto se halla incluido en la pared celular, en cuya posición sufre todo el proceso vital de la célula por él formada, cuando no es disuelto o absorbido, bien en su mismo lugar, bien en la cavidad celular cuando, por así decir, ha sido eliminado como miembro inútil, en aquellas células destinadas a superior desarrollo”. (Albarracín, pág.51).

Sus conclusiones enfrentan a naturalistas como Meyen que afirmaban que la célula se formaba a partir de fibras espirales. Schleiden publica sus resultados y afirma: *“es una ley totalmente categórica que toda célula (con la provisional exclusión del cambium) aparece como una vesícula -Blaschen- diminuta, y sólo paulatinamente se distiende hasta alcanzar el tamaño que muestra un estado evolucionado; es finalmente resultado constante de una investigación ampliada de este proceso de formación espiral”*. (Albarracín, pág.52).

Con base en sus investigaciones, Schleiden se dedicó a estudiar el crecimiento de las plantas y llegó a la conclusión de que las plantas crecen cuando se desarrollan y se expanden las células; publicó sus conclusiones así:

1. La planta crece formando el número de células que le es pertinente.
2. La planta se desarrolla por la expansión y evolución de las células que la constituyen. “Este fenómeno es especialmente peculiar de la planta, ya que al tener como base la composición celular de la misma, ni de forma remota puede presentarse ni en los cristales ni en los animales”.
3. Las paredes de las células ya desarrolladas se espesan por nuevo sedimento de capas. (Albarracín, pág. 54).

La obra de Schleiden fue muy minuciosa, se dedicó a estudiar los núcleos de las células vegetales, describió los núcleos y no sólo eso, sino la función que realizan y su relación con el origen de las células. Describió también el crecimiento de las plantas que dependía del origen y crecimiento de las células. Estableció las diferencias entre los órganos de las plantas y dedujo que todos ellos están formados por células. Después de estudiar los órganos de las plantas construyó su teoría:

Teoría de Schleiden

1. La célula vegetal es la unidad elemental constitutiva de la estructura de la planta.
2. La célula se origina en una gelatina compleja, a través de un proceso que se inicia con la aparición en ella de los nucléolos; en torno a éstos surgen los nucléolos o citoblastos; sobre estos la aparición de una tenue vesícula que va creciendo paulatinamente, da lugar a la célula adulta.
3. El proceso de crecimiento de la planta estriba en la multiplicación de las células dentro de otras células, salvo en los órganos leñosos en los que la coagulación de un líquido da lugar a la formación súbita del tejido celular.
4. El status celular. La opinión de Schleiden es tajante: “puesto que las células orgánicas elementales presentan una marcada individualización, y puesto que son la expresión más general del concepto de la planta, es necesario ante todo estudiar esta célula como el fundamento del mundo vegetal”. (Albarracín, pag. 56)

La obra de Schleiden expresa su rechazo al vitalismo ¿de qué forma podía explicar con tanto detalle el origen de la vida de las plantas sin caer en un rechazo a las concepciones vitalistas que predominaban todavía en el siglo XIX? Para



Schleiden la investigación y el avance científico depende de la observación y la experimentación.

Las teorías crecen, las teorías se construyen con base a otras teorías

Faltaba describir la célula en los tejidos animales y esto se logró cuando Schleiden fue buscado por un médico al que se le considera el padre de la patología. Theodor Schwann también discípulo de Muller, un joven científico, médico y patólogo.



Johannes Muller (1801-1858), maestro de una generación notable de científicos: Theodor Schwann, Elin du Bois- Reymond, Ernst Bricke, Carl Ludwig. Rudolf Virchow, Jajob Henle y Hermann von Helmholtz, Fue un gran maestro de fisiología, pero nunca abandonó sus concepciones vitalistas. Evidentemente había una incongruencia entre su trabajo experimental, y sus ideas acerca del origen de los fenómenos.

Schwann, discípulo de Muller, no era zoólogo, era médico y fisiólogo. La medicina y la fisiología jugaron un papel determinante en el desarrollo de la ciencia y específicamente en la construcción de la teoría celular. Sánchez Ron, nos dice: A comienzos del siglo XIX, la fisiología no existía como disciplina independiente; se encontraba firmemente unida a la anatomía, lo que implicaba que las funciones vitales no fueran explicadas, si acaso localizadas. La anatomía por sí misma no puede explicar las funciones de los órganos, la fisiología requiere del experimento y por eso encontramos en el siglo XIX una intención permanente de reivindicar el método experimental. Los científicos se enfrentaban a sus propias concepciones porque el vitalismo no podía sustentar la ciencia experimental y un gran número de hombres de ciencia, todavía defendían las concepciones vitalistas.

“Aquellos que combatían los principios vitalistas buscaban dar a la medicina una base científica, demostrando, entre otras cosas, que las enfermedades no eran nada más que desviaciones de los procesos fisiológicos normales. Convencidos de que tales procesos obedecían a leyes deterministas de la naturaleza, argumentaban que la medicina, la verdadera medicina, estos es, *la medicina científica*, debería encaminarse a determinar cómo se comportaban los cuerpos, sujetos a tales leyes bajo condiciones alteradas. Así en sus declaraciones programáticas, estos científicos (médicos, con frecuencia, pero no sólo médicos) hacían hincapié en la utilización de experimentos fisiológicos, anatomía patológica, microscopía, química, física y, por supuesto observaciones clínicas, como las herramientas básicas para analizar las funciones corporales y la aparición de enfermedades”. (Sánchez Ron, págs., 213-214)

La obra de Schwann

Theodor Schwann nació en Neuss am Rhein el 7 de diciembre de 1810, nació en el contexto de una familia muy religiosa, sus padres pensaban que se dedicaría a la iglesia, pero se inclinó por estudiar medicina. Estudió la carrera de medicina en Bonn de 1829 a 1831 y se convirtió en discípulo de Johaness Muller (profesor de fisiología). Cuando Muller fue designado maestro de fisiología y anatomía en Berlín, Schwann lo siguió, y concluyó en Berlín sus estudios de medicina. Muy pronto se desempeñó como ayudante de Muller. Schwann que era profundamente religioso, abandonó sus ideas religiosas durante su práctica profesional y adoptó la concepción mecanicista que defendía la observación y experimentación. Dejó atrás la especulación que utilizaban los *Naturphilosophie* y aceptó la *Naturwissenschaft*. En la concepción mecanicista se aplicaban las matemáticas al estudio de la naturaleza. Schwann estudiaba la contracción muscular y experimentaba utilizando variables distintas.



Albarracín explica que desde su llegada a Berlín, Schwann se aplica por introducir el método científico natural en fisiología: frente a *la fuerza vital*, frente a la *energía propia* de cada órgano o tejido, trata de entender las propiedades físicas y químicas de los fenómenos vitales. Así en la tracción muscular, en la digestión y en los procesos fermentativos.

En Botánica, el conocimiento de que los vegetales están compuestos de células ha permitido deducir la noción de la vida individual de aquellas, y en consecuencia la negación de una fuerza vital común a toda la planta. Por el contrario, la opinión general admite que el crecimiento de los animales, difiere esencialmente del de los vegetales; la presencia de vasos sanguíneos caracteriza a los animales, se piensa, y diferencia tal crecimiento del propio de las plantas. El mismo Johannes Muller admitía la idea de este crecimiento vascular de los tejidos animales, y la idea de una unidad de desarrollo de los organismos no lo seducía. (Albarracín, pág. 62).

Albarracín continúa así:

La mente racionalista de Schwann, que intenta demostrar la falta de rigor de la fuerza vital, se esfuerza por encontrar racionalmente la esencia de esta unidad de desarrollo en todos los seres vivos. Una sugestión de Schleiden va a facilitarle la clave.” (Albarracín, pág. 62).

“Por la misma época lleva a cabo sus trabajos sobre la pepsina, la fermentación alcohólica y el ciclo vital de la levadura. Se hace cada vez más evidente para él la necesidad de sustituir la doctrina de las fuerzas vitales por la de la unidad cartesiana de las fuerzas naturales. Florkin ha estudiado muy bien el fundamento último de lo que pronto sería la teoría celular Schwanniana: la tendencia de nuestro

citólogo a introducir un modo más exacto de explicación que el usual en términos de la *fuerteza vital*. La teoría celular escribe -Florkin- prolongaba, en el terreno biológico el viejo debate sobre la continuidad y discontinuidad en la *naturaleza*” (Albarracín, pág. 59).

Teoría de Schwann

Convencido de que las células animales tenían semejanza con las de los animales, Schwann buscó encontrarse con Schleiden para mostrarle los núcleos de las células del cordón dorsal. Lo invitó al anfiteatro de anatomía y el botánico aceptó la hipótesis de Schwann, que afirmaba la semejanza entre las células vegetales y las animales: “Schwann emprendió entonces una investigación sistemática de todos los tejidos animales y en 1839 publicó sus *Investigaciones microscópicas sobre la concordancia de la estructura y el crecimiento de los animales y plantas*. El título ya indica que había alcanzado su objetivo. Se ha derrumbado una pared divisoria fundamental entre el reino animal y el vegetal, la diferencia de su estructura, proclamó Schwann. Igualmente afirmó la inexistencia de una *fuerteza vital* como rectora de los procesos fisiológicos” (Fernández Santarén, pág. 154).

Estudió también al óvulo y sugirió que todos los tipos de huevos eran células, además afirmó que el desarrollo del huevo ocurría por la división de sus células. Estudió el huevo de la gallina y explicó que el huevo era parte de un desarrollo embrionario. Más tarde se dedicó a estudiar tejidos adultos y los clasificó en cinco tipos:

Clasificación de Schwann

- 1) Tejidos en los que las células son independientes, asiladas y separadas como en la sangre.
- 2) Tejidos en los que las células son independientes, pero están juntas, como en la piel.
- 3) Tejidos en los que las células tienen paredes bien definidas que se han fusionado en mayor o menor medida, como el cartílago, los dientes y los huesos.
- 4) Tejidos en los que las células están elongadas en fibras, como los tendones, ligamentos y fibras nerviosas.
- 5) Tejidos a los que Schwann consideró como generados por la coalescencia de las paredes y cavidades de las células (músculos y nervios).

Albarracín resume así la obra de Schwann: “Constituyen la misma tres partes bien diferenciadas. La primera sobre la estructura y el crecimiento de la *chorda dorsal* y



del cartílago- está consagrada al estudio microscópico de la cuerda dorsal en las larvas de la rana así como del cartílago. En aquella describe su estructura, compuesta de células poliédricas conteniendo en su interior o en la superficie de su pared una formación que se corresponde con el citoblasto descubierto por Brown y descrito por Schleiden. También el cartílago se corresponde en su estructura con los tejidos vegetales y, lo que es más importante, cree haber descubierto en una y otro la formación de nuevas células a partir de núcleos y en torno a los mismos. Una conclusión se impone: las células de la cuerda dorsal y del cartílago derivan de estructuras idénticas a las de las células vegetales con núcleo, membrana y vacuola. Algo más: los fenómenos a cuyo través se expresa la actividad de las fuerzas existentes en sus células, a saber, la nutrición y el crecimiento, acontecen de modo análogo o similar en animales y vegetales". (Albarracín, págs. 64-65).



Schwann concluye así: en que, alrededor de un pequeño corpúsculo surgido en primer lugar (el corpúsculo nuclear), se deposita primeramente una capa (el núcleo); más tarde, en torno a éste una segunda capa (la sustancia celular). Las capas singulares crecen por incorporación de nuevas moléculas entre las existentes, por intususcepción, cumpliéndose la ley de que la sedimentación es más intensa en la parte externa de cada capa que en la interior. En virtud de esta ley, con frecuencia sólo se condensa de cada capa su parte externa en una membrana (membrana del núcleo y membrana de la célula)... Cuando los corpúsculos nucleares son huecos, como ocurre según Schleiden en casos particulares en las plantas, quizá tenga lugar un triple proceso de formación de capas, de modo que la membrana celular es la tercera, el núcleo la segunda y el corpúsculo nuclear la primera. En las células anucleadas sólo tiene lugar, quizá, una simple formación de capas alrededor de un corpúsculo infinitamente pequeño" (Schwann, citado en Albarracín, pág. 73).

En resumen, Schleiden, Schwann y más tarde Virchow construyeron la teoría celular. Schleiden botánico y Schwann médico. Alemania fue el país que aportó a la ciencia la construcción de la teoría celular y con este paradigma se construyó el concepto de unidad de los sistemas biológicos. Se estableció el primer paradigma de la Biología.

Faltaba el postulado de Virchow: Origen de la célula. Una célula proviene de otra célula

Postulados de la teoría celular

En 1838 el botánico Mathias Schleiden propuso que todos los componentes estructurales de las plantas están compuestos de células, y al año siguiente el zoólogo Theodor Schwann llegó a una conclusión parecida con respecto a los

animales. Su teoría de la célula original constaba de tres preceptos (los dos primeros propuestos por Schleiden y Schwann, y el tercero añadido por Rudolf Virchow en 1855): *todos los organismos vivos se componen de células; la célula es la unidad básica de la estructura y el funcionamiento de todos los organismos vivos; y todas las células surgen de otras células preexistentes. Aunque los tres preceptos persisten, los siguientes mejoran y amplían la teoría: las células contienen información hereditaria (ADN), que se transmite de otra durante la división; la composición química de todas las células en una especie determinada es básicamente la misma; y el flujo de energía (metabolismo y bioquímica) tiene lugar dentro de las células.*



A diferencia de Schleiden, Schwann y Virchow siguieron empujando los límites de la ciencia y la medicina. Schwann descubrió la vaina que envuelve las fibras nerviosas (células de Schwann), aisló la pepsina –una enzima estomacal que descompone las proteínas- y acuñó el término metabolismo para los cambios químicos en los tejidos vivos. Virchow fue un pionero de la patología moderna, promovió el uso del microscopio y los procedimientos estandarizados en las autopsias, y también fundó el campo de la medicina social, cuyo objetivo es comprender cómo los factores sociales y económicos influyen en la salud. (Michael C. Gerald y Gloria E. Gerald, 2017, El libro de la Biología, India, Editorial Librero, p. 168).

Schwann se convirtió en un abanderado de la ciencia experimental y detractor del vitalismo, no fue fácil para él, que sus investigaciones fueran aceptadas, algunos científicos rechazaron sus propuestas. El primero en rechazar su obra fue Johannes Muller, su adhesión al vitalismo lo hizo rechazar los trabajos de su discípulo, pero posteriormente los aceptó, aunque bajo los principios del vitalismo. La teoría formulada por Schleiden y Schwann empezó a conocerse y finalmente fue aceptada por científicos como Valentin que en un principio quiso adjudicarse las primicias de la teoría, finalmente terminó aceptando el valor de las investigaciones de Schwann. Texto citado en Albarracín. La cita corresponde a (Braunschweig, 1842) “Para no faltar a la verdad es preciso reconocer que Valentin, pese a su disputa con Schwann, reconoció de inmediato el valor de los trabajos de éste: la obra de Schwann es una de las adquisiciones más importantes de la literatura de los tiempos actuales. Este volumen representa la aplicación de la teoría celular apoyada en numerosísimas observaciones de la histología normal... La histogenia se ha beneficiado de un progreso esencial con el reconocimiento del hecho de que las mismas leyes concursan en la formación de los tejidos animales y de los tejidos vegetales, y que también existen allí células con núcleos o nuclei o citoblastos y nucléolos. Y poco después: debemos a la investigación por Schwann el reconocimiento completo de las leyes generales de la formación celular como principio morfológico de la histogenia animal. Se

deduce de ello una concepción más general de los tejidos animales, análoga a la doctrina de la metamorfosis vegetal. (Albarracín, pág. 97).

Además de Schleiden y Schwann se menciona otro científico que aporta otra concepción de célula un poco más desarrollada, que la de los científicos antes mencionados:



Schleiden describió a la célula como una vesícula rodeada por una pared de celulosa que en el interior contenía una sustancia semilíquida y nitrogenada con un citoblasto o núcleo.

Schwann, también considera a la célula como una cavidad rodeada por una membrana, describió los núcleos y los nucléolos.

Para **Henle** la célula es una vesícula que consta de una membrana muy fina dentro de la cual se observa un líquido granuloso, en su pared, se encuentra el núcleo de la célula dentro del cual se observan uno o dos nucléolos.

Faltaba un camino muy largo por recorrer para describir a la célula, pero pasarían varias décadas antes de que se lograra establecer la diferencia entre células vegetales y animales. La pared celular que solo se encuentra en las células vegetales, pero no en las células animales y lo más importante ¿Cómo se originan las células? ¿Cómo se reproducen las células? Lo importante de las investigaciones de *Schwann, Schleiden y Henle, es que lograron construir una teoría celular, a partir de la cual, se explicó la diferencia entre lo vivo y no vivo y se estableció el concepto de unidad biológica. La teoría celular fue el primer paradigma de la Biología, que marcó un antes y un después, en el estudio de los sistemas biológicos.*

Rudolph Virchow médico, anatomista y político resuelve el problema del origen de la célula y construye el tercer postulado: *Una célula proviene de otra célula* “A partir de 1845 Virchow llega al convencimiento de que las células son los centros de todos los procesos vitales, las entidades finales en las que un organismo puede ser analizado antes de que los elementos separados pierdan las propiedades características del todo. Ahora bien; nuestro autor vive en estos años sumergido en la lucha social, participa ideológicamente en la Revolución de 1848 y ello va a dar lugar a que sus teorías biológicas trasciendan la propia ciencia y se asocien con sus ideas políticas, robusteciéndose mutuamente”. (Albarracín, pág. 244)

Albarracín afirma que no es extraño que desde las primeras páginas de su *Cellular Pathologie* considere las formaciones más superiores, la planta, el animal, como la suma progresiva de un número mayor o menor de células semejantes o diferentes y de inmediato declare que cada animal representa una suma de

unidades vitales, cada una de las cuales lleva en sí misma el carácter total de la vida". (Albarracín, pág. 244).

En lo anterior se vio influenciado por muchos otros trabajos; entre ellos por las observaciones de John Goodsir de Edinburg y por las investigaciones de Robert Remak, un neuroanatomista y embriólogo alemán, quien en 1852 fue uno de los primeros en señalar que la multiplicación de células para formar tejidos está acompañada de división celular. En ese año Remak concluyó que también en los tejidos enfermos las nuevas células provienen de células ya existentes.

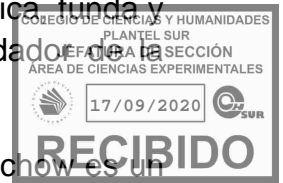


En la década de 1930, Matthias Schleiden (1804-1881) y Theodor Schwann (1810-1882) continuaron la búsqueda de respuestas acerca de qué caracteriza a "la vida" tomando como modelo a las plantas. Sus investigaciones definieron un marco general para el estudio del mundo natural y el funcionamiento general de las células. Sobre la base de todas estas investigaciones, en 1855 se estableció un principio que resultaría central para la biología. Dos investigadores alemanes, *Robert Remark (1815-1865)* y *Rudolph Virchow (1821-1902)*, formularon la siguiente afirmación: *toda célula procede de otra célula*. "Donde existe una célula debe haber habido una célula preexistente, así como un animal surge solamente de un animal y una planta surge sólo de una planta. A través de toda la serie de formas vivas, ya sean organismos animales o vegetales enteros, o sus partes componentes, gobierna una ley de desarrollo continuo".

<http://www.curtisbiologia.com/p1855>

Rudolf Ludwig Carl Virchow (1821-1902), médico y político alemán, considerado el fundador de la patología celular. ... En 1839 marchó a Berlín, donde inició el estudio de la medicina como discípulo de la "Pepinière" y se graduó en 1843. Pronto destacó por sus dotes de investigador. Estudió medicina en Berlín de 1839 a 1843. Se considera el fundador de la patología celular. La teoría celular le debe uno de los terceros postulados: el origen de la célula: *Omnis cellulae*. Las células se originan de células pre-existentes. Para llegar a esa teoría Virchow estudió la división celular. Virchow también fue discípulo de Johannes Muller. Tal vez una de sus facetas más interesantes fue la de su actividad política. Virchow no sólo fue médico y patólogo también fue político. En 1847 estalló una epidemia en Alemania y Virchow formó parte de los epidemiólogos y en el contexto de esa situación de salud, se da cuenta que el principal problema es de origen social. En forma muy valiente critica al estado y a la burocracia por abandonar la salud de la población. Afirma que solo una verdadera democracia podrá salvar a los obreros y recomienda que se establezcan apoyos para la salud y la educación. El gobierno lo rechaza y se ve obligado a salir de Berlín. Se refugia en la Universidad de Wurzburg, ciudad en la que trabaja durante siete años, en los que se dedica a la

Anatomía patológica, en el terreno de la investigación. En este periodo realiza las investigaciones que lo llevaron a proponer que una célula se origina de otra célula. En 1856 regresa a Berlín y se dedica a la cátedra de Anatomía patológica, funda y dirige el *Pathologisches Institut*, por eso se le reconoce como el fundador de la patología.



A propósito de la actividad política de Virchow, Para Sánchez Ron, Virchow es un verdadero ejemplo de las relaciones entre ciencia y poder político: “Sin el conocimiento científico ninguna acción política podría haber tenido el éxito que finalmente se consiguió. Aunque por ejemplo, la alimentación y la higiene mejorasen, algo que, como es bien sabido, no siempre sucedió (el crecimiento de las ciudades-en las que, cierto es, se introdujeron mejoras tan necesarias como el alcantarillado- y las condiciones de trabajo y de vivienda para las clases trabajadoras no siempre- o rara vez- fueron ejemplares), para luchar por el éxito contra enfermedades y epidemias- era necesario conocer las causas de estos males. Lo que se fue consiguiendo-no sin problemas y retrasos- a lo largo del siglo XIX y primeras décadas del veinte. Gracias a avances de la fisiología, microbiología o patología. (Sánchez Ron, 2007, El poder de la ciencia, Barcelona España, Editorial CRÍTICA, pág. 208)

En 1858, publica trabajos y artículos científicos en dos grandes obras: *Die Cellularpathologie in ihrer Begründung auf physiologische and pathologische Gewebelehre* y unos años más tarde *Die krankhaften Geschwulste*.

“Al trasladarse a Wurzburg continuó sus investigaciones. En un nuevo artículo repite su tesis de que la aparición de los núcleos en los espacios de incubación del cáncer se explica por su formación endógena en el blastema, dentro de la célula. Viene luego un largo periodo en el que Virchow se enfrenta con el estudio de los canceroides y tumores papilares, miosarcomas, neuromas, así como la ortiogénesis patológica. Tales estudios le llevaron a la idea de que el tejido conjuntivo es la sede germinal más esencial de las neoformaciones heteroplásticas. Pero todavía en 1852 sigue creyendo que este tejido procede del blastema. Su dedicación simultánea al estudio de la tuberculosis le condujo, por otra parte, en estos años de Wurzburg a demostrar que los corpúsculos tuberculosos de Gluge y Lebert no eran nuevas células que surgieran de cualquier blastema sino productos finales, células degeneradas, de un proceso que se iniciaba con una hipertrofia del tejido conjuntivo, por la formación endógena de numerosos núcleos celulares al que seguía luego una degeneración caseosa con atrofia y desecación. (Albarracín, págs. 194-195).

Con base a sus investigaciones de las células cancerosas, Virchow llega a la conclusión de que la vida es en esencia actividad celular. Albarracín lo explica así:

“Llegamos, con Virchow, a una conclusión: la unidad material de la vida es la célula; en ésta, concebida como centro y hogar, se manifiesta la vida, entendida como la suma de actividades que poseen en común las células. Así lo muestran desde ahora, sus trabajos publicados de 1852 a 1858”. (Albarracín, pag. 200)

Para Virchow la suma de la vida de las células, es lo que representa la vida de un organismo. *Las células nos dice Virchow, son unidades independientes y autónomas, pero forman a los organismos y determinan las funciones del mismo, como ejemplo, menciona que la nutrición de un organismo depende de la nutrición de sus células, así como la secreción, contracción y conducción.*

Un gran número de científicos se dedicaron a investigar la división celular para explicar el origen de las células, entre ellos destaca: Ehrenberg, Barry, Valentin, Nageli. Von Baer, éste último destacó porque hizo una descripción muy clara y completa, Von Baer trabajó con huevos de erizo. “un decenio más tarde, también Virchow consideró que los núcleos se dividen originariamente por un proceso de constricción y con mirada igualmente atenta y afinada. Gegenbaur observó así mismo de inmediato algún proceso de mutliplicación nuclear en la segmentación del huevo de *Saggita*. Sin captar los detalles del proceso, señaló un estadio en que el núcleo aparecía alargado en una gran extensión, e incluso constreñido en algunas ocasiones. Schlutze, acuñador de sentencias ofrecería otra al respecto: El núcleo y también el protoplasma, son productos de división de los mismos componentes de otra célula”. (Albarracín, pág. 217).

Es apasionante el estudio del desarrollo histórico de la teoría celular, son cientos de investigaciones las que se generaron a partir de la construcción de la teoría. Durante el siglo XIX el ambiente de la investigación fue muy rico y productivo. Como mencionamos antes; Schleiden y Schwann lograron establecer la unidad anatómica y fisiológica de plantas y animales, pero quedaba mucho por explicar, Virchow con sus investigaciones y basado en las aportaciones de varios de sus contemporáneos, logra establecer el tercer postulado de la teoría celular: Unidad de origen: una célula proviene de otra célula, con este postulado estableció la división celular como el fenómeno central en la reproducción de los organismos. La vida y obra de Virchow es muy interesante, no sólo fue un científico destacado también utilizó su formación para proponer medidas adecuadas para la población. Como mencionamos antes, Virchow fue un político comprometido y responsable. Fue capaz de enfrentar al estado y demandar mejores condiciones para los obreros.

Para Sánchez Ron, Virchow fue mucho más lejos que Schwann: “En realidad Virchow fue mucho más lejos que Schwann, constituyéndose en el *auténtico padre de la teoría celular*. El lugar en el que presentó de manera completa sus ideas y



resultados es uno de los grandes libros del siglo XIX: *Die Cellularpathologie in ihrer begründung auf physiologische und pathologische gewebelehre* (La patología celular basada en la histología fisiológica y patológica) de 1858, un clásico de la literatura médica y, en general, científica. Nadie antes que Virchow había defendido con tanta fuerza, y apoyándose en todo tipo de hechos, el papel central de la unidad celular en la vida”. (Sánchez Ron, pág. 231).



Sánchez Ron cita a Virchow. “Al igual que un árbol, constituye una masa dispuesta de una manera definida en la que, en todas sus distintas partes, en las hojas al igual que en las raíces, en el tronco al igual que en los brotes, se descubre que las células son los elementos últimos, así ocurre en todas las formas de vida animal. *Todo animal se presenta como una suma de actividades vitales*, cada una de ellas manifestando todas las características de la vida”. (Sánchez Ron, pág. 231).

En el libro Patología celular, Virchow afirma: Es esencial saber que en los más variados tejidos estos constituyentes, que, de alguna manera, representan la célula en su forma abstracta, el núcleo y la membrana, se repiten con gran constancia, y que mediante su combinación se obtiene un elemento simple, que, a través de una serie compleja de vegetales vivos y formas animales, por composición interna, se nos presenta con una estructura de forma peculiar, como una base definida para todos los fenómenos de la vida”. (Virchow, citado por Sánchez Ron, pág. 232)

Curiosamente Virchow a diferencia de Schleiden y Schwann siguió con sus concepciones vitalistas, no obstante su propia participación política. Será Pasteur con sus investigaciones el que rechaza de forma definitiva la teoría de la generación espontánea y le da el golpe definitivo a los vitalistas.

Real entidad biológica de la célula. Fines del siglo XIX

“Todo organismo viviente es un compuesto de células, considerándose a la célula como elemento vital portador de todos los caracteres de la vida. De forma más o menos ajustada a esta acuñación de la teoría iniciada por Schleiden y Schwann, la inmensa mayoría de los biólogos así lo afirmarán en los decenios finales del siglo XIX. En el análisis íntimo de un fenómeno fisiológico –escribe CL Bernard en 1874- se llega siempre al mismo punto, se llega al mismo agente elemental, irreductible, el elemento organizado, la célula y ya al concluir el siglo, Haeckel pontifica: Las células son los verdaderos ciudadanos autónomos que, reunidos por millares, constituyen nuestro cuerpo, el estado celular. Dos formas pues, de entender el status de la célula: en su propia individualidad y en su cooperativa comunidad”. (Albarracín, págs. 241-242).

La célula al final del siglo XIX es reconocida como una unidad de los sistemas biológicos, como unidad autónoma con sus propias funciones, individualidad anatómica y fisiológica. Cada célula se nutre, reproduce, secreta, excreta en forma individual y cuando muere, muere en forma individual, Más tarde se estudiaría la célula como parte de los tejidos.



“Por importantes que hayan sido, en el siglo XIX, los progresos de las ciencias que acabamos de examinar, no fueron ellos los que confirieron el desarrollo del pensamiento científico de esta época su más profunda y característica impronta: correspondió sobre todo a las investigaciones biológicas polarizar el interés, no ya de científicos y filósofos, sino de todas las personas cultas. Para esbozar, de manera muy esquemática, el progreso experimental y teórico de la biología, centraremos la exposición en tres puntos de especial importancia: en primer lugar, las investigaciones bacteriológicas, que tuvieron tantas y tan afortunadas aplicaciones en la medicina moderna; a continuación, los debates –de fundamental interés científico- en torno al gran problema del mecanicismo biológico; por último, la genial hipótesis de la selección natural, que suministró la primera base seria en que apoyar la antigua idea de la evolución” (Geymonat, pág.564)

c) EXPLICACIÓN SOBRE CÓMO SE ATENDIÓ EL PROPÓSITO GENERAL DEL CAMPO DE ACTIVIDAD SELECCIONADO, A TRAVÉS DE LAS ACTIVIDADES O LOS PRODUCTOS DESARROLLADOS PERTINENCIA

PERTINENCIA

Las materias del Área de Ciencias Experimentales [ÁCE), Química, Física, Biología, Ciencias de la Salud y Psicología, tienen como meta proporcionar a los alumnos los elementos que los lleven a desarrollar habilidades y a construir la cultura que corresponde al conocimiento científico y tecnológico, lo que permitirá a los egresados del bachillerato, interactuar con su entorno en forma más creativa, responsable, informada y crítica. Además el proceso de aprendizaje los capacita para proseguir estudios superiores. Se requiere, entonces, un tipo de enseñanza-aprendizaje que conduzca al estudiante a mejorar sus habilidades intelectuales, además de proporcionarle conocimientos y procedimientos básicos para interpretar mejor la naturaleza y entender el contexto en el que surge el conocimiento científico, a través de alentar en los alumnos la curiosidad y el placer por el descubrimiento y la comprensión del mundo natural. (Orientación y sentido de las áreas, p. 39).

El análisis histórico de las teorías lleva al alumno de la mano a recorrer el camino que siguen los científicos y a desarrollar habilidades tales como: cuestionar,

interrogar, inquirir, cualidades indispensables para la investigación y sobre todo les desarrolla un pensamiento lógico. Si logramos este principio estaremos preparando estudiantes con las herramientas necesarias para desarrollar las investigaciones. El conocimiento del desarrollo histórico de las teorías, les explica a los alumnos de forma muy clara que los científicos siempre se basan en teorías para construir nuevas teorías, que la observación y la experimentación siempre están precedidas por la teoría y entenderá que rechazar la investigación teórica, no lo lleva a ninguna parte, porque es la teoría, la que dirige la observación, la experimentación, el análisis, y el descubrimiento.



Nuestra propuesta educativa pretende convencer a los profesores de la necesidad de abordar las teorías en un marco histórico y filosófico y además explicar a los docentes la necesidad de establecer la importancia de la teoría en las actividades prácticas y experimentales. No existe en la historia una teoría que se haya construido a partir de un experimento, los científicos son personas formadas académicamente en una disciplina o ciencia y sus investigaciones son guiadas por sus marcos conceptuales o teóricos.

El campo de actividad elegido es el Campo II. Fortalecimiento de la docencia. Este campo de actividad tiene el propósito de elevar la calidad de la práctica docente con fundamentos psicopedagógicos y didácticos innovadores. Para ellos es necesario promover la formación actualización en los ámbitos disciplinarios, didáctico y del Manejo de las tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC). Es recomendable que los profesores participen en proyectos de investigación educativa, donde estudien y analicen los fenómenos educativos presentes en el colegio y que estén relacionados con su práctica docente.

El informe que estamos presentando se concreta en un documento producto de la investigación de la historia y filosofía de la ciencia, especialmente los avances del siglo XIX que llevaron a la construcción de la teoría celular. El análisis histórico y filosófico de la teoría facilita a los docentes la comprensión de una concepción de ciencia dinámica, que responde a contextos históricos y científicos y que permite a los estudiantes conocer los caminos o vías que han utilizado los científicos a través de la historia; para comprender que la ciencia no ha seguido un camino lineal, sino que avanza, y en muchas ocasiones retrocede o regresa a planteamientos o preguntas anteriores, o a respuestas o hipótesis planteadas en otras épocas, situación que genera una actividad permanentemente dinámica.

También con el análisis histórico los profesores comprenderán que las teorías tienen una validez histórica, se construyen a partir de otras teorías, y que los científicos son seres humanos inmersos en un contexto histórico, científico, social y económico.

Con el producto que desarrollamos, estamos brindando a los profesores herramientas didácticas para abordar los contenidos de los programas, específicamente los que se refieren a teorías.

d) VALORACIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y/O LOS PRODUCTOS, INDICANDO SU CALIDAD Y TRASCENDENCIA.



CALIDAD

La calidad de nuestra propuesta educativa se basa en la investigación que realizamos en forma permanente acerca de la historia y filosofía de la ciencia. Durante más de cuarenta años me he dedicado a buscar alternativas para la enseñanza de la ciencia, he escrito libros, artículos y he analizado (en mi área complementaria) prácticamente todas las teorías de los programas de biología con la finalidad de proponer a los profesores, formas diferentes (antipositivistas) de abordar la enseñanza de la ciencia. Mi propuesta tienen como objetivo: lograra que los profesores desarrollen la enseñanza de la ciencia con base a: las propuestas de filósofos e historiadores del siglo XX y XXI. La maestra Margarita Pacheco también ha sido una estudiosa constante de la enseñanza de la ciencia y la historia.

El Colegio de Ciencias y Humanidades fue la vanguardia en la educación media superior, prácticamente durante cuarenta años. Hace aproximadamente 5 años, los profesores fundadores empezaron a jubilarse y otros, desafortunadamente fallecieron. Les toca a las generaciones posteriores luchar porque no se pierda la calidad de la docencia.

Los programas de formación de profesores necesitan modificarse, los académicos necesitamos estudiar, es un requisito indispensable para practicar la docencia. La gran mayoría de los cursos propuestos por la administración se centran en el desarrollo de estrategias para la docencia y ahora en el uso de las plataformas, sin entender que los maestros necesitamos una actualización permanente en la disciplina, la didáctica, las teorías educativas y en la formación científica. Si atendemos a estas necesidades entonces mejoraremos fácilmente nuestra práctica educativa sin necesidad de difundir las estrategias como recetas totalmente ajenas al contexto de cada aula y cada grupo.

Ahora en el contexto de la contingencia y como producto del paro de labores decretado desde el 5 de febrero del 2020, la situación es muy grave, porque la enseñanza se desarrollará en línea. Las personas que secuestraron el plantel, lo destruyeron y no tenemos información todavía de la situación de la reconstrucción del mismo. Esperemos que la docencia, en un futuro (semestre próximo de enero 2021) se desarrolle en forma presencial, porque nuestros estudiantes merecen ser

formados como lo que son: estudiantes de bachillerato de la UNAM. Ojalá los maestros asuman su papel y comprendan que nada en el Colegio es más importante que la docencia. *“La docencia es la actividad sustantiva del Colegio”*. Sin docencia no tendría razón la administración. La administración tiene como labor crear las condiciones adecuadas para apoyar y resolver los problemas de los alumnos, docentes y personal administrativo.



El Colegio tiene como enfoque didáctico, la concepción constructivista de la educación, y partimos del principio de que los estudiantes a lo largo de su vida han construido una estructura conceptual que expresa su historia. En el Colegio atendemos los preconceptos de los alumnos y consideramos que la enseñanza de la ciencia es la plataforma básica para conocer las diferentes disciplinas y comprender el mundo que nos rodea. La tarea del profesor es lograr que los estudiantes se enamoren de la ciencia. Con la enseñanza de la ciencia, los alumnos desarrollan un pensamiento racional.

Bruner afirma: “La escuela desplaza el aprendizaje del contexto de la acción inmediata para introducirlo entre los confines de una institución. Gracias a esta extirpación, el aprendizaje se convierte en un acto en sí mismo que aparece liberado de los fines inmediatos de la acción y que dispone al aprendiz a un tipo de razonamiento que se aparta del beneficio inmediato y conduce a la reflexión.” (Bruner J. S. 2004, p. 79).

TRASCENDENCIA

La propuesta educativa podrá ser utilizada y consultada por los profesores. Es necesario que se abran espacios de análisis y discusión para que volvamos a garantizar la exposición de nuestros trabajos de área complementaria, para compartirlas con los profesores de carrera y con los docentes de asignatura.

Lo fundamental es elevar el nivel académico de los estudiantes, pero para lograrlo, los académicos necesitamos prepararnos y compartir nuestras experiencias en las aulas. La docencia es una actividad humana y el dialogo entre profesores es indispensable para que podamos fijar objetivos comunes y lograr una docencia de calidad.

La propuesta educativa está desarrollada en forma lógica con un lenguaje específico y claro y es un instrumento adecuado para profesores de carrera y asignatura.

La trascendencia va en relación directa con la actividad académica, los profesores deberán buscar la organización de una verdadera vida académica. Necesitan organizarse porque el Colegio se está reduciendo a una escuela controlada por

personas que desconocen y no valoran el Modelo Educativo del Colegio. 50 años de historia del Colegio de Ciencias y Humanidades merecen rescatarse, ojalá que con el gobierno de López Obrador, la UNAM cuide la docencia, investigación y difusión de la cultura. 30 años de neoliberalismo han causado un gran daño a la UNAM y en general a la educación pública. La propuesta del Dr. Casanova pasará a la historia como uno de los Modelos educativos más importantes en la educación media superior y me siento orgullosa de haber formado parte de este proyecto.



PERTINENCIA

“Las materias del Área de Ciencias Experimentales [ÁCE), Química, Física, Biología, Ciencias de la Salud y Psicología, tienen como meta proporcionar a los alumnos los elementos que los lleven a conformar la parte de la cultura que corresponde al conocimiento científico y tecnológico, lo que permitirá a los egresados del bachillerato, interactuar con su entorno en forma más creativa, responsable, informada y crítica, además de capacitarlos para proseguir estudios superiores. Se requiere, entonces, un tipo de enseñanza-aprendizaje que conduzca al estudiante a mejorar sus habilidades intelectuales, además de proporcionarle conocimientos y procedimientos básicos para interpretar mejor la naturaleza y entender el contexto en el que surge el conocimiento científico, a través de alentar en los alumnos la curiosidad y el placer por el descubrimiento y la comprensión del mundo natural.” (Orientación y sentido de las áreas, p. 39).

El análisis histórico de las teorías lleva al alumno de la mano a recorrer el camino que siguen los científicos y a desarrollar habilidades tales como: cuestionar, interrogar, investigar, indagar, cualidades indispensables para la investigación y sobre todo les desarrolla un pensamiento lógico. Si logramos este principio estaremos preparando estudiantes con las herramientas necesarias para desarrollar las investigaciones. El conocimiento del desarrollo histórico de las teorías, les explica a los alumnos de forma muy clara que los científicos siempre se basan en teorías para construir nuevas teorías, que la observación y la experimentación siempre están precedidas por la teoría y entenderá que rechazar la investigación teórica no lo lleva a ninguna parte, porque es la teoría, la que dirige la observación, la experimentación, el análisis, y el descubrimiento.

Nuestra propuesta educativa pretende convencer a los profesores de la necesidad de abordar las teorías en un marco histórico y filosófico y además explicar a los docentes la necesidad de establecer la importancia de la teoría en las actividades prácticas y experimentales. No existe en la historia una teoría que se haya construido a partir de un experimento, los científicos son personas formadas

académicamente en una disciplina o ciencia y sus investigaciones son guiadas por sus marcos conceptuales o teóricos.

c) RESEÑA DE LAS ACTIVIDADES, DESARROLLADAS POR CADA UNO DE LOS INTEGRANTES DEL GRUPO DE TRABAJO (COORDINADORES Y PARTICIPANTES), SEÑALANDO EL CUMPLIMIENTO DE SUS COMPROMISOS, ASÍ COMO EL PORCENTAJE DE ASISTENCIA. ASÍMISMO, DEBERÁ ESPECIFICAR LAS FORMAS DE ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO INDIVIDUAL O GRUPAL.



1. Iniciamos el trabajo con la responsabilidad de estudiar los siguientes textos: Durante el semestre de agosto a diciembre de 2019. Estuvimos revisando la bibliografía y elaborando fichas de trabajo.

1. Albarracín Teulón, La teoría celular.
2. Sergio Martínez y Ana Barahona. Historia y explicación en Biología.
3. Patricia Fara. Breve Historia de la Ciencia.
4. Dampier Historia de la Ciencia.
5. Fernández Santarén, Los secretos de la vida.
6. Gastón Bachelard, El espíritu científico.
7. Helge Kragh, Introducción a la historia de la ciencia.
8. Gaston Bachelard, Estudios.
9. J.I. Pozo, Aprender y enseñar ciencia.
10. Mosterín, Ciencia, filosofía y racionalidad.
11. Karl R. Popper, La Lógica de la Investigación Científica.
12. J.C. Coleman y L.B. Hendry, Psicología de la adolescencia.
13. Sánchez Ron. El Poder de la Ciencia.
14. D. Newmann, P. Griffin, M. Cole, La zona de construcción del conocimiento.
15. De Robertis, Biología Celular y Molecular.
16. Ernst Mayr, Así es la Biología.
17. Chacón López, Desarrollo histórico del método científico.

18. Augusto Comte, *Curso de filosofía positivista*. Discurso sobre el espíritu positivo.
19. Chacón López, Miravete Lozano y Suárez y López Guazo, *Metodología de las Ciencias*. Popper, Kuhn y Lakatos.
20. Escalante Fernando, Historia mínima del neoliberalismo.
21. Lakatos Imre, Historia de la Ciencia y sus reconstrucciones racionales.
22. Catalán, F. A. y Catany, E.M. (1986). Contra el mito de la Ciencia: El papel de la Historia. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2), 163-166.
23. Flores, C. F., Tovar, M. M. E., Gallegos, C. L., Velásquez, M. M. E., Valdés, A. S., Sainz, C. S., Alvarado Z. C. y Villar, C. M. (2000). Representación e ideas previas acerca de la célula en estudiantes del Bachillerato. México: CCH, UNAM.
24. Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurantes en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 30-35.
25. Gagliardi, R. y Giordan, A. (1986). La historia de las ciencias: Una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (3), 253-258.
26. Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la historia de las Ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 291-296.
27. Gil, P.D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.
28. Gooday, G., Lynch, J.M., Wilson, K.G y Barsky, C.K. (2008). Does Science Education Need the History of Science? *Isis, An International Review Devoted To The History Of Science And Its Cultural Influences*, 99, 322-330.
29. Mintzes, J.J, Trowbridge, J.E. & Arnaudín, M.W (1991). Children's biology: Studies on conceptual development in the life sciences. In S.M. Glynn., R.H. Yeany & B.K. Britton (Eds.), *The Psychology of Learning Science* (pp.179-202). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
30. Pacheco, H.R.M. (2014). Estrategia didáctica constructivista basada en aprendizaje combinado (Blended Learning) para la enseñanza de la forma y tamaño de la célula en el Bachillerato. México: UNAM. Facultad de Filosofía y Letras. Tesis de Maestría en Pedagogía.
31. Programas de Estudio de Biología I – IV. Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades.



2. En el mes de enero, revisamos los documentos del Colegio y las teorías educativas.

3. Durante los meses de febrero a abril, estuvimos discutiendo textos de *Filosofía de la Ciencia*: Popper, Lakatos y Kuhn.

4. De abril a septiembre elaboramos la propuesta educativa.



6) EVALUACIÓN GLOBAL DEL GRUPO DE TRABAJO Y UNA REFLEXIÓN SOBRE SU FUNCIONAMIENTO Y DESEMPEÑO

La maestra Rosa Margarita Pacheco es una excelente maestra: comprometida, responsable y estudiosa. Además de estas cualidades es muy educada y fue un gran gusto trabajar con ella. El problema de la pandemia no nos permitió reunirnos durante mucho tiempo, pero realizamos el trabajo a distancia y tuvimos siempre una gran comunicación.

2. FUENTES CONSULTADAS

1. Albarracín Teulón, 1983, *La Teoría Celular*. Madrid España, Editorial Alianza Universidad.
2. Bachelard, 2004, *Estudios*, Buenos Aires Argentina, Editorial Amorrortu.
3. Bachelard, 2013, *El Espíritu Científico*. México, Editorial Siglo XXI.
4. Catalán, F. A. y Catany, E.M. (1986). Contra el mito de la Ciencia: El papel de la Historia. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2), 163-166.
5. J.C. Coleman y L.B. Hendry, 2003, *Psicología de la Adolescencia*, Madrid España, Editorial Morata.
6. Comte Augusto, *Curso de Filosofía Positivista*. Discurso sobre el espíritu positivo.
7. Chacón López 1990, *Desarrollo Histórico del Método Científico*, México, Editorial UNAM, CCH.
8. Chacón López, Miravete Lozano y Suárez y López Guazo, 2014, *Metodología de las Ciencias. Popper, Kuhn y Lakatos*, México, Editorial UNAM, CCH.
9. Dampier 1972, *Historia de la Ciencia*, Madrid España, Editorial Tecnos.
10. De Robertis, 2003, *Biología Celular y Molecular*, Buenos Aires Argentina, Editorial Ateneo.

11. Escalante Gonzalbo Fernando, 2019, *Historia Mínima del Neoliberalismo*, México, Editorial El Colegio de México.

12. Fara Patricia, 2009, *Breve Historia de la Ciencia*, Barcelona España, Editorial Ariel.

13. Fernández Santarén, 2016, *Los Secretos de la Vida*, México, Editorial Crítica.

14. Flores, C. F., Tovar, M. M. E., Gallegos, C. L., Velásquez, M. M. E., Valdés, A. S., Sainz, C. S., Alvarado Z. C. y Villar, C. M. (2000). Representación e ideas previas acerca de la célula en estudiantes del Bachillerato. México: CCH, UNAM.

15. Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurantes en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 30-35.

16. Gagliardi, R. y Giordan, A. (1986). La historia de las ciencias: Una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (3), 253-258.

17. Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la historia de las Ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 291-296.

18. Geymonat, 2009, *Historia de la Filosofía y de la Ciencia*, Barcelona España, Editorial Crítica.

19. Gil, P.D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.

20. Giry, 2002, *APRENDER A RAZONAR, APRENDER A PENSAR*, México, Editorial Siglo XXI.

21. Gooday, G., Lynch, J.M., Wilson, K.G y Barsky, C.K. (2008). Does Science Education Need the History of Science? *Isis, An International Review Devoted To The History Of Science And Its Cultural Influences*, 99, 322-330.

22. Helge Kragh, 2007, *Introducción a la Historia de la Ciencia*, España, Editorial

23. Karl R. Popper, *La Lógica de la Investigación Científica*, México, Editorial rei

24. Lakatos, 2011, *Historia de la Ciencia*, Madrid España

25. Mayr, 1998, *Así es la Biología*, Madrid España, DEBATE pensamiento, pág. 15.

26. Mintzes, J.J, Trowbridge, J.E. & Arnaudín, M.W (1991). Children's biology: Studies on conceptual development in the life sciences. In S.M. Glynn., R.H.



Yeany & B.K. Britton (Eds.), *The Psychology of Learning Science* (pp.179-202). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

27. D. Newmann, P. Griffin, M. Cole, 1998, *La Zona de Construcción del Conocimiento*, Madrid España, Editorial Morata.

28. Pacheco, H.R.M. (2014). Estrategia didáctica constructivista basada en aprendizaje combinado (Blended Learning) para la enseñanza de la forma y tamaño de la célula en el Bachillerato. México: UNAM. Facultad de Filosofía y Letras. Tesis de Maestría en Pedagogía.

29. Pozo J. I. 2009, *Aprender y Enseñar Ciencia*, Madrid España, Editorial Morata.

30. Programas de Estudio de Biología I – IV. Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades.

31. Sánchez Ron 2007, *El Poder de la Ciencia*, Barcelona España, Editorial Crítica.



SUGERENCIA DE ESTRATEGIAS

EL USO DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN EL PROCESO PEDAGÓGICO: EL CASO DE LA TEORÍA CELULAR.

M. en P. Rosa Margarita Pacheco Hernández.



Introducción

El concepto de célula es fundamental en el estudio de los sistemas biológicos, los cuales son, el objeto de estudio de la Biología. A pesar de que tal concepto es fundamental en la enseñanza de la Biología y a pesar de ser enseñada desde los niveles básicos de educación, es frecuente encontrar en el nivel medio superior estudiantes con dificultades para conceptualizarla (Pacheco, 2014). Esto me hace preguntar: ¿es posible encontrar en la historia de la ciencia elementos pedagógicos que orienten el diseño de estrategias didácticas efectivas para la enseñanza de los conceptos científicos?

¿Por qué utilizar la historia de la Biología en la enseñanza de la Biología?

La historia de la ciencia puede ayudar a mejorar la enseñanza de la ciencia cuando se le utiliza adecuadamente. Dentro de las ventajas están, que permite conocer en detalle los momentos de profunda transformación de una disciplina (Gagliardi y Giordan, 1986; Catalán y Catany, 1986), destacando factores que influyeron o determinaron el nacimiento de una ciencia (Catalán y Catany, 1986), cuáles fueron los valores que le subyacían (Catalán y Catany, 1986); las redes sociales, políticas y económicas que entraron en juego y las resistencias a dicha transformación (Gagliardi y Giordan, 1986).

Por su parte, autores como Wilson y Barsky argumentan que la exposición a la historia de la ciencia ayuda a los estudiantes a considerar a la ciencia como una actividad para pensar, hacer preguntas y explorar los conceptos y temas generales. Sugieren que los estudiantes pueden aprender habilidades clave que no pueden ser tan fácilmente alcanzadas en el plan de estudios. Afirman que, al aprender sobre el pasado de sus disciplinas, los estudiantes pueden aprender quiénes son los principales científicos en sus áreas, más allá de señalar referencias pasajeras a figuras canónicas (Gooday, Lynch, Wilson, y Barsky, 2008). También, pueden aprender a formular, ordenar y defender un argumento convincente, tal como sucede en una tesis de grado.

Además de lo anterior, el conocimiento y la comprensión de la historia de la ciencia permite a los futuros profesionales de la ciencia anticipar y responder a los retos de la rápida globalización y estar mejor preparados para el futuro (Gooday,

Lynch, Wilson, y Barsky, 2008); es decir, la historia de las ciencias brinda las herramientas conceptuales para que los alumnos comprendan la situación actual de la ciencia, su ideología dominante y los sectores que controlan y se benefician de la actividad científica (Gagliardi y Giordan, 1986).

El enfoque histórico en los Programas de Estudios de Biología del CCH



En el enfoque disciplinario que subyace en los Programa de Estudios de Biología I-IV del CCH se propone la enseñanza bajo un esquema integral de la Biología, con 4 ejes, siendo el del análisis histórico, uno de ellos. En los cursos de Biología I y II el enfoque que se le da al análisis histórico es el siguiente:

“El análisis histórico brinda una visión amplia del quehacer científico, contribuye al análisis de diferentes conceptos y teorías de la biología, considerando el contexto social, metodológico e ideológico de cada época; esto ayuda adicionalmente a comprender el carácter provisional de distintas explicaciones científicas y promueve la toma de conciencia en torno al papel socio-político que tradicionalmente ha jugado el conocimiento científico, así como las comunidades que producen los saberes. En este sentido, es por medio del escrutinio del ayer que se pueden clarificar conceptos, valorar los cuestionamientos realizados en su momento y reconstruir la senda tomada por esta ciencia” (https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/programas2016/BIOLOGIA_I_II.pdf: 8).

Por su parte en los cursos de Biología III y IV también se resalta la importancia del contexto histórico:

“El contexto histórico de la biología permite construir una concepción de ésta como una disciplina en constante cambio, donde los que aportan ideas, experimentos e investigaciones son seres humanos en un contexto social, político, académico, económico y cultural determinado, lo que influye profundamente en la disciplina y su desarrollo como ciencia. El seguimiento histórico de una teoría, una propuesta conceptual o un procedimiento metodológico dentro de la biología da la posibilidad de retomar el pasado para planificar el futuro. Adicionalmente, el contexto histórico permite apreciar en forma general el quehacer científico y sus consecuencias en la sociedad, a través de múltiples aplicaciones de los conocimientos biológicos en campos como la medicina, la agricultura, la genética, la ecología, las ciencias de la tierra, etcétera” (https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/programas2016/BIOLOGIA_III_IV.pdf: 7).

Como puede apreciarse, en el CCH, el análisis histórico es fundamental para la enseñanza de conceptos científicos. Sin embargo, para que suceda el

aprendizaje, es necesario utilizar la historia de la ciencia adecuadamente. Por ejemplo, se sugiere no abordarla de manera lineal, como una serie de descubrimientos sucesivos realizados por naturalistas o científicos brillantes, en la cual cada uno de ellos aportó algo valioso a la Ciencia.

Nuestras clases de Biología deben mostrar a los alumnos un panorama de la evolución de la Biología que les permita conocer los obstáculos que fue necesario franquear, con trasfondos ideológicos y sociales que influyeron en su propio desarrollo; también es necesario que reconozcan la necesidad de pasar por ciertas etapas, los riesgos de perderse en callejones sin salida y sobre todo que comprendan que en cada momento los científicos eran coherentes y utilizaban las herramientas lógicas de su medio y de su época. Al mostrar que cada conocimiento actual es el resultado de un largo proceso, que no bastan algunas experiencias para cambiar una teoría y que los factores sociales tienen mucho peso, podremos comenzar a desmitificar la imagen de la ciencia y de los científicos. Mendel, Darwin o Pasteur dejarán de ser los genios benefactores de la humanidad para transformarse en hombres de carne y hueso que tenían obsesiones, dificultades, problemas por resolver y miedos (Gagliardi y Giordan, 1986: 257).

El uso de la historia de la ciencia a través de los obstáculos epistemológicos y conceptos estructurantes para la construcción del concepto de célula

Como hemos visto, conocer la historia de las ciencias provee muchas ventajas al proceso enseñanza-aprendizaje. De acuerdo con Gagliardi (1988), una manera de incorporar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias es determinando los obstáculos epistemológicos y estableciendo los conceptos estructurantes para el aprendizaje de un determinado concepto o teoría, en mi caso el de la teoría celular.

De acuerdo con Gagliardi (1988), los obstáculos epistemológicos son derivados de la estructura del sistema cognitivo de un sujeto; es decir, aquellas dificultades que impiden la construcción de nuevos conocimientos. Por su parte, los conceptos estructurantes son aquellos conceptos cuya construcción transforman el sistema cognitivo del sujeto, permitiendo adquirir nuevos conocimientos, organizar los datos de otra manera, transformar incluso los conocimientos anteriores.

Esto quiere decir que si los docentes nos damos a la tarea de identificar las dificultades conceptuales (obstáculos epistemológicos) a los que se enfrentaron los científicos de la antigüedad, y logramos establecer los conceptos estructurantes que ayudaron a superar esas dificultades, entonces estaremos en posibilidad de trasladar la “experiencia cognitiva” obtenida de la historia de la



construcción de un determinado concepto hacia la enseñanza de ese mismo concepto en nuestros alumnos.

Ahora bien, una de las formas en que los docentes podemos conocer los obstáculos epistemológicos de nuestros alumnos es a través de la identificación de sus 'ideas previas'.



Las ideas previas son el conjunto de representaciones conceptuales construidas por los estudiantes, derivadas de su interacción con los fenómenos naturales y también por la explicación e interpretación que reciben de ellos en la escuela (Mintzes, Trowbridge & Arnaudin, 1991). Estas construcciones personales no siempre corresponden con la interpretación que la ciencia presenta acerca de los fenómenos naturales; sin embargo, estas ideas suelen ser muy difíciles de cambiar ya que proveen explicaciones “satisfactorias” de los fenómenos al individuo que las genera. Estas ideas las presentan sujetos de muy diversas características sin importar factores como la edad, género, clase social y cultura (Flores, Tovar, Gallegos, Velásquez, Valdés, Sainz, Alvarado y Villar, 2000).

Uso de la historia de la célula para su enseñanza

Cuando revisamos la historia del concepto de célula observamos que para la construcción de este concepto no bastaron las observaciones microscópicas: transcurrieron más de doscientos años entre las primeras descripciones de células y la formulación de la teoría celular (Gagliardi, 1988). No obstante, las observaciones microscópicas no se consolidaron en una teoría celular porque para poder construir esa teoría era necesario comprender que las propiedades macroscópicas de los organismos dependían de su estructura microscópica. Era necesario superar “el obstáculo macroscópico” para poder integrar las observaciones en una totalidad coherente que permitiera elaborar una teoría explicativa global (Gagliardi, 1988).

Si trasladamos este conocimiento hacia la actualidad veremos que de la misma manera como ocurrió en la historia de la construcción del concepto de célula, el análisis de las ideas previas de los alumnos revela que ellos saben de la existencia de las células, pero no trasladan este conocimiento hacia su propio cuerpo pues no consideran que su cuerpo está formado por células, ya que lo siguen percibiendo como una entidad macroscópica (Gagliardi, 1988). De esta manera se aprecia el paralelismo entre las concepciones históricas y las concepciones de nuestros alumnos, ya que en algún momento ambos se enfrentaron al “obstáculo macroscópico”. El siguiente paso es identificar en la historia cual o cuales fueron los conceptos estructurantes que permitieron superar

ese obstáculo para determinar las actividades que podrían ayudar a los estudiantes a comprender que su cuerpo está formado por células.

De esta manera, el conocimiento del desarrollo histórico de un determinado concepto y el análisis de las ideas previas de los alumnos en torno a ese mismo concepto permitirá al docente diseñar actividades didácticas orientadas a ayudar a los alumnos a construir el concepto de célula, no como una simple información sino como un concepto que servirá de base para construir nuevos conocimientos.



En este sentido, la determinación de los obstáculos epistemológicos y de los conceptos estructurantes constituye una herramienta valiosa en la investigación educativa pues permite llevar a cabo los procesos de enseñanza-aprendizaje desde el enfoque constructivista, centrando la actividad en el desarrollo de la capacidad de aprender y no en la memorización de hechos o conocimientos.

A modo de cierre

Existe cierta semejanza entre las ideas previas de los alumnos y las concepciones históricas desplazadas por los conocimientos hoy aceptados por la comunidad científica. Dicha semejanza no es accidental, sino el resultado de una forma similar de concebir la naturaleza y de abordar los problemas científicos, semejanza que se da entre los científicos del pasado y los alumnos de ciencia actuales (Gil, 1993). Este paralelismo provee ventajas al proceso educativo ya que orienta el diseño de estrategias didácticas centradas en las concepciones de los alumnos. Esta forma de utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza es creativa y adecuada para fomentar en los alumnos, el aprendizaje de la Ciencia.

Referencias bibliográficas

- Catalán, F. A. y Catany, E.M. (1986). Contra el mito de la Ciencia: El papel de la Historia. Enseñanza de las Ciencias, 4 (2), 163-166.
- Flores, C. F., Tovar, M. M. E., Gallegos, C. L., Velásquez, M. M. E., Valdés, A. S., Sainz, C. S., Alvarado Z. C. y Villar, C. M. (2000). Representación e ideas previas acerca de la célula en estudiantes del Bachillerato. México: CCH, UNAM.
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurantes en el aprendizaje por investigación. Enseñanza de las Ciencias, 4 (1), 30-35.
- Gagliardi, R. y Giordan, A. (1986). La historia de las ciencias: Una herramienta para la enseñanza. Enseñanza de las Ciencias, 4 (3), 253-258.
- Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la historia de las Ciencias en la enseñanza de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias, 6 (3), 291-296.

- Gil, P.D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.

- Gooday, G., Lynch, J.M., Wilson, K.G y Barsky, C.K. (2008). Does Science Education Need the History of Science? *Isis, An International Review Devoted To The History Of Science And Its Cultural Influences*, 99, 322-330. 10.1086/588690. Consultada el 30 enero 2020 desde:
https://www.researchgate.net/publication/23170134_Does_Science_Education_Need_the_History_of_Science



- Mintzes, J.J, Trowbridge, J.E. & Arnaudín, M.W (1991). Children's biology: Studies on conceptual development in the life sciences. In S.M. Glynn., R.H. Yeany & B.K. Britton (Eds.), *The Psychology of Learning Science* (pp.179-202). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

- Pacheco, H.R.M. (2014). Estrategia didáctica constructivista basada en aprendizaje combinado (Blended Learning) para la enseñanza de la forma y tamaño de la célula en el Bachillerato. México: UNAM. Facultad de Filosofía y Letras. Tesis de Maestría en Pedagogía.

- Programas de Estudio de Biología I – IV. Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades. Recuperados el 10 de febrero de 2020 desde:
https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/programas2016/BIOLOGIA_I_II.pdf

https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/programas2016/BIOLOGIA_III_IV.pdf

SUGERENCIAS DIDÁCTICAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA TEORÍA CELULAR

Biología I.

Propósitos: Al finalizar, el alumno:

Identificará las estructuras y componentes celulares a través del análisis de la teoría celular para que reconozca a la célula como la unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos.

Unidad 2. ¿Cuál es la unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos?

Tema 1. Teoría celular.

Subtema: Construcción de la Teoría celular, sus principales aportaciones y postulados.

Aprendizaje:

Reconoce que la formulación de la Teoría celular es producto de un proceso de investigación científica y del desarrollo de la microscopía.

Estrategia didáctica.

Actividades previas.



1. Para diseñar una estrategia didáctica, es necesario revisar y analizar la carta descriptiva del programa de la asignatura donde se describe el propósito, la unidad, el tema, subtema y el aprendizaje. Es importante estudiar las estrategias que se sugieren, la forma de evaluación y las referencias señaladas. Una vez hecho esto, es necesario establecer el tiempo de clase y las formas de evaluación.

2. También se requiere, por un lado, que el profesor investigue las propuestas filosóficas de Popper, Lakatos, Kuhn y Bachelard para adquirir los conocimientos necesarios y desarrollar un enfoque histórico y filosófico para el análisis de la teoría celular (Chacón, 2014). Por otro, se requiere que revise la página de ideas previas para que consulte las principales dificultades conceptuales que poseen en el tema de célula de los estudiantes del bachillerato (<http://www.ideasprevias.ccadet.unam.mx:8080/ideasprevias/ConsultsFrame.html>).

3. Con todo ello, el profesor diseñará actividades que faciliten la comprensión de la célula y de la construcción de la Teoría celular, sus principales aportaciones y postulados. El profesor puede apoyarse en la utilización de presentaciones en Power point o en Prezi, así como utilizar videos, simuladores o incluso acceder a laboratorios virtuales para facilitar el aprendizaje de los temas. Actualmente se puede encontrar gran cantidad de materiales y recursos didácticos en la red, así como herramientas útiles para la enseñanza de la teoría celular.

4. Una vez revisados los elementos de la carta descriptiva del programa es importante determinar los conceptos clave, para tener claro cuáles son los conceptos indispensables para lograr los aprendizajes, así como los de mayor dificultad (Chacón, 2014).

5. Como siguiente paso es necesario definir las actividades que podemos utilizar para la determinación de preconceptos o “ideas previas”. Entendemos por “ideas previas” al conjunto de representaciones conceptuales construidas por los estudiantes, derivadas de su interacción con los fenómenos naturales y también por la explicación e interpretación que reciben de ellos en la escuela (Mintzes, Trowbridge & Arnaudín, 1991). Estas construcciones personales no siempre corresponden con la interpretación que la ciencia presenta acerca de los fenómenos naturales; sin embargo, estas ideas suelen ser muy difíciles de cambiar ya que proveen explicaciones “satisfactorias” de los fenómenos al

individuo que las genera (Flores, Tovar, Gallegos, Velásquez, Valdés, Sainz, Alvarado y Villar, 2000). Determinar los preconceptos o ideas previas, permite conocer el nivel de comprensión que tienen los estudiantes sobre las temáticas. Para determinar los preconceptos, se puede recurrir a varias actividades. En esta experiencia ha resultado un buen apoyo la aplicación de un examen diagnóstico en la plataforma Moodle. Los exámenes contienen preguntas cerradas con justificación de respuestas, los cuales también pueden cumplir la función de pretests (Pacheco, 2014).



ETAPA DE INICIO.

6. Los alumnos responden de manera individual y después discuten sus respuestas en equipos. Una vez discutidas sus ideas, elaboran sus conclusiones. Es importante explicar a los alumnos porqué debemos identificar los preconceptos y cuál es su utilidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

7. Posteriormente, los alumnos exponen ante el grupo las conclusiones que elaboraron en su equipo. El profesor debe hacer explícitas las ideas previas y comunicará el tratamiento que se les dará para transformar esas nociones en ideas científicamente aceptadas. Después de la explicación es conveniente recomendarles la investigación en libros o fuentes adecuadas para que tengan las bases teóricas esenciales y puedan discernir la información que encontrarán en Internet. Una vez analizada y discutida la información, se sugiere contrastar sus preconceptos con las teorías encontradas en los libros (Chacón, 2016).

ETAPA DE DESARROLLO.

8. Los alumnos realizarán una investigación bibliográfica sobre cómo se construyó la teoría celular, mostrando los obstáculos que fue necesario franquear, los trasfondos ideológicos y sociales que influyeron en su propio desarrollo. Exposición ante el grupo.

9. Exposición de la maestra. La maestra presentará las etapas históricas del desarrollo de la teoría celular. De acuerdo con Gagliardi (1988) es necesario identificar los obstáculos epistemológicos (dificultades que impiden la construcción de nuevos conocimientos), y de conceptos estructurantes (conceptos cuya construcción transforman el sistema cognitivo del sujeto, permitiendo adquirir nuevos conocimientos, organizar los datos de otra manera, transformar incluso los conocimientos anteriores).

10. En este punto se hace una analogía entre los obstáculos epistemológicos registrados en la historia de la construcción de la teoría celular con los obstáculos epistemológicos o ideas previas que presentan los alumnos (Gagliardi, 1988).

11. Por último, se comprueba si los estudiantes lograron construir el concepto o el aprendizaje a través de la realización de actividades diversas tales como: exposiciones, prácticas, elaboración de modelos, experimentos, visitas guiadas a jardines botánicos, debates, discusiones, etcétera (Chacón, 2016). Durante la realización de las actividades es importante fomentar el trabajo colaborativo y cooperativo, así como el respeto a las opiniones de sus compañeros.



12. Lectura “La construcción de la teoría celular”. Discusión y elaboración de una línea de tiempo obtenida de la lectura.

ETAPA DE CIERRE.

13. Organización de una visita al laboratorio de biología celular del Dr. Luis Felipe Jiménez y de otros centros de investigación de la UNAM. Objetivo. Conocer las actividades de los científicos.

14. Organización de un debate: Aspectos sociales y éticos de la investigación científica y en particular de la formulación de la teoría celular (Chacón, 2016).

15. Se pide que escriban sus conclusiones. El profesor sintetiza el tema y da un cierre al mismo.

EVALUACIÓN

Las formas de evaluación de los aprendizajes esperados.

La evaluación la concibo como un proceso de reflexión y de corrección de trayectoria. En cada actividad los estudiantes reciben retroalimentación así como su calificación respectiva. En el caso de esta estrategia, una de las actividades más importantes es la del análisis histórico y filosófico de las teorías (Chacón, 2016).

Referencias consultadas para el diseño de la estrategia.

- Chacón, J. (2014 y 2016). Informes de Área Complementaria. Colegio de Ciencias y Humanidades, UNAM.
- Flores, C. F., Tovar, M. M. E., Gallegos, C. L., Velásquez, M. M. E., Valdés, A. S., Sainz, C. S., Alvarado Z. C. y Villar, C. M. (2000). Representación e ideas previas acerca de la célula en estudiantes del Bachillerato. México: CCH, UNAM.
- Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la historia de las Ciencias en la enseñanza de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias, 6 (3), 291-296.

- Mintzes, J.J, Trowbridge, J.E. & Arnaudín, M.W (1991). Children's biology: Studies on conceptual development in the life sciences. In S.M. Glynn., R.H. Yeany & B.K. Britton (Eds.), The Psychology of Learning Science (pp.179-202). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

- Pacheco, H.R.M. (2014). Estrategia didáctica constructivista basada en aprendizaje combinado (Blended Learning) para la enseñanza de la forma y tamaño de la célula en el Bachillerato. México: UNAM. Facultad de Filosofía y Letras. Tesis de Maestría en Pedagogía.

- Página de Ideas Previas. (Junio 2014). Recuperado el 20 de agosto de 2020 desde:

<http://www.ideasprevias.ccadet.unam.mx:8080/ideasprevias/ConsultsFrame.html>

- Programa de Estudio de Biología I – II. Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades. Recuperado el 20 de agosto de 2020 desde: https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/programas2016/BIOLOGIA_I_II.pdf



INDICE.

| | Página |
|---|--------|
| Índice | |
| 1. Propuesta general | |
| A) Introducción | |
| B) Descripción de las actividades o los productos desarrollados con respecto al proyecto | |
| a) Marco teórico conceptual. | |
| b) La información en que se basa. | 7 |
| c) La contribución al mejoramiento de la docencia. | 10 |
| d) Las ventajas y sugerencias para su aplicación | 15 |
| e) Los efectos que tiene en los demás elementos que configuran la enseñanza y el aprendizaje de la asignatura o materia. | 19- 32 |
| C) Explicación sobre cómo se atendió el propósito general del campo de actividad seleccionado, a través de las actividades o los productos desarrollados pertinencia. | 77 |
| D) Valoración de las actividades y/o los productos, indicando su calidad y trascendencia | 78 |
| E) Reseña de las actividades, desarrolladas por cada uno de los integrantes del grupo de trabajo (coordinadores y participantes), señalando el cumplimiento de sus compromisos, así como el porcentaje de asistencia. | 81 |
| F) Evaluación global del grupo de trabajo y una reflexión sobre su funcionamiento y desempeño. | 83 |
| 2. Fuentes consultadas. | 84 |
| Sugerencias de estrategias | 86 |
| Sugerencias didácticas para la enseñanza de la Teoría celular | 91 |



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL SUR
INFORME ÁREA COMPLEMENTARIA 2019-2020



Martha Julieta Chacón López

Rosa Margarita Pacheco Hernández

1. PROPUESTA GENERAL

A) INTRODUCCIÓN

Campo II. Fortalecimiento de la docencia

3. Actividades de investigación sobre el quehacer docente

PROPUESTA EDUCATIVA. RUBRO I C-18. Es la propuesta estructurada y fundamentada, basada en un estudio o investigación formal que, con el fin de mejorar su eficiencia, modifica aspectos centrales de la docencia de una asignatura o materia curricular o extracurricular, o un conjunto de ellas o de un área y su sentido, de forma coherente con los propósitos y filosofía educativa del Plan de Estudios del Colegio. El informe o el cuerpo del trabajo incluyen:

- a) Marco teórico conceptual.
- b) La información en que se basa.
- c) La contribución al mejoramiento de la docencia.
- d) Las ventajas y sugerencias para su aplicación y
- e) Los efectos que tiene en los demás elementos que configuran la enseñanza y el aprendizaje de la asignatura o materia. Debe tener el aval institucional por aprobación del Consejo Técnico o de las autoridades académicas del colegio o contar con un arbitraje positivo o evaluación del comité de pares.

LOS OBJETIVOS

Análisis histórico y filosófico de la teoría celular

Kragh, explica la importancia de la historia de la ciencia en la enseñanza “La historia de la ciencia puede desempeñar un papel positivo en la enseñanza. Puede

contribuir a una concepción menos dogmática de la ciencia y de los métodos científicos. Pudiendo actuar también como antídoto contra la ortodoxia y el entusiasmo acrítico por la ciencia.” (Kragh Helge, 2007, p. 55.)

El proyecto que vamos a desarrollar tiene como objetivo la construcción de elementos teóricos y propuestas didácticas que faciliten a los profesores la comprensión de una concepción de ciencia antipositivista, las características de las teorías, y la forma en qué se construyó la teoría celular. Para proponer la construcción de una concepción de ciencia, analizaremos las propuestas epistemológicas de Kuhn, Lakatos y Feyerabend y con base en las metodologías de estos epistemólogos construiremos el marco conceptual que nos facilite el análisis histórico y filosófico de la teoría celular. La teoría celular construida en el siglo XIX, es el primer paradigma de la Biología y con la teoría de la evolución de Darwin y las leyes de la herencia construidas por Mendel, se constituyó el marco teórico y metodológico que dio origen a la biología.



Fundamentación

En el programa de biología I encontramos en la primera unidad ¿Por qué la biología es una ciencia y cuál es su objeto de estudio? El tema 1. Panorama actual de la biología y el sub-tema Bases de la biología como ciencia. El primer aprendizaje de esta unidad dice: Identifica a la Teoría celular y la Teoría de la evolución por selección natural como modelos unificadores que proporcionaron las bases científicas de la biología moderna.

La unidad 2. ¿Cuál es la unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos? Tema 1. Teoría celular.

Para abordar las dos unidades y los temas descritos es necesario construir una concepción de ciencia acorde con los lineamientos establecidos en el documento: Orientación y sentido de las áreas, que corresponden a las propuestas epistemológicas desarrolladas en el siglo XX y conciben a la ciencia como una actividad humana, que se desarrolla en el contexto de las comunidades científicas, a las teorías como producto de un desarrollo histórico y a los métodos de investigación como diversos y variados, tanto como lo son, los objetos de estudio.

Las teorías están sometidas a revisiones conceptuales, empíricas, metodológicas y en general epistemológicas en el contexto de las comunidades científicas y la historia nos muestra cómo a través del tiempo, los científicos han desarrollado preguntas y en un contexto histórico específico, han construido respuestas. La ciencia en la Época Clásica estuvo muy relacionada con la filosofía y podemos afirmar que de hecho no podemos analizar la historia de la ciencia sin comprender

la forma en que fueron postuladas las preguntas y cómo se fueron resolviendo a lo largo del tiempo.

Mosterín nos dice que es importante una filosofía a la altura de nuestro tiempo, rigurosa, ambiciosa y plenamente integrada en la actividad intelectual de la época que nos ha tocado vivir, es decir, una filosofía que asimile y someta a crítica epistemológica y análisis conceptual los resultados de una investigación científica. Una ciencia ayuna de filosofía corre el riesgo de quedar reducida a técnicas y rutinas desabridas de corto vuelo. (Jesús Mosterín, 2013, p. 9).



Los programas del Colegio están estructurados por contenidos, que en su mayoría son teorías, y los profesores debemos analizarlas como lo que realmente son: producto de un desarrollo histórico y no verdades absolutas, o productos simples como si fueran artículos. El análisis actual de la actividad científica afirma que las teorías se construyen a partir de otras teorías, los científicos se preparan en el trabajo académico y de la investigación científica, y cuando abordan un problema; lo hacen en el contexto de un marco conceptual.

El análisis histórico y filosófico de las teorías que constituyen los programas, nos facilita la construcción de una concepción de ciencia, acorde con la actividad de los científicos. Filósofos como Bachelard, Feyerabend, Lakatos, Kuhn y otros epistemólogos de la ciencia, se han dedicado a analizar el fenómeno científico.

La ciencia se ha desarrollado a través del tiempo y en cada etapa histórica se han hecho grandes aportaciones a preguntas tan importantes como la de ¿Cómo se originó la vida? ¿Cuál es el principio fundamental de la naturaleza? La ciencia es una actividad humana, los científicos encuentran en la naturaleza fenómenos y construyen teorías para explicarlos; por lo tanto las teorías son construcciones mentales. Hace unos días escuché a un maestro de física decir, que la naturaleza tiene sus propias mediciones, me extrañó mucho escucharlo porque parece que tiene una concepción positivista de la ciencia, incluso es probable que no haya leído el documento del Colegio: Orientación y sentido de las áreas en donde se expresa en forma muy clara, la concepción científica del modelo educativo. En la naturaleza encontramos fenómenos y son los científicos los que construyen modelos teóricos y empíricos para explicar esos fenómenos. El mismo maestro planteó que los científicos hacen experimentos y construyen las teorías y en las propuestas de Popper, Kuhn y Lakatos (siglo XX) se plantea que la observación y la experimentación siempre están precedidas por las teorías.

Mosterín afirma: “Popper siempre se opuso al método inductivo, al que consideraba lógicamente inválido, sosteniendo sonadas polémicas con Carnap y otros inductivistas. La ciencia no procede por inducción, saltando la observación

de casos singulares a la formulación de una ley general. La inducción ni siquiera sirve para establecer la probabilidad de las leyes. El genuino método científico es hipotético-deductivo. Consiste en la formulación de hipótesis y conjeturas audaces (cuanto más improbables y arriesgadas, tanto mejor) y en su subsiguiente crítica implacable. Esa crítica se basa en la deducción de consecuencias a partir de las hipótesis y en los intentos denodados por refutar experimentalmente dichas consecuencias, contrastándolas con los resultados de observaciones y experimentos". (Mosterín, 2013, Ciencia, filosofía y racionalidad, Barcelona España, Editorial gedisa, pág.250).



Pozo afirma: "Esta concepción positivista, según la cual la ciencia es una colección de hechos objetivos regidos por leyes que pueden extraerse directamente si se observan esos hechos con una metodología adecuada, se ha visto superada, entre los filósofos e historiadores de la ciencia, pero no necesariamente en las aulas." (Pozo, 2009, p. 24)

Desafortunadamente así es, los mitos en torno a la ciencia han llevado a los profesores y alumnos a concebir el método experimental como único en la ciencia y a las teorías como verdades absolutas. Necesitamos analizar el fenómeno científico a la luz de las propuestas de los filósofos del siglo XX y XXI. La comprensión del fenómeno científico cambia las concepciones de los alumnos. Un problema importante de la concepción positivista, es afirmar que la ciencia es neutral y cuando analizamos una teoría como un proceso histórico, los estudiantes comprenden que la ciencia es una actividad social, que las teorías son construcciones mentales que se someten a revisiones permanentes, en las comunidades científicas. El experimento sólo es un método más de demostración, porque cada ciencia tiene sus propios métodos de verificación. Los métodos son construcciones lógicas que utilizan los hombres de ciencia para abordar un problema y buscar su solución.

Paul Feyerabend nos dice:

"La idea de que la naturaleza es infinitamente rica tanto cualitativa como cuantitativamente fomenta el deseo de hacer nuevos descubrimientos y conduce de esta manera a un principio de aumento de contenido que nos proporciona otro criterio para juzgar las teorías: las teorías que tengan un mayor contenido que las ya conocidas son preferibles a las otras." (Feyerabend, 2014, p. 34)

El Colegio ha conservado su nombre: Colegio de Ciencias y Humanidades y es importante que los profesores actualicemos nuestras concepciones acerca de la ciencia, porque aunque los epistemólogos del siglo XX, Popper, Lakatos, Kuhn y Bachelard entre otros, han dado elementos epistemológicos muy claros para

comprender la actividad científica, todavía algunos profesores explican la construcción de las teorías con un enfoque positivista.

Uno de los objetivos principales del Modelo Educativo del Colegio es el de desarrollar en los estudiantes un pensamiento racional, un pensamiento científico, pero difícilmente se puede lograr si los profesores carecen de las herramientas filosóficas y epistemológicas necesarias para entender cómo se ha desarrollado la ciencia y cómo se realiza la actividad científica.



El desarrollo de un pensamiento racional radica en la comprensión de la actividad científica como un compromiso de una comunidad formada por personas, por seres humanos que trabajan en comunidades, en un contexto social, económico y político y que se preparan durante su vida para desarrollar la ciencia, nada tienen de genios iluminados. Los alumnos deben saber que ellos, pueden también formar parte de las comunidades científicas cuando están dispuestos a prepararse académicamente e incorporarse a los centros de investigación.

Bachelard nos explica en forma magistral Se modifica entonces el problema filosófico de verificación de las teorías. La exigencia empirista que lo reduce todo a la experiencia, patente todavía en el siglo pasado, ha perdido su predominio en el sentido de que la fuerza del descubrimiento se ha trasladado casi por completo a la teoría matemática.

Poco a poco, la coherencia racional suplanta en fuerza de convicción a la cohesión de la experiencia usual. La microfísica ya no es una hipótesis entre dos experiencias, sino más bien una experiencia entre dos teoremas (Bachelard, 2004, Estudios, Buenos Aires Argentina, Editorial Amorrortu, pág. 20)

ALCANCES A LOS QUE SE LLEGO AL FINALIZAR EL PROYECTO

Propuesta educativa. Análisis histórico y filosófico de la teoría celular. Recomendación de estrategias.

B) DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES O LOS PRODUCTOS DESARROLLADOS CON RESPECTO AL PROYECTO:

Desarrollo de los aspectos que marca: El Protocolo de equivalencias para el ingreso y la promoción de los profesores ordinarios de carrera del Colegio de Ciencias y Humanidades

- a) Marco teórico conceptual. Desarrollo
- b) Análisis de la enseñanza en el Colegio de Ciencias y Humanidades
- c) Contribución al mejoramiento de la docencia.

d) ventajas y sugerencias para su aplicación.

b) La información en que se basa

La enseñanza de la biología es una alternativa excelente para enseñar ciencia. A partir del siglo XX, la biología ha tenido un desarrollo permanente y es una de las ciencias más relacionadas con la vida de los estudiantes. Los problemas ecológicos: daños ambientales, calentamiento global, deforestación, problemas de salud, pérdida de la biodiversidad, etcétera, requieren del análisis crítico y lógico en el marco de la ciencia. Uno de los objetivos de la educación en el CCH, es, que durante los tres años que los alumnos estudian el bachillerato, desarrollen un pensamiento racional para entender su entorno social y ambiental, y asuman compromiso y responsabilidad con la sociedad. El pensamiento racional les facilita el análisis de los problemas; en el marco de una actitud crítica y propositiva. La pandemia que estamos sufriendo, está en relación directa con la destrucción y alteración del ambiente. La especie humana se ha multiplicado en forma alarmante (7,544 miles de millones de habitantes), cada vez ocupa más espacios naturales, destruyendo a otras especies. El origen de la destrucción ambiental data del siglo XIX (en el origen capitalismo) cuando se desarrolló la Revolución Industrial. Hace treinta años el problema se incrementó con el desarrollo del neoliberalismo, porque el Estado dejó de ser regulador de las empresas y los empresarios para obtener grandes ganancias incrementaron el daño al ambiente, destruyendo un gran número de ecosistemas. Los empresarios compiten ahora por encabezar las listas de Forbes, y no les importa la población y mucho menos respetar la naturaleza y la biodiversidad.

La propuesta educativa que estamos presentando, pretende ofrecer a los profesores de biología, un ejemplo claro de la forma en que se analiza una teoría desde el marco de la historia y filosofía de la ciencia, para desarrollar en los estudiantes un pensamiento científico. La propuesta es para Biología, pero el marco conceptual que estamos desarrollando, se puede utilizar en todas las asignaturas. Los programas de las asignaturas de la academia de experimentales, de matemáticas, historia, etcétera, están formados por teorías y el análisis histórico y filosófico facilita al alumno la construcción de una concepción de ciencia que le permita analizar el fenómeno científico y apropiarse de métodos y habilidades propias de los hombres de ciencia.

La mayoría de los profesores de la academia de experimentales, nos hemos formado en la UNAM, pero son pocas las facultades que abordan la enseñanza de la historia y filosofía de la ciencia. En la Facultad de Ciencias se han hecho algunos intentos de incorporar al curriculum estas asignaturas, pero desafortunadamente quedaron como intentos aislados, ya que no había



congruencia con el resto de las asignaturas. Los científicos parece que no están muy interesados en analizar la forma en que realizan su propia actividad, se limitan a formar a los investigadores en el ejercicio de la propia investigación, de lo que resulta que ellos mismos, adoptan actitudes que responden a los mitos de la filosofía positivista: el del genio o sabio, que vive aislado del mundo terrenal. El problema es que con esas actitudes se interesan muy poco por desarrollar programas de apoyo y motivación para los estudiantes de bachillerato.



Nuestro país necesita formar un gran número de científicos para evitar la dependencia de países como Estados Unidos y países europeos. El problema para enseñar ciencia, es que algunos maestros no tienen claridad acerca de la misma. Enseñar ciencia en el bachillerato no significa hacer científicos en pequeño, sino entender cuáles son las habilidades que desarrollan los hombres de ciencia para participar en los procesos de construcción de las teorías. La principal habilidad que desarrollan los hombres de ciencia, es el manejo de instrumentos teóricos, sin teorías no existen los científicos, en base a una formación teórica desarrollan una persistente actitud de preguntar, cuestionar e inquirir. La formación teórica es indispensable, los profesores debemos entender que tenemos la responsabilidad de actualizarnos, estudiar y preparar nuestras clases. Sin una formación teórica adecuada, es muy difícil que podamos motivar a los alumnos, y sobre todo, diseñar actividades interesantes para los estudiantes. Los científicos no son personas improvisadas, todos ellos se forman en el contexto de sus comunidades y necesitan conocer los programas de investigación o paradigmas en los que van a trabajar. Además en la ciencia es muy importante construir hipótesis, las hipótesis que deben construirse en el marco de una teoría y las teorías guían al investigador para desarrollar la observación y la experimentación.

La docencia en el Colegio de Ciencias y Humanidades es propedéutica, los alumnos son formados para acceder a la licenciatura y los procesos de aprendizaje se desarrollan con base al enfoque constructivista. Lo esencial en esta concepción educativa, es que los estudiantes sean sujetos activos en la construcción de su propio aprendizaje. La enseñanza de la ciencia y el desarrollo de un pensamiento racional, son elementos fundamentales en la formación de los alumnos. Todos los programas del área de Ciencias Experimentales, están estructurados por contenidos, que en esencia son teorías, y es indispensable que los alumnos construyan una concepción de ciencia, que les facilite analizar la construcción de las teorías como procesos históricos. Es a través del análisis histórico y filosófico de las teorías, que el estudiante se apropia de metodologías que le sirven para abordar sus propios problemas y buscar su solución. La ciencia es una actividad social, las teorías son resultado de un desarrollo histórico, las

teorías son perecederas. Pozo afirma: “se debe enseñar la ciencia como un saber histórico y provisional, intentando hacerle participar de algún modo en el proceso de elaboración del conocimiento científico, con sus dudas e incertidumbres. lo cual requiere de ellos también una forma de abordar el aprendizaje como un proceso constructivo, de búsqueda de significados e interpretación, en lugar de reducir el aprendizaje a un proceso repetitivo o reproductivo de conocimientos precocinados, listos para el consumo”. (Pozo y Gómez Crespo, 2009, pág. 25) El estudio del desarrollo histórico de la teoría celular, es un ejemplo de que la construcción de paradigmas, no es un proceso sencillo y único de personas iluminadas. Las teorías se construyen como producto del trabajo histórico de un gran número de científicos, que van haciendo aportaciones hasta lograr construir teorías o acercamientos a la explicación de los fenómenos.



Pozo y Gómez Crespo, hacen énfasis en que “La ciencia es un proceso, no sólo un producto acumulado en forma de teorías o modelo, y es necesario trasladar a los alumnos ese carácter dinámico y perecedero de los saberes científicos (Duschl, 1994) logrando que perciban su provisionalidad y su naturaleza histórica y cultural, que comprenden la ciencia, la producción tecnológica y la organización social, y por lo tanto el compromiso de la ciencia con la sociedad, en vez de la neutralidad y objetividad del saber positivo de la ciencia. (Íbidem, p. 25).

Los programas de estudios están saturados de contenidos y los semestres se reducen a cuatro meses efectivos de clases, consideramos que es necesario establecer puntos de acuerdo entre los docentes para que desarrollemos habilidades comunes a todas las asignaturas. Habilidades formativas que le permitan al alumno, construir el conocimiento, un conocimiento racional, un pensamiento científico, que prepare a los alumnos para el manejo de instrumentos teóricos: organización y sistematización de la información y expresión oral y escrita. Todas estas habilidades le permiten al alumno abordar un problema y buscar su solución. El reto más importante que tenemos los docentes es desarrollar en los estudiantes, la habilidad de preguntar, cuestionar, inquirir y reflexionar, que finalmente son las cualidades de los hombres de ciencia. Al analizar los trabajos de los científicos, los alumnos se dan cuenta que los investigadores siempre parten de un marco teórico y metodológico para interrogar a la naturaleza y regresan una y otra vez a las fuentes bibliográficas a buscar sus respuestas, si no las encuentran, elaboran hipótesis y diseñan un nuevo camino a seguir, para responder esas preguntas. Una vez recorrido el camino, analizan sus datos, obtienen sus resultados, los analizan, los comparan con las teorías y construyen sus conclusiones. Si los resultados no concuerdan con las hipótesis planteadas, entonces deben revisar todo el proceso, elaborar nuevas hipótesis, nuevos caminos, hasta lograr un acercamiento a la explicación del fenómeno. La

actividad científica, sobre todo los experimentos, despiertan un gran interés en los alumnos, pero no debemos quedarnos sólo en repetir experimentos, lo más importante es que los propios alumnos, con base a la información teórica sean capaces de definir o delimitar los problemas, elaborar preguntas y caminos para responderlas.



La actividad práctica y experimental es formativa, pero si los profesores no somos capaces de analizar la ciencia como actividad social y de construir una concepción de ciencia a partir del conocimiento de las propuestas metodológicas de los filósofos del siglo XX, difícilmente podemos comprender el papel que la observación y la experimentación juegan en la investigación.

La observación y la experimentación siempre están precedidas por la teoría. Los científicos son capaces de observar los fenómenos de la naturaleza y lo hacen a la luz de un marco teórico específico.

En conclusión, si los estudiantes desarrollan habilidades propias de los científicos, estarán preparados para acceder a cualquier carrera y sobre todo se apropiarán de las herramientas básicas para entender el mundo que los rodea.

c) La contribución al mejoramiento de la docencia

El Colegio de Ciencias y Humanidades, se fundó en 1971, el próximo año cumplirá 50 años. Su creación tenía el propósito de instrumentar una transformación de la Universidad, se llegó a considerar como el germen de una nueva universidad. En su inicio se definieron nuevos currículums escolares dando origen a diversos estudios de posgrado con carácter interdisciplinario y un nuevo bachillerato. El problema grave fue que en la propia universidad surgieron detractores del proyecto: directores de algunas facultades se negaron a aceptar la propuesta de cambio y obligaron al Dr. González Casanova a renunciar a la rectoría. A partir de ese momento el proyecto fue desmantelado. En 1996 se cambió el curriculum y se redujo la docencia a dos turnos. Los horarios a partir de entonces son ingratos, los estudiantes deben estar en el Colegio desde las 7 de la mañana hasta la una de la tarde, sin oportunidad para descansar o comer. Por la tarde es igual, deben cumplir un horario corrido sin descanso. Ahora sufrimos otro problema más grave: el plantel Sur estuvo sometido a un paro desde el 5 de febrero y terminó cuatro meses después. Se terminó; no porque la administración haya recuperado el plantel, sino porque lo abandonaron las mismas personas que lo secuestraron. El plantel Sur fue destruido por completo, de tal forma que ahora los profesores y los trabajadores administrativos no tenemos centro de trabajo y los estudiantes no tienen escuela.

Increíble que ocurriera algo así, destruir una escuela pública y un proyecto maravilloso que durante casi 50 años fue cuidado y desarrollado por los profesores y los estudiantes. No podemos dejar de ignorar que la intención de acabar con el Colegio de Ciencias y Humanidades data de una larga historia que desafortunadamente se acentuó con los gobiernos neoliberales (A partir del gobierno de Salinas de Gortari y hasta el de Peña Nieto) la educación pública ha sufrido una embestida, se han diseñado reformas educativas de acuerdo a los intereses del capital, han descuidado la educación y le han dado un giro diferente: a los objetivos del aprendizaje: Han desatado una reyerta contra la educación pública y han otorgado subsidios a la educación privada: Consideran que los sueldos de los profesores son muy altos, los gastos en la escuela pública no retribuyen al capital, proponen formas de educación a distancia porque eso les facilita el ahorro en luz, agua y recursos en general. Las escuelas son concebidas como empresas. Fernando Escalante nos dice: “El segundo aspecto de los programas de reforma se refiere a la competencia de las escuelas entre sí. El punto de partida es el mismo de siempre. En la educación como en cualquier otro mercado, el deseo de una mayor ganancia (profit motive) es lo único en que se puede confiar, y no hace falta otra cosa, además. Por sí solo, eso puede resolver el problema de la calidad educativa. Está en el Modelo: los clientes buscan la mejor oferta, las empresas mejoran sus productos para atraerlos, gana quien ofrece mejor calidad a un menor precio”. (Fernando Escalante Gonzalbo, 2019, Historia mínima del neoliberalismo, México, Editorial El Colegio de México, pág.228.



La pandemia generada por el coronavirus SAR CoV-2 se manifestó en nuestro país a fines del mes de febrero, y generó una contingencia terrible que tiene a México sumido en problemas de salud muy severos. A raíz de este problema se suspendieron las clases y se decidió que la educación se desarrollara a distancia, por línea. Los profesores del Colegio habíamos trabajado un semestre con los estudiantes, y profesores y alumnos, nos conocíamos; por lo tanto, de cierta forma, se facilitó utilizar plataformas para desarrollar la docencia. Ahora iniciaremos semestres con alumnos nuevos, no los conocemos y del Colegio no sabemos nada, no nos informan cómo van los trabajos de reconstrucción. Para este semestre 2021-1, la UNAM decretó que trabajemos por línea.

Esperemos que esta situación no sea un pretexto más para dar un nuevo golpe al Colegio y a nuestro modelo educativo ¿Por qué hago referencia a esta situación? Porque la esencia del modelo educativo del Colegio, tiene como centro del hecho educativo a los propios alumnos. Son los estudiantes los principales protagonistas de la construcción del aprendizaje.

“Sin embargo, hoy en día hay mucha menos esperanza que hace cincuenta años. Los jóvenes ya no creen que serán mejores que sus mayores, por lo que necesitan más atención. Esta es una época terrible, la disminución del contacto entre la gente ha sido muy dolorosa y nos ha ayudado a darnos cuenta de lo importante que es hablar con la otra persona, no a través de Skype o Zoom sino cara a cara. Y veo que el odio ha sido un gran enemigo; tenemos que reflexionar sobre por qué existe el deseo de querer que el prójimo fracase”



<https://elpais.com/cultura/2020-09-06/theodore-zeldin-la-libertad-mas-importante-es-la-libertad-del-miedo.html>

La UNAM es una universidad pública y los estudiantes carecen de los instrumentos adecuados para tomar clases en línea ¿Cómo van a estar ante un celular durante 7 horas de clases? ¿Cómo se van a resolver esos problemas? Los profesores no hemos sido consultados, la administración decidió por nosotros. Y somos los maestros los que desarrollamos la docencia (actividad sustantiva del Colegio de Ciencias y Humanidades).

Ojalá que el gobierno de López Obrador sepa del daño tan grave que están causando a la educación de la UNAM.

Soy de las maestras fundadoras y por eso insisto en destacar la importancia de la creación del Colegio de Ciencias y Humanidades. “La propuesta original de González Casanova tenía como uno de los objetivos básicos, la enseñanza de la ciencia para lograr que, con los instrumentos de la misma, los alumnos desarrollaran un pensamiento crítico que les permitiera entender mejor la realidad y la posibilidad de transformarla”. (Chacón, et al, 2015-1, pág. 97).

En el perfil de egreso, el Colegio declara a la sociedad el tipo de alumno que pretende formar y explica que los alumnos del Colegio deberán “aprender a aprender”, “aprender a hacer” y “aprender a ser” Todos estos lineamientos necesitan de una plataforma básica, el desarrollo de un pensamiento racional, de un pensamiento científico. La enseñanza de la ciencia es esencial en el Colegio, para entender el contexto histórico y socio- económico que estamos viviendo, un contexto hostil y difícil; dominado por un mundo globalizado que produce generaciones de jóvenes sin anhelos y esperanza. El poder del capital domina prácticamente todas las instituciones.

¿Cómo enseñar ciencia?

En la historia de la ciencia identificamos las características del quehacer de los científicos.

Los profesores hemos recurrido a analizar la historia de la ciencia porque sabemos que la ciencia es una construcción social, las teorías son construcciones mentales y son producto de un desarrollo histórico. Las teorías se construyen a partir de otras teorías (origen deductivo), tienen una validez histórica porque siempre están sometidas a revisiones y contrastaciones, y los científicos son personas que se dedican a trabajar en comunidades: Institutos, Facultades, etcétera y están inmersos en un contexto social, económico y político. La ciencia no es neutral, se desarrolla en contextos sociales.



En el estudio de la historia de la ciencia, los profesores del Colegio encontramos las vías y caminos para conocer el fenómeno científico y encontramos respuestas a las siguientes cuestiones: ¿Cómo trabajaron los científicos desde la Época Clásica hasta el siglo XX? ¿Qué métodos utilizaron? ¿Cómo construyeron las teorías? ¿Cómo organizaban las comunidades científicas? ¿Cómo decidían cuáles teorías eran válidas? ¿Cómo las refutaban? ¿Cómo establecían la diferencia entre lo científico y lo metafísico? (Chacón, et.al, pág.99).

Nuestra propuesta educativa, responde a estos principios: La Historia de la Ciencia es una alternativa para analizar el desarrollo histórico de las teorías y desarrollar en los estudiantes un pensamiento científico

¿Qué descubrimos en la historia de la ciencia? En la historia de la ciencia encontramos concepciones muy distintas a las de la concepción positivista: los científicos pertenecían a grupos o comunidades y en ellas utilizaban métodos o caminos diferentes. El método experimental es un método de demostración como muchos otros, no es el único, las teorías no son verdades absolutas, la ciencia es una actividad social, las teorías son construcciones mentales con una validez histórica y los hombres de ciencia siempre parten de un marco teórico para detectar o definir un problema de investigación. (Chacón, et al, pág. 99)

La teoría celular es un gran ejemplo del desarrollo histórico de una teoría. Fue el primer gran paradigma que le dio a la biología un cuerpo teórico y metodológico propio, para convertir el estudio de los sistemas biológicos en una ciencia. Cuando investigamos su origen, debemos remontarnos a la Época Clásica y seguir sus huellas hasta llegar al siglo XIX. Al analizar el desarrollo histórico de la teoría celular, descubrimos que los científicos desarrollan procesos de construcción, en forma muy semejante a como los alumnos construyen aprendizajes significativos.

Pozo y Gómez Crespo defienden el modelo constructivista de la educación y recomiendan la enseñanza de la ciencia: “La idea básica del llamado enfoque constructivista es que aprender y enseñar, lejos de ser meros procesos de

repetición y acumulación de conocimientos, implican transformar la mente de quien aprende, que debe reconstruir a nivel personal los productos y procesos culturales con el fin de apropiarse de ellos. Esta idea no es desde luego nueva, ya que de hecho tiene detrás también una larga historia cultural y filosófica (Pozo, 1996^a), pero debido a los cambios habidos en la forma de producir, organizar y distribuir los conocimientos en nuestra sociedad, entre ellos los científicos, si resulta bastante novedosa la necesidad de extender esta forma de aprender y enseñar a casi todos los ámbitos formativos, y desde luego a la enseñanza de las ciencias. Las razones de este impulso constructivista pueden encontrarse en diversos planos o niveles de análisis que vienen a empujar en una misma dirección, aunque con apreciables diferencias. Una primera justificación la encontraríamos en el plano epistemológico, estudiando cómo se genera o elabora el conocimiento científico”. (Pozo y Gómez Crespo, p. 23).



El Dr. González Casanova se adelantó 50 años y propuso un modelo educativo con base a la concepción constructivista de la educación y como apuntamos antes, los profesores encontramos en la historia de la ciencia, una vía para que los estudiantes analicen el desarrollo histórico de la ciencia y conozcan los caminos, vías y procesos, a través de los cuales se han construido las teorías

Helge Kragh en su libro Introducción a la historia de la ciencia nos dice: “Aunque la historia de la ciencia como disciplina académica autónoma no se desarrolló hasta el siglo XX, durante siglos se dieron actividades que podrían llamarse con toda razón formas primitivas de historia de la ciencia. Descripciones y análisis históricos han ido siempre a la zaga del desarrollo de la ciencia. De hecho, hasta la consideración más superficial de la historia de la ciencia en el pasado nos revela que gran parte de los problemas historiográficos fundamentales que estudia hoy día la moderna historia de la ciencia pueden encontrarse también en siglos pretéritos. (Helge Kragh, 2007, Introducción a la historia de la ciencia, Madrid España, p. 9).

La intención de estudiar la historia de la ciencia, es conocer ¿Cómo los hombres de ciencia abordaron un problema? ¿Qué métodos utilizaron? ¿Qué preguntas elaboraron? ¿Cuáles obstáculos encontraron? ¿Hasta dónde llegaron en la explicación de un fenómeno? y ¿Cómo fueron utilizadas sus teorías en las siguientes generaciones?

Todas las ciencias tienen sus propias metodologías, y la historia y filosofía de la ciencia, son indispensables para impartir cualquier asignatura: biología, química, física, matemáticas, historia etcétera. En el estudio de la historia de la ciencia aprendemos que la ciencia no es neutral, los científicos también pueden responder a intereses y este análisis sirve para desarrollar una actitud crítica hacia los

hombres de ciencia, indispensable, para que los estudiantes entiendan cómo influye el entorno social, económico y político, en la obra de un investigador.

Patricia Fara nos dice: “Escribir historia no es sólo conocer los hechos y los acontecimientos en el orden correcto, también implica reinterpretar el pasado redibujar el mundo- eligiendo opciones sobre lo que se debe incluir y lo que se debe dejar fuera. En los libros tradicionales de historia de la ciencia, los científicos son alabados como genios situados por encima del común de los mortales. Como corredores olímpicos, se pasan el testigo de la verdad abstracta de un gran intelecto a otro, ajenos a la corrupción de las preocupaciones mundanas y dominados por su sed insaciable de conocimiento absoluto. Mediante meticulosos experimentos, razonamiento lógico y, ocasionalmente, un salto de inspiración, desvelan los secretos de la naturaleza para poner la verdad al descubierto.” (Patricia Fara, 2009, Madrid España, Editorial Ariel, p. 11).



Pero eso no es así, en la Historia de la Ciencia encontramos muchos ejemplos de cómo científicos honestos han sido despojados de sus trabajos o de su reconocimiento por intereses económicos o políticos.

Insistimos en la Historia de la Ciencia porque un gran número de profesores reducen su práctica docente a repetir prácticas o experimentos. Enseñar ciencia no significa repetir prácticas todo el semestre, los experimentos son utilizados por los científicos como métodos de demostración y siempre están precedidos por la teoría. En el siglo XX la epistemología de la ciencia, cobró una gran importancia y es necesario que conozcamos las metodologías principales para erradicar del pensamiento de los estudiantes, que la observación es una actividad basada en los sentidos.

d) Las ventajas y sugerencias para su aplicación

Los epistemólogos de la ciencia en el siglo XX

Las propuestas epistemológicas de los filósofos del siglo XX: Popper, Lakatos, Kuhn, Bachelard, etc, nos presentan alternativas para el análisis de la actividad científica. Algunos maestros siguen utilizando la concepción positivista de la ciencia, que afirma: las teorías se construyen a partir de la observación y la experimentación. El propio Colegio de Ciencias y Humanidades recomienda en el documento Orientación y Sentido de las áreas concepciones formadas con base a los epistemólogos del siglo XX.

En el documento: Orientación y Sentido de las áreas explican: Los estudiantes necesitan entender su entorno y ser capaces de analizarlo para desarrollar las habilidades necesarias e integrarse a la sociedad. Hoy más que nunca se hace

indispensable el estudio y el compromiso para el desarrollo de la cultura y sobre todo de la enseñanza de la ciencia. “La ciencia es parte integral de la cultura humana, es producto de ésta y al mismo tiempo contribuye a crearla y ampliarla; por tanto, cualquier ciudadano, sea o no científico, necesita una cierta comprensión de la ciencia, de sus posibilidades y límites. Esto incluye no sólo los conocimientos de la ciencia, sino sus procedimientos y sus limitaciones, así como la estimación de sus implicaciones prácticas y sociales.” (Íbidem, p. 37, Orientación y sentido de las áreas).



La clásica forma de enseñar ciencia con la receta del método experimental, no es una forma lógica de comprender la importancia de la ciencia y mucho menos en el contexto actual. La pandemia ha demostrado que no es el fútbol, la actividad imprescindible para la sociedad, necesitamos médicos, enfermeras, personal de limpieza y empleados de las tiendas que tengan un mayor reconocimiento y mejores salarios. Por supuesto que también, en este momento, la ciencia ha cobrado una gran importancia, y se ha convertido en la esperanza de todos los seres humanos. Hoy más que nunca se hace necesario que nuestros estudiantes conozcan las actividades de los científicos y sobre todo, que sepan cuál es el camino que deben recorrer para prepararse, y en un futuro; formar parte de la actividad científica, que es indispensable para resolver los problemas que afectan a nuestro planeta.

Según Kragh “la historia de la ciencia puede darnos un recordatorio muy útil de que las formas en las que se lleva hoy día a cabo la ciencia no son las únicas posibles, sino tan sólo una selección socialmente condicionada de múltiples alternativas, La referencia a procedimientos históricos conocidos puede darnos información sobre cuáles son los aspectos de la ciencia que son “naturales” y qué partes de la ciencia son intrínsecas a la ciencia per se; y, lo que viene más al caso, puede informarnos también cuáles aspectos no están más que determinados culturalmente y por lo tanto, no son sino parte del contexto social de la ciencia contemporánea. En particular es la historia de la ciencia la que nos ha enseñado que la fe positivista en una ciencia libre de valoraciones y culturalmente independiente no es más que un mito. Asimismo, la historia de la ciencia, más que ninguna otra disciplina, incluida la filosofía, es la que nos ha enseñado que el método científico, concebido como una doctrina absoluta y canónica, es un artificio”. (Kragh, pág. 59)

En el contexto actual del Colegio se fomenta muy poco la preparación y formación docente, cultural y científica de los maestros. Algunos profesores conciben la concepción constructivista como el uso de estrategias que son reducidas a actividades que no cumplen con la construcción de aprendizajes significativos. Utilizan los mapas conceptuales sin estudiar el origen de esas herramientas y los

reducen a actividades simples, sin tomar en cuenta que Novak propuso los mapas conceptuales como una vía para construir aprendizajes significativos.

La enseñanza de la ciencia es una gran alternativa para formar un pensamiento científico, favorece el desarrollo de habilidades cognitivas, experimentales, resolución de problemas y en general actitudes de investigación y reflexión acerca de la ciencia. El trabajo de los científicos es un trabajo social en el contexto de las comunidades y la colaboración es fundamental para lograr avances significativos. El Colegio fomenta el trabajo colectivo, y en los equipos cada alumno aporta lo mejor de sí mismo. Es indispensable que al analizar el fenómeno científico, los maestros destaquen la importancia de las comunidades y sobre todo el papel que juega el consenso de las comunidades en el avance de la ciencia. La expresión oral y escrita son requisitos para la publicación de los trabajos e investigaciones. En el Colegio podemos organizar foros en donde los estudiantes expongan sus trabajos y los discutan con sus compañeros de grupo o de otros grupos. El discurso escrito debe tener lógica y coherencia, de otra forma, no podrá ser entendido por otros colaboradores. De igual manera, los alumnos deben saber cómo reportar sus trabajos; para que puedan ser leídos y comprendidos por los profesores y los compañeros.

La investigación científica, nos muestra el camino que debemos seguir para abordar el conocimiento, nos explica la importancia de las preguntas, la importancia del manejo de los instrumentos teóricos. Con la historia de la ciencia, los profesores aprendimos que debemos lograr que los estudiantes se enamoren de la ciencia y la utilicen como marco teórico fundamental, para comprender y explicar el mundo que los rodea. La formación de un pensamiento racional, nos libra de prejuicios, que son tan nocivos y causan tanto sufrimiento en nuestra sociedad. En nuestro país existen prejuicios acerca del color de la piel, prejuicios de clase, de la estatura, del peso, de la orientación sexual, de género etcétera y estos prejuicios están basados en ignorancia e incapacidad de analizar científicamente la historia de la humanidad y el contexto social en el que vivimos. De cierta forma el positivismo en la educación y en la enseñanza de la ciencia han sido muy nocivos para nuestra sociedad.

Bachelard en el libro “La formación del espíritu científico” nos dice: “El conocimiento de lo real es una luz que siempre proyecta alguna sombra. Jamás es inmediata y plena. Las revelaciones de lo real son siempre recurrentes. Lo real no es jamás “lo que podría creerse”, sino siempre lo que debería haberse pensado. El pensamiento empírico es claro, inmediato cuando ha sido bien montado el aparato de las razones. Al volver sobre un pasado de errores, se encuentra la verdad en un verdadero estado de arrepentimiento intelectual. En efecto, se conoce en contra de un conocimiento anterior, destruyendo conocimientos mal adquiridos o



superando aquello que, en el espíritu mismo, obstaculiza a la espiritualización”. (Bachelard, decimoquinta reimpresión, 1990, La formación del espíritu científico, México, ed. Siglo XXI, p. 15).

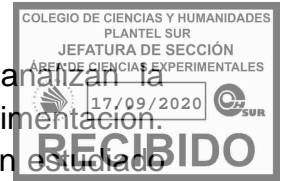
Es extraño pero hasta los profesores que realizan investigación, analizan la actividad científica como si fuera una suerte de observación y experimentación. Están tan identificados con su disciplina que no se dan cuenta que han estudiado y se han preparado en una ciencia o una disciplina, han estudiado durante años y su propio conocimiento les genera la posibilidad de construir argumentos, plantear dudas y formular preguntas que los lleven a la investigación. Un científico no parte de la nada, la observación siempre está dirigida por la teoría: Somos ciegos en un museo si previamente no nos preocupamos por estudiar las características del mismo y de sus obras, podemos pasar de largo sin percibir maravillas. Un paleontólogo en un campo de fósiles identifica rápidamente cientos de ejemplares, pero una persona que no sabe que los fósiles existen o que nunca antes los ha visto, generalmente los ignora.

“La ciencia intenta dar una explicación objetiva y racional de la naturaleza y sus avances se enmarcan en el contexto social, económico y cultural de la época en que surgen. No se trata, de un conjunto de productos y procesos invariables y acabados, dado que éstos se rehacen una y otra vez y presentan una amplia gama de posibilidades de desarrollo. De ahí que la ciencias y las formas como se construyen sus cuerpos de conocimientos, se conciben como procesos denominados y globales en constante transformación y crecimiento.” (Orientación y Sentido de las áreas, pág. 34).

“El conocimiento científico y los procesos que le han dado origen son productos históricos, resultado de la evaluación del estudio sobre la naturaleza a través del tiempo. “ (Orientación y sentido de las áreas, Ídem)

La ciencia es una actividad social, los científicos trabajan en comunidades y en el contexto de sus comunidades desarrollan investigaciones. Cada comunidad trabaja en torno a un modelo teórico y metodológico, a los que Kuhn llama paradigma o matriz disciplinar. Los astrónomos pertenecen a una comunidad y en el caso de la UNAM, es el Instituto de Astronomía, los economistas trabajan en el Instituto de Investigaciones Económicas, los biólogos moleculares en el Instituto de Biología Molecular, los ecólogos en El Instituto de Ecología, etcétera.

Si analizamos el desarrollo histórico de la construcción de las teorías, podemos comprender, que un científico no puede partir de cero, el conocimiento se va desarrollando, las teorías van creciendo y en cada época



los hombres de ciencia trabajan de acuerdo a los contextos científicos y metodológicos.

e) Los efectos que tiene en los demás elementos que configuran la enseñanza y el aprendizaje

Historia y filosofía de la ciencia



La historia de la ciencia además de permitirnos conocer el desarrollo histórico de un paradigma, es una alternativa excelente para que los estudiantes desarrollen su cultura, porque cada etapa histórica del desarrollo humano tiene características muy específicas y si la ciencia es una actividad social, es importante que conozcamos las características sociales y culturales de cada época, para que podamos entender las motivaciones de los científicos. Krugh lo explica así: Existen dos formas de estudiar la historia de la ciencia: horizontal y vertical, la vertical, nos exige más tiempo y dedicación porque requiere del estudio de todo un contexto, la horizontal, sólo se dedica a un solo tema. Se delimita un tema y se estudia, pero sin conocer el contexto. Krugh recomienda la historia vertical. “En la historia organizada de manera horizontal, el historiador aísla una disciplina determinada o un problema concreto de las demás disciplinas contemporáneas. Este enfoque implica el peligro de caer en anacronismos, al basarse en la presunción de una continuidad disciplinar. Si el historiador adopta una perspectiva estrecha y horizontal, puede pasar que no se desvele la dependencia que puede haber de otros problemas situados fuera del objeto de estudio del especialista. La historia disciplinar y horizontal tiende a convertirse en una recapitulación sin savia, un compendio del origen, desarrollo y decadencia de los aspectos internos de la disciplina en cuestión. Como tal no sólo resultará relativamente carente de interés sino, además, artificialmente limitada. (Kragh, pág. 113)

La filosofía de la ciencia es tan antigua como la ciencia misma, los griegos, grandes precursores de la ciencia, no sólo le dieron al conocimiento un carácter racional sino que además estudiaron y analizaron el fenómeno científico. Igual que construían teorías, reflexionaban acerca de las metodologías y de la forma en que se construían las generalizaciones. Aristóteles (384^a.C.-322 a. C.) se considera el primer gran filósofo de las ciencias, para Aristóteles el sistema axiomático era indispensable en la construcción de una teoría. Otro filósofo notable, es Francis Bacon (inglés, 1561-1626) que en el siglo XVII, manifestó por primera vez en la historia de la ciencia, el interés por analizar el fenómeno científico como un desarrollo del pensamiento racional. En el siglo XVIII Kant (1724-1824) filósofo notable, expresó una gran curiosidad por comprender cómo una teoría tan abstracta como la mecánica newtoniana se podía utilizar para explicar fenómenos naturales. Kant abordó un gran número de problemas de la

filosofía de la ciencia, uno de ellos; la función de las matemáticas en la física, la astronomía y la química.

En Francia durante el siglo XIX, Augusto Comte (1798-1852) fundó el positivismo, una metodología normativista que explicaba el fenómeno científico y que se convirtió en la filosofía dominante del siglo XIX y de principios del siglo XX. Su influencia durante el siglo XIX, fue tan importante que muchos científicos, incluido el mismo Darwin, trataban de explicar sus trabajos en el marco de las normas y reglas que establecía la filosofía positivista. Comte estableció reglas de demarcación muy claras para rechazar la especulación metafísica característica de la filosofía escolástica. Para Comte la inducción era el punto de partida de la investigación científica, de acuerdo con él, las teorías se construían a partir de la observación y la experimentación, las teorías se comprobaban a través de la observación y experimentación, y una vez comprobadas se consideraban verdades. Estableció además que la ciencia era neutral. Para Comte no importaba el contexto social, económico y político en el que se encontraban los investigadores. Para el positivista, los científicos eran verdaderos genios, totalmente ajenos al contexto en el que vivían.

Durante el mismo siglo en Inglaterra, otros filósofos también analizaron el fenómeno científico en el marco de la filosofía positivista y se enfocaron sobre todo a comprender el concepto de inducción. John Herschel (1792-1871) William Whewell (1794-1866) y John Stuart Mill (1806-1873) La concepción de estos filósofos era diferente a la de Comte, afirmaban que los científicos, construían hipótesis rivales, no a partir de datos o inferencias empíricas, sino a partir de convenciones que posteriormente tenían que demostrar a través de la experiencia. El positivismo de Comte y el convencionalismo de los ingleses, dominó la filosofía de la ciencia durante el siglo XIX y principios del siglo XX.

Para analizar la historia de la ciencia y seguir el desarrollo histórico de la construcción de una teoría, necesitamos partir de una propuesta filosófica (epistemológica) que nos sirva de marco teórico para comprender el fenómeno científico. Las propuestas epistemológicas de Popper, Lakatos, Kuhn, Bachelard y Feyerabend son un recurso excelente para analizar la ciencia. Lakatos afirma: “La Filosofía de la ciencia sin la historia de la ciencia es vacía; La Historia de la ciencia, sin la filosofía es ciega”. (Lakatos, 2011, Historia de la Ciencia, Madrid España, editorial tecnos, pág.11).

Enfatizo la importancia de las propuestas de los epistemólogos, porque de otra forma nos perdemos y terminamos por utilizar la concepción positivista de Augusto Comte, (Que durante años hemos escuchado). Como mencionamos en el párrafo anterior, la propuesta básica de Comte incluye: *las teorías se construyen a partir de la*



observación, son de origen inductivo, la ciencia es neutral, las teorías son verdades absolutas y el único método científico: es el experimental. Augusto Comte. en el siglo XIX, propuso la filosofía positivista para analizar el fenómeno científico, de alguna forma construyó una propuesta que tenía sus raíces en los siglos anteriores. Desde el siglo XVII Francis Bacon afirmaba que no había conocimiento más real, que se basa en los hechos observados. La Revolución Industrial impulsó el desarrollo de ciencias experimentales como la biología, física y química para apoyar a la industria y como consecuencia; la ciencia experimental cobró una gran importancia. Comte fue un filósofo inmerso en el contexto científico, social y cultural del siglo XIX, y aunque afirmaba que la ciencia es neutral, es en el siglo XIX cuando, se expresa en forma clara, que los científicos son seres humanos y seres sociales. En el contexto de la Revolución Industrial encontramos que el desarrollo de la ciencia, está muy vinculado al desarrollo de la economía y de la industria. Comte afirmaba: “En una palabra al considerar todas las teorías científicas, como grandes hechos lógicos, solamente con la profunda observación de esos hechos, se puede llegar al conocimiento de las leyes lógicas” (Comte Auguste, 2014, Curso de filosofía positivista. Discurso sobre el espíritu positivo, Buenos Aires Argentina, editorial CLARIDAD. Pág. 32).



“Durante mucho tiempo se concibió que el conocimiento científico surgía de escuchar adecuadamente la voz de la Naturaleza, según dice Claxton (1991). Todo lo que había que hacer para descubrir una Ley o un Principio era observar y recoger datos en forma adecuada y de ellos surgiría inevitablemente la verdad científica. Esta imagen de la ciencia como un proceso de descubrimiento de leyes cuidadosamente enterradas bajo la apariencia de la realidad, sigue aún en buena medida vigente en los medios de comunicación e incluso en las aulas. De hecho, todavía se sigue enseñando que el conocimiento científico se basa en la aplicación rigurosa del “método científico” que debe comenzar por la observación de los hechos, de la cual deben extraerse las leyes y principios”. (Pozo y Gómez Crespo, p. 24).

La enseñanza de la ciencia y la docencia en general expresa las concepciones epistemológicas de los profesores, y si ignoramos que las teorías se construyen a partir de otras teorías, podemos caer en el problema de considerar la observación como punto de partida de la ciencia. Cuando interrogo a los estudiantes acerca de los fósiles magníficos que están en el mármol del Centro Comercial de Perisur, todos responden de la misma forma, no los hemos visto. Han pisado sobre ellos, pero jamás se han dado cuenta que en ese piso encontramos fósiles. La observación sin teoría es engañosa.

Es importante que comprendamos que durante nuestra vida construimos una estructura conceptual que nos apoya para entender al mundo que nos rodea.

Cuando recibimos educación, adquirimos conocimientos científicos que nos ayudan a interrogar y entender la naturaleza, y el contexto social en el que vivimos. Pero si no tenemos esa suerte, podemos caer en explicaciones simples o en ideas sin valor que nos conducen por un camino de obscuridad y de prejuicios.

La educación también parte de concepciones epistemológicas, en cada educativo los curriculums expresan una concepción educativa y si en el Colegio no formamos alumnos con un pensamiento racional, corremos el riesgo de que su vida se conduzca por el camino que le muestran los medios masivos de comunicación, que en su mayoría, responden a intereses económicos y políticos. Hace algunas décadas hemos sido testigos de problemas severos de alimentación, que viven algunas mujeres jóvenes, por el deseo de perseguir el cuerpo, que establecen los parámetros sociales. Su referente es la información que reciben de los medios y aunque se ven al espejo, lo que observan es lo que han construido en su pensamiento, por eso es tan difícil abordar medicamente los problemas de anorexia. La ciencia es fundamental para comprender que nuestras preguntas y nuestras dudas podemos resolverlas en los libros y fuentes bibliográficas. Con un pensamiento racional, podemos dejar de aceptar opiniones como las de los llamados líderes de opinión que son de una pobreza absoluta. La clave fundamental está en preguntar siempre ¿Por qué? Es justamente los que hacen los científicos.

Coleman y Hendry nos dicen: “Se ha afirmado que la incidencia de enfermedad mental, trastornos de la conducta alimentaria, suicidio e intento de suicidio han aumentado a medida que los jóvenes han desarrollado un sentimiento de “no tener futuro”. (West y Sitting, citado en Coleman y Hendry, pág. 177).

Los adolescentes necesitan ser vistos y escuchados, necesitan trazar metas y elaborar objetivos, por eso la enseñanza en el Colegio debe tener como principal actor al estudiante. La situación actual es difícil, el próximo semestre se desarrollará en línea y los alumnos deberán estar en el entorno de su casa, en donde quizá sufran violencia de sus padres, situación que les genera inseguridad y depresión. Los maestros tendremos ahora un reto mayor, pero en la medida de lo posible, debemos tratar de hablar con ellos, y escucharlos. Por eso es importante que además de dominar las plataformas, seamos capaces de estudiar las teorías educativas, la disciplina y la ciencia.

La pandemia ha generado un gran desempleo y falta de oportunidades para muchos jóvenes que han terminado su carrera, y el desempleo genera falta de esperanza. Winifield (1997) ha comentado que los que están desempleados muestran una autoestima más baja y están más deprimidos emocionalmente que los que tienen un puesto de trabajo. Se han propuesto dos explicaciones para dar



cuenta de esta asociación. En primer lugar, se ha planteado que el desempleo causa una disminución en el bienestar psicológico. Esta hipótesis se conoce como hipótesis de la exposición o (causalidad social) en segundo lugar, se ha planteado que las personas cuyo bienestar psicológico es bajo tienen menos posibilidades de que les ofrezcan trabajo”. (Citado por Coleman y Hendry, pág. 177).



Ante estas afirmaciones uno se pregunta ¿Qué clase de personas destruyeron el plantel? ¿Qué clase de personas desprecian la educación pública? ¿Quiénes son responsables de semejante crimen? Es un crimen despojar a los estudiantes del derecho a la educación. La mayoría de nuestros estudiantes tienen situaciones económicas difíciles, y para todos, es importante terminar su bachillerato e ingresar a la licenciatura, pero no solo egresar del Colegio, los estudiantes del CCH, deben estar bien preparados, porque deberán competir con los estudiantes de las Preparatorias particulares y de las preparatorias de la UNAM

Coleman y Hendry afirman: “La transición de la infancia a la adolescencia y luego a la edad adulta y la ciudadanía completa es ahora un viaje más largo e incierto. Aunque objetivamente los niveles de riesgo de “fracaso” están diferenciados todavía por la raza, el género, la posición económica, el origen de los padres, las calificaciones educativas y el vecindario, casi todos los jóvenes experimentan subjetivamente esto como un largo periodo de incertidumbre en una “sociedad de riesgo”. En estas condiciones sociales, en donde los procesos evolutivos y las señales indicadoras son inciertos apenas es sorprendente que, de cuando en cuando, los jóvenes busquen experiencia de transformación placenteras”: (Coleman y Hendry, pág. 183) Coleman y Hendry se refieren a los jóvenes que se refugian en el alcohol o las drogas y los maestros, debemos ser capaces de entender el contexto en el que estamos viviendo, para buscar las formas adecuadas para de que los estudiantes, se comprometan con su formación y preparación.

Trabajamos en un nivel de bachillerato y los adolescentes son un grupo social de personas que responden a un determinado desarrollo físico, fisiológico y emocional, que es importante conocer, porque son los sujetos que construirán los aprendizajes. Sus preocupaciones están muy relacionadas con el tipo de interacciones que establecen con sus familias y con sus compañeros. Coleman y Hendry nos comparten los resultados de una investigación que realizaron para saber cuáles son las preocupaciones de los jóvenes: “Estar en posesión de las destrezas básicas para “llevarse bien con otros” se veía como un componente esencial para un sentimiento de salud y bienestar. Se consideraba que pocos adultos apreciaban la naturaleza de las necesidades de los adolescentes de aprender estas destrezas sociales o la importancia de la tarea evolutiva implicada,

y generalmente, que los adultos podían aprender a ser empáticos con las preocupaciones de los jóvenes”. (Pag. 139, Coleman y Hendry)

La escuela es una institución importante para los adolescentes, en la escuela desarrollan su identidad y establecen amistades y relaciones importantes para su edad “Los adolescentes, son especialmente sensibles a esa necesidad de poseer una identidad social, ya que su DNI social se está aún constituyendo, al hilo de los cambios que se producen en la sociedad en la que viven: de hecho los valores adolescentes suelen ser un reflejo bastante fiel de los valores de la sociedad adulta en la que quieren ingresar” (Pozo, 2009, p. 38).



El Colegio de Ciencias y Humanidades fue la vanguardia de la educación media superior durante casi 40 años. El Colegio se destacó por el Modelo Educativo propuesto por el Dr. González Casanova., que destacaba la necesidad de desarrollar un pensamiento científico y racional y por el compromiso de los profesores. Sin un pensamiento racional, los estudiantes son presa fácil de líderes de opinión que no tienen fundamentos teóricos y de personas que fomentan el consumismo y los prejuicios sociales difundidos en los medios de comunicación. La concepción positivista de la ciencia está totalmente rebasada, sin embargo sigue permeando en la educación. “Esta concepción positivista, según la cual la ciencia es una colección de hechos objetivos regidos por leyes que pueden extraerse directamente si se observan esos hechos con una metodología adecuada, se ha visto superada, entre los filósofos e historiadores de la ciencia, pero no necesariamente en las aulas”. (Pozo y Crespo, pag. 24).

¿Cómo resolver el problema de enseñar la ciencia sin caer en principios positivistas?

Pierre Duhem (1861-1916) a principios del siglo XX, hizo una gran contribución a la filosofía de la ciencia, al afirmar que las teorías no son verdaderas ni falsas, son sólo instrumentos, meros instrumentos para representar los fenómenos observados. Duhem rompió con los principios de la filosofía comtiana que consideraba las teorías (una vez demostradas empíricamente) como verdades

La filosofía fue avanzando considerablemente al analizar el quehacer científico y a principios del siglo XX, se convirtió en una disciplina con un cuerpo teórico y metodológico propio. En ese contexto se desarrolló “El círculo de Viena” un movimiento filosófico que se caracterizó por rechazar el discurso religioso y metafísico. Defendían la ciencia y analizaban el fenómeno científico sin considerar la historia, sin tomar en cuenta el contexto social, económico y político en el que se construían las teorías. Su bandera fundamental era el positivismo que comprendía el empirismo y el verificacionismo como elementos para caracterizar la ciencia.

Moulines lo explica así: Para Carnap, Mach, James Russell, Poincare y tantos otros el fundamento último de todos los conceptos científicos, hasta los más abstractos de la física teórica, se compone de experiencias sensoriales (principalmente visuales) de un “observador”. No obstante, a diferencia de sus predecesores, Carnap no toma los datos sensoriales aislados y puntuales como base, sino más bien una “corriente global de vivencias”. (Moulines Ulises, 40)



Karl R. Popper primer filósofo en enfrentar el rechazo al inductivismo

Karl R. Popper (Austria, 1902-19949) no fue miembro del Círculo de Viena, pero participaba en sus debates, se enfocó en analizar el fenómeno del inductivismo, que ya había sido cuestionado por David Hume (Escocia, 1711-1776) “Lo que Hume había ya mostrado es que el razonamiento inductivo no es una garantía de verdad; a partir de un número n de casos positivos para una hipótesis general cualquiera, no se puede concluir la verdad de la hipótesis para el caso $n + 1$, por muy grande que sea el número n .” (Moulines, Íbidem, p. 50) ¿qué significa esta afirmación? que no es posible que las teorías o generalizaciones puedan construirse a partir de la reunión u observación de los datos, porque por muchos datos que pudiéramos reunir en torno a un fenómeno, es imposible tenerlos todos y establecer una generalización. Los científicos no trabajan así, siempre parten de una teoría, no de observaciones y datos y Hume desde el siglo XVIII, fue capaz de entender este problema.

Popper, además de filósofo, era matemático y físico y en 1934 publicó el libro “La Lógica de la Investigación Científica” en donde propuso una metodología totalmente distinta a la de Comte. Con su propuesta; asestó un golpe mortal al inductivismo y al verificacionismo y como consecuencia, se enfrentó a los positivistas. En sus argumentos afirmaba que lo realmente científico, radicaba en formular hipótesis que siempre pudieran ser cuestionadas o refutadas por la experiencia, no verificadas. Popper propuso el falsacionismo como una metodología y explicaba: pueden falsarse las teorías, no verificarse como afirmaban los positivistas lógicos. “Además según Popper, el principio de falsabilidad nos permite hacer desaparecer pura y simplemente el problema de la inducción: el pretendido razonamiento inductivo no representa de hecho ninguna forma de razonamiento válido. El único tipo de razonamiento científico aceptable es el que sigue las reglas de la lógica deductiva y basta para caracterizar de manera adecuada la metodología científica”. (Moulines, 2011, El desarrollo de la filosofía de la ciencia (1890-2000, México, UNAM. Íbidem, p. 52)

Desde principios del siglo XX, los filósofos de la ciencia empezaron a manifestar su rechazo al inductivismo y propusieron modelos epistemológicos que facilitan la

comprensión de la forma en que los científicos construyen el conocimiento. El primer epistemólogo que de manera formal rechazó el inductivismo fue Popper.

Popper emprendió una lucha en contra del positivismo, durante las décadas del siglo XX, hizo una crítica muy importante a la interpretación de la ciencia y argumentó que las teorías siempre se construyen a partir de otras teorías (origen deductivo). Demostró que los científicos siempre parten de una formación específica y a la luz de esa formación teórica, interrogan a la naturaleza. Destacó en forma muy importante que la observación siempre va dirigida por la teoría. Afirmó que los científicos se han formado en las universidades. Por ejemplo, un astrónomo estudia física y astronomía y por eso es capaz de realizar observaciones de los astros, (los otros), los que no somos científicos, podemos percibir puntos brillantes y hermosos pero; si no tenemos conocimiento acerca de la astronomía, no podemos distinguir un planeta de una estrella o de un asteroide etcétera.

Popper nos dice: “Es corriente llamar inductiva a una inferencia cuando pasa de enunciados singulares (llamados a veces enunciados particulares), tales como descripciones de los resultados de observaciones o experimentos, a enunciados universales, tales como hipótesis o teorías. Ahora bien, desde un punto de vista lógico dista mucho de ser obvio que estemos justificados al inferir enunciados universales partiendo de enunciados singulares, por elevado que sea su número; pues cualquier conclusión que saquemos de este modo corre siempre el riesgo de resultar un día falsa: así, cualquiera que sea el número de ejemplares de cisnes blancos que hayamos observado, no está justificada la conclusión de que todos los cisnes sean blancos”. (Popper Karl R., 1990, La Lógica de la Investigación científica., México, editorial rei, pág. 27).

Popper es el primer filósofo en refutar en forma clara y formal el problema del inductivismo y del verificacionismo. A partir de Popper ningún filósofo se ha atrevido a reivindicar el inductivismo. Marcó un hito en la filosofía de la ciencia.

Sus aportaciones son:

Rechazo al inductivismo, las teorías se construyen a partir de otras teorías, su origen es deductivo. Popper argumentaba con una proposición “todos los cuervos son negros es un verdadero ejemplo, aunque primitivo de hipótesis científica ya que, si bien no la podemos verificar en cambio la podemos falsar muy fácilmente hasta encontrar un solo cuervo de otro color”. (Ídem) Los científicos son hombres formados en una ciencia, tienen un marco conceptual que les permite identificar los fenómenos, observarlos, cuestionarlos e interrogarlos, sin ese marco teórico, no es fácil que puedan detectar los fenómenos. Cada científico de acuerdo a su



formación define sus problemas de investigación y cuándo quiere estudiar un fenómeno, lo hace en el marco de una teoría, después recurre a la bibliografía para saber si hay teorías que le resuelvan sus dudas o que le confirmen sus hipótesis, si no las hay, entonces diseña su propio camino e inicia su investigación. Darwin es un ejemplo muy claro, fue capaz de detectar fenómenos y problemas de los organismos en su viaje alrededor del mundo, porque estaba formado como naturalista y sabía botánica, zoología, mineralogía y geología. Si no hubiera tenido esa preparación, no hubiera elaborado preguntas tan importantes como la comparación que hizo entre especies actuales y fósiles y la comparación que entre especies continentales y las de las Islas Galápagos. En fin no hubiera construido una teoría de la dimensión de la selección natural.

Los positivistas afirmaban que una vez verificada una teoría, podía ser aceptada como verdad, los convencionalistas, no hablaban de verdades, pero si afirmaban que las teorías eran convenciones a través de las cuales se explicaban los fenómenos y que estas debían resolverse a través de la observación y la experimentación. Popper rechazó el verificacionismo, planteó que las teorías son verdades históricas, siempre corren el riesgo de ser falsadas.

Cuando se formuló la teoría celular, se construyó con base a las aportaciones de naturalistas de siglos anteriores y cuando Schleiden y Schwann presentaron en las academias la teoría celular, no lo hicieron partiendo de observaciones, realizaron las observaciones, porque ya tenían conocimiento de la historia natural, Schleiden de botánica y Schwann de medicina y patología. Schwann encontró las características celulares en las células cancerosas de animales. ¿Cómo podían observar a las células si no hubieran realizado estudios de botánica, medicina, zoología y sobre todo de microscopía? Además si las teorías se construyeran a partir de observaciones (inducción) para establecer una teoría (generalización) se tendrían que realizar observaciones de células en todo el mundo y de todos los tejidos, eso es imposible, los científicos no trabajan de esa forma. Estudian teorías y las teorías guían sus observaciones. Schleiden descubrió las células cuando se dedicó a estudiar los núcleos que Brown había descrito. Además en el siglo XIX, se incrementó el interés por describir la unidad de los sistemas biológicos, ésta pregunta se remonta a la Época Clásica. Desde la Época Clásica los filósofos se habían preguntado: ¿Cuál es la esencia de la vida? ¿En qué se parecen las plantas y los animales? ¿Cuál es el principio fundamental de la naturaleza? Y en cada etapa dieron respuestas distintas, de acuerdo al contexto científico y metodológico. Mosterín afirma que una de las características de la ciencia, es la provisionalidad y lo explica así: “Frente al carácter definitivo de las religiones, ideologías y demás idearios dogmáticos, la ciencia es provisional: solo afirma sus tesis hasta nueva orden, es decir, hasta que nuevos datos o



mediciones pongan en duda su objetividad y nos obliguen a abandonarlas o revisarlas”. (Mosterín, p.95).

Algo que influyó también en el siglo XIX, fue el desarrollo del método experimental, método de verificación que los científicos utilizan para contrastar y probar sus teorías. Para Popper una teoría siempre deberá estar sometida a pruebas, las teorías tienen una validez histórica, son de origen deductivo y la observación y experimentación siempre son precedidas por las teorías. Las propuestas de Popper abrieron un camino muy importante en la epistemología para comprender el fenómeno científico, porque Popper refutó con sus propuestas, la filosofía de Comte que consideraba que las teorías eran verdades absolutas. Para Popper el trabajo científico consiste en proponer teorías y contrastarlas. La propuesta de Popper es contraria a la de Comte.

Popper se refiere a la afirmación de Comte de que las teorías son verdades absolutas y nos dice: “Una decisión positiva puede apoyar a la teoría examinada sólo temporalmente, pues otras decisiones negativas subsiguientes pueden siempre derrocarla. En ningún momento he asumido que podamos pasar por un razonamiento de la verdad de enunciados singulares a la verdad de teorías. No he supuesto un solo instante que, en virtud de unas conclusiones verificadas pueda establecerse que unas teorías sean verdaderas, ni siquiera meramente probables”. (Popper, pág.33).

Thomas S. Kuhn (estadounidense, 1922-1996) físico y filósofo que pertenece a la etapa historicista, tanto Kuhn como Lakatos recurren a la historia de la ciencia para analizar el fenómeno científico, en 1962 publicó un libro llamado “La Estructura de las Revoluciones Científicas” en este libro hizo un análisis muy detallado e interesante del aspecto social de la ciencia. Kuhn afirmó que los científicos trabajan en comunidades en torno a modelos teóricos llamados paradigmas. Un paradigma es un modelo teórico y metodológico en torno al cual trabaja una comunidad, es “una visión del mundo” Un científico que pertenece a una comunidad adoptará un paradigma que dirigirá todo su quehacer cotidiano, el paradigma será su marco conceptual; a partir del cual podrá interrogar a la naturaleza y definirá su objeto de investigación. Si decide abandonar el paradigma tendrá que abandonar su comunidad científica. Con esta propuesta de Kuhn queda rechazada la idea de que los científicos son seres iluminados, que en la soledad de sus laboratorios construyen teorías maravillosas. Para Kuhn la ciencia es una actividad social, los científicos son seres humanos con todas las pasiones, emociones y valores de cualquier ser humano. Los científicos están inmersos en un contexto histórico, social, económico y político. Por lo tanto la ciencia no es neutral.



Para Kuhn los hombres de ciencia trabajan en torno a paradigmas y considera que los paradigmas se desarrollan en dos etapas: ciencia normal y ciencia revolucionaria. Le llama ciencia normal a la etapa en la cual los científicos trabajan en sus comunidades en torno a un paradigma, considera que la ciencia normal es la etapa más larga del trabajo que realizan los científicos, incluso una comunidad de científicos puede pasar una estructura conceptual de una generación a otra, sin que se realicen grandes cambios y la ciencia revolucionaria, es aquella que genera rupturas conceptuales y epistemológicas, verdaderas revoluciones, no sólo a nivel científico, sino también a nivel filosófico; un ejemplo es la teoría heliocéntrica propuesta por Copérnico y la teoría de la evolución (selección natural) de Darwin.



Un ejemplo de Revolución científica para Kuhn sería: la construcción de la teoría celular por Schleiden, Schwann y Virchow. Más adelante analizaremos la forma en que se llegó a la construcción de este paradigma, fueron años de estudiar y fueron múltiples las aportaciones que hicieron los anatomistas y fisiólogos a la construcción de la teoría celular. **Las etapas previas y posteriores a la construcción de la teoría, sería lo que corresponde a la ciencia normal.**

El paradigma es el modelo teórico y metodológico en torno al cual los científicos que pertenecen a una comunidad diseñan sus proyectos y realizan sus investigaciones. Si un científico no está de acuerdo con el paradigma, deberá abandonar su comunidad. Alemania fue el país que más aportaciones hizo a la construcción de la teoría. En Alemania las universidades formaron verdaderas comunidades de investigación.

Imre Lakatos filósofo de origen húngaro, (1922-1974) fue alumno de Popper, su metodología para analizar el fenómeno científico es mucho más avanzada que la de Popper, coincidió totalmente con él, en su rechazo al inductivismo, estuvo de acuerdo con Kuhn en su concepción social acerca del trabajo científico, pero no aceptó la idea de las revoluciones científicas. Para Lakatos la historia de la ciencia es esencial para analizar el fenómeno científico. Fue un filósofo que desarrolló una propuesta muy interesante. Lakatos afirmó: los científicos no trabajan en torno a teorías sino a programas de investigación, publicó en 1970 un ensayo llamado: La falsación y la metodología de los programas de investigación científica, en su ensayo retoma de Popper la idea, según la cual, el motor de la investigación está constituido por intentos repetidos de poner a prueba una concepción científica; hay que mostrar más de lo que no funciona, que lo que funciona, por un procedimiento en el que es irremisiblemente puesta a prueba.

Lakatos tenía diferencias muy significativas con Popper, para Lakatos los programas de investigación son estructuras conceptuales y metodológicas que

incluyen también modelos, no aceptó la idea de teorías como enunciados simples que utilizaba Popper. Otra diferencia más es la siguiente: Popper afirmaba que una teoría podía ser refutada con un experimento y esto significaba que la teoría saldría del escenario científico, en cambio para Lakatos no hay experimentos cruciales, consideraba que una teoría podía ser refutada, pero siempre había la posibilidad de que regresara al escenario científico.



La metodología de Lakatos resulta muy adecuada para analizar el desarrollo histórico de las teorías. Recordemos que Popper consideraba a las teorías como enunciados simples, un ejemplo, de que no es así, es la teoría celular: La teoría celular, **no es un enunciado simple, es un complejo de teorías que reúne los tres postulados básicos: La célula es la unidad anatómica, unidad fisiológica y unidad de origen.** Pero cada uno de los postulados reúne a su vez otro gran entramado de teorías, por ejemplo para determinar la unidad fisiológica, los científicos tuvieron que estudiar a la célula como unidad autónoma capaz de realizar todas las funciones: nutrición, excreción, secreción etcétera. Para determinar su origen tuvieron que estudiar la reproducción celular. Así que un paradigma o programa de investigación define en forma más clara lo que significan los modelos teóricos y metodológicos en torno a los cuales trabajan los científicos. Lakatos tiene razón, una teoría no es un enunciado simple, es un complejo teórico y metodológico.

Lakatos admiró a Popper y lo consideró un gran filósofo de la ciencia, afirmó que con Popper había aprendido la importancia de dos problemas de la filosofía de la ciencia: la demarcación y la inducción.

Metodología de los programas de investigación. IMRE LAKATOS

Un programa de investigación está formado por:

- 1) Núcleo
- 2) Heurística negativa
- 3) Un cinturón de seguridad con hipótesis auxiliares
- 4) Una heurística positiva

1) El núcleo representa el conjunto de teorías más importantes del programa de investigación, es elegido por los científicos que pertenecen al programa, contiene las teorías más sólidas que no pueden ni deben ser atacadas. Por ejemplo en la teoría de la selección natural, el núcleo central es, la evolución es gradual, no acepta los cambios bruscos. En el caso de la teoría celular, el núcleo de la teoría es: la célula es la unidad básica de los sistemas biológicos.

Las teorías son producto de un desarrollo histórico, en cada etapa de la historia, los filósofos y científicos han formulado preguntas, y las responden de acuerdo al contexto científico y metodológico del momento. Los griegos son los **precursores** de la ciencia, ellos por primera vez, construyeron teorías para explicar los fenómenos naturales y sociales. Algunos filósofos como Aristóteles trascendieron en el tiempo.



Nunca como ahora, la ciencia ha sido tan importante, estamos inmersos en una pandemia que ha cobrado más de 1 millón de vidas y un gran número de países, están enfrascados en buscar una vacuna que resuelva el problema tan grave de la enfermedad, que no sólo ha afectado la salud, y la vida de los seres humanos, también ha afectado la economía de todos los países. Todas las personas hemos volteado a ver a los científicos y esperamos con ilusión que muy pronto tengamos la solución a este problema.

“¿Por qué la ciencia se ha hecho tan importante? Hombres como Kepler, Galileo y Newton eran brillantes, de eso no cabe duda, pero si ahora son célebres en todo el mundo es porque la propia ciencia se ha convertido en una disciplina poderosa. En la actualidad parecen más importantes de lo que fueron para sus propios contemporáneos, que otorgaban una mayor consideración a los expertos clásicos y bíblicos. Isaac Newton declaró que se alzaba sobre los hombros de gigantes, pero cuando publicó su libro sobre gravedad en 1687, muy pocas personas consideraron que valiese la pena leerlo”. (Fara, p. 14).

Los científicos son seres humanos inmersos en un contexto social, político y cultural, no son seres ajenos a la sociedad en la que están inmersos, ningún científico trabaja aislado, de hecho pertenecen a comunidades y así como se comprometen con los problemas de la sociedad, también algunos responden a intereses económicos y políticos, el ejemplo de Oppenheimer es muy ilustrativo, creó la bomba atómica, que causó muerte y destrucción en Hiroshima y Nagasaki. En el estudio del desarrollo histórico de la teoría celular, encontramos varios ejemplos de la forma en que influyen los intereses de los hombres de ciencia en el impulso o reconocimiento de una teoría. Schwann tuvo que enfrentar a científicos de su tiempo que se negaban a reconocer su obra, Virchow fue rechazado porque a pesar de ser un científico experimental nunca se decidió a abandonar la concepción vitalista.

“El conocimiento científico nunca pasa de un entorno a otro de forma neutral, sino que sufre constantes adaptaciones y absorciones: no sólo es historia, sino también geografía” (Fara, p. 14).

“Todos los grupos étnicos, ideológicos o tradicionales han tenido algún tipo de ideas y conocimientos acerca de su entorno y del mundo en general. Pero la ciencia y la racionalidad científica son algo nuevo. Así como en la evolución biológica de vez en cuando se producen novedades (surge la vida o la fotosíntesis o los dinosaurios), lo mismo ocurre en la evolución cultural. Esta gran empresa de racionalidad teórica colectiva que es la ciencia se distingue claramente de las ideologías e idearios tradicionales por ciertas características propias, como la consistencia, la objetividad, la provisionalidad, el progreso y la universalidad”. (Mosterín, p. 92).



“Paradójicamente, a medida que el éxito de la ciencia se incrementa. Los no expertos son cada vez más escépticos. Ahora que los gobiernos empiezan a preocuparse por el calentamiento global, la manipulación genética y la energía nuclear, parece claro que los intereses científicos, comerciales y políticos están interrelacionados. En cierto modo la historia de la ciencia es la historia de todo: la ciencia la tecnología y la medicina modernas están inextricablemente unidas en una gigantesca telaraña que engloba también a todas las actividades humanas”. (Fara, p. 14)

e) Los efectos que tiene en los demás elementos que configuran la enseñanza y el aprendizaje de la asignatura o materia

¿Para qué enseñar ciencia?

Para que los estudiantes desarrollen un pensamiento racional, científico, que adquieran habilidades para buscar la información, organizarla y expresarla en forma oral y escrita. Para que aborden un problema y busquen su solución. Todos esos elementos le van a dar la formación adecuada para que conozca, comprenda e incluso cuestione el mundo que lo rodea.

Pozo destaca la necesidad de construir actitudes y valores con la enseñanza de la ciencia: “Las actitudes y los valores no se adquieren como otros contenidos del aprendizaje. Aunque la dimensión cognitiva de las actitudes, las normas, puede enseñarse y aprenderse como un contenido verbal más, su aceptación afectiva y conductual, su conversión en valores y actitudes propiamente dichas, requiere mecanismos de aprendizaje específicos” (Pozo, p. 37).

“Cuando un niño imita una conducta violenta a la que ha sido expuesto en televisión no copia exactamente la secuencia de movimientos del luchador de kárate, sino la tendencia a resolver los conflictos agrediendo a quien se opone a sus propósitos. Del mismo modo un alumno en clase de ciencias puede imitar al profesor en la forma de resolver una duda o planificar una investigación - indagando por su cuenta o buscando la autoridad del libro para evitar problemas-,

en el valor concedido a diversos tipos de conocimientos -lo más importante es el resultado final o la forma en que se resuelve el problema- o en la forma de tratar a un compañero que tiene dificultades ante una tarea –ayudarlo o dejarle solo a su suerte”. (Pozo, 2009, p. 38).

Todos los seres humanos tenemos el potencial adecuado para desarrollar el aprendizaje, pero el fenómeno educativo es muy complejo, tiene múltiples aristas: el contexto socioeconómico de los estudiantes, el contexto cultural y sobre todo la estructura emocional de los adolescentes, juegan un papel fundamental en la construcción del aprendizaje. Los maestros debemos tomar en cuenta estos factores y ser sensibles para que podamos comprender la diversidad de nuestros estudiantes y sobre todo, voltear a verlos, no ignorarlos jamás ¿Cómo haremos en la enseñanza por línea? La educación presencial sigue siendo la característica fundamental del proceso de construcción del aprendizaje, hasta ahora ningún investigador ha refutado los principios de Vigotsky.

Vigotsky es un científico que ha estudiado, los procesos del cambio cognitivo. Newmann, Griffin y Cole caracterizan el cambio cognitivo de la siguiente forma: En el proceso que denominamos cambio cognitivo, incluimos las nociones de reestructuración, invención y direccionalidad que implica el desarrollo, sin que le demos el carácter exclusivamente individual, interno, que suele acompañar a las consideraciones evolutivas. La creación de un término nuevo constituye una forma de indicar que los fenómenos ya conocidos se reconceptúan mediante otro tipo de teoría. (Newmann, Griffin y Cole, Pág. 76).

En el modelo educativo del Colegio, los docentes investigamos la estructura conceptual de los estudiantes (preconceptos) y a partir de ellos desarrollamos estrategias para lograr que los alumnos construyan aprendizajes significativos con base a la ciencia. Por ejemplo cuando estudiamos la teoría celular, elaboramos preguntas para conocer ¿Qué consideran como factor común de los sistemas biológicos? ¿Qué características tenemos en común todos los sistemas biológicos? Generalmente los estudiantes se refieren a funciones específicas; por ejemplo la reproducción y la respiración, alguno de ellos hablan de células, pero lo refieren más al ser humano que a todos los seres vivos. De aquí podemos desarrollar preguntas acerca de ¿Qué es lo vivo? y aterrizar en delimitar un objetivo: investigar cuál fue la primera teoría que se considera uno de los grandes paradigmas de la biología, y que además, estableció la diferencia entre lo vivo y no vivo.

Para lograr el cambio cognitivo podemos empezar por estudiar las preguntas que históricamente se han planteado los filósofos y científicos en torno a lo que se considera vida o seres vivos. Abordamos la historia e investigamos ¿Qué



preguntas elaboraron los jonios para explicar el principio fundamental de la naturaleza? Es importante siempre analizar las preguntas, los métodos que utilizaron para investigar y dar respuesta a sus preguntas. La filosofía de los jonios es un ejemplo claro de cómo la ciencia siempre ha utilizado vías y caminos diferentes para dar respuesta a sus preguntas. Además es importante destacar que cada etapa histórica está caracterizada por un contexto social, económico y político que influye en las concepciones de los hombres de ciencia. No es necesario detenerse mucho tiempo en este análisis, con la elaboración de un cuadro histórico podemos hacer el análisis de las preguntas, métodos y teorías que utilizaron los hombres de ciencia. Pero es esencial que los profesores conozcamos la historia de la ciencia.



Para estudiar el desarrollo histórico de la teoría celular o de cualquier otra teoría, es necesario que los estudiantes conozcan las generalidades de las etapas históricas del desarrollo humano: Época Clásica, Imperio Romano, Época Feudal o Edad Media, Renacimiento (en el contexto de la Época moderna) y la Época contemporánea. Los alumnos deben ubicar en tiempo y espacio las aportaciones de los científicos para que puedan comprender que la ciencia crece y se desarrolla. Un suceso que marcó un antes y un después en la ciencia fue el descubrimiento que Leeuwenhoek hizo del mundo microscópico, por eso es indispensable estudiar el siglo XVII, como un siglo en el que la ciencia buscó nuevos métodos de verificación (observación y experimentación), para finalmente llegar al siglo XIX, y comprender todos los antecedentes de la teoría celular, desde las primeras preguntas de los filósofos griegos, hasta la teoría celular de Schleiden, Schwann y Virchow.

El reto fundamental de un docente es lograr que los estudiantes construyan aprendizajes significativos y aunque los neoliberales quieren reducir la escuela a una empresa, la universidad tiene la obligación de difundir la cultura. Nuestras disciplinas son un pretexto para desarrollar en los alumnos habilidades que les faciliten lograr el cambio cognitivo.

El cambio cognitivo se expresará en la construcción de los aprendizajes significativos que se deriven de este estudio: la célula es la unidad de todos los sistemas biológicos, la teoría celular estableció la diferencia entre lo vivo y no vivo, todos los sistemas biológicos estamos formados por células y los científicos que quieran estudiar el origen de la vida, deberán buscarlo en el origen de las células. También comprenderán ¿Cuáles son los métodos que han utilizado los científicos en los diferentes contextos históricos, ¿Cómo las teorías se construyen a partir de otras teorías? ¿Qué es una teoría? ¿Características de los hombres de ciencia? ¿Cómo influye la tecnología en el desarrollo de la ciencia? ¿Por qué algunos científicos construyen teorías y otros no lo hacen?

Newmann, et.al, citan a Vygotski y su forma de explicar el cambio cognitivo “Zona de desarrollo próximo (ZDP) se le llama a la diferencia entre el nivel de dificultad de los problemas que el niño puede afrontar de manera independiente y el de los que pudiera resolver con ayuda de los adultos (Vygotski, 1978). De un modo más general, el concepto se refiere a un sistema interactivo en el que varias personas se ocupan de problemas que, al menos una de ellas, no podrían resolver solas. El cambio cognitivo se produce en esta zona, considerada tanto en términos de la historia evolutiva individual como en los de la estructura de apoyo creada por los demás y por las herramientas culturales propias de la situación”. (Newmann, Griffin y Cole, pág. 78).



Por lo tanto el profesor juega un papel fundamental para promover el cambio cognitivo, como docente, y creando en el aula un ambiente de solidaridad y respeto, que facilite la interacción entre los estudiantes. En el cambio cognitivo vemos competencias diferentes entre los estudiantes, unos tienen mayor facilidad que otros, para construir aprendizajes significativos y si los profesores; facilitamos la interacción en un ambiente de respeto, los estudiantes con mayores competencias, pueden ayudar a sus compañeros a concretar el cambio de sus preconceptos, a los conceptos científicos.

“El concepto de ZDP se desarrolló en el seno de una teoría que da por supuesto que las funciones psicológicas más elevadas, característicamente humanas, tiene orígenes socio-culturales. Las actividades que constituyen una zona son los aludido orígenes sociales; cuando se produce el cambio cognitivo, no sólo aparece como función psicológica independiente atribuible al novato lo que los participantes realizan entre sí sino cómo lo efectúan. Es decir, la interacción, mediada por la cultura, entre las personas que se hallan en la zona se interioriza, convirtiéndose en una nueva función del individuo. Otra forma de decirlo es que lo interpsicológico se convierte también en intrapsicológico”: (Newmann, et. al, pág. 78).

Los seres humanos somos producto de una construcción social y la familia y después la escuela son espacios fundamentales para que el niño desarrolle una identidad y aprenda a relacionarse con las personas que lo rodean. El ejemplo de los padres es fundamental, generalmente los padres y también los profesores somos incongruentes, queremos tener hijos o alumnos maravillosos, pero no nos preocupamos por darles el ejemplo.

En el Colegio trabajamos con adolescentes y es una etapa en la que se transita de ser adolescente a adulto. Es una de las etapas más complejas para los seres humanos, una etapa en la que generalmente rechazan a los adultos, sean padres o maestros. Además en el contexto que vivimos los adolescentes, tienen pocas

esperanzas en los estudios y, en que la educación, realmente resulte un factor de movilidad social.

“Los adolescentes, son especialmente sensibles a esa necesidad de poseer una identidad social, ya que su DNI social se está aún constituyendo, al hilo de los cambios que se producen en la sociedad en la que viven: de hecho los adolescentes suelen ser un reflejo bastante fiel de los valores de la sociedad adulta en la que quieren ingresar” (Pozo, 2009, p. 38).



En épocas anteriores los adolescentes no tenían la posibilidad de rechazar las órdenes y lineamientos de los padres, ahora si cuestionan y se rebelan, así que los maestros tenemos que brindarles posibilidades de educación que contemplen sus intereses y despierten en ellos el gusto por el estudio. Desde hace unas décadas los psicólogos, pedagogos y en general científicos que estudian la educación como una actividad social, están haciendo recomendaciones a los padres y profesores para considerar que los seres humanos requerimos afecto.

La importancia dada al lazo afectivo de origen maternal supuso una exigencia de calidad para la pedagogía moderna al darle al trato sentimental cálido un valor esencial, lo cual repercutió en un realce de la centralidad del sujeto en la educación esencial, lo cual repercutió en un realce de la centralidad del sujeto en la educación. El reto para lograr una modernidad educativa más suavizada ha reclamado el tener que procurar la congruencia de la consideración de la naturaleza del sujeto y las relaciones afectivas respetuosas y cálidas con la enseñanza de la cultura. El que la educación se desarrollara en un clima humanizado se consideró que sería lo más apropiado para fundar las bases de la autonomía y la libertad individuales de los futuros ciudadanos. (Sacristán, 2003, El alumno como invención, Madrid España, Editorial Morata, pág.143).

La docencia y el aprendizaje de la ciencia, son elementos básicos para que los estudiantes desarrollen un pensamiento racional, un pensamiento científico, y si los profesores se preocupan por conocer las propuestas filosóficas de los epistemólogos del siglo XX y XXI, podrán convertirse en el ejemplo que se necesita para enamorarse de la ciencia y utilizarla para conocer y comprender el mundo que les rodea.

Pozo nos recomienda:

Pozo nos dice que el modelado o aprendizaje por imitación suele ser un proceso de aprendizaje implícito más que explícito (Pozo 1996^a), en el que muchas veces ni el profesor ni el alumno se dan cuenta de que ese aprendizaje está teniendo lugar. Por ello es especialmente importante que los profesores tomen conciencia y hagan explícitas no sólo de las actitudes que desean en sus alumnos, sino

también las que muchas veces de forma inconsciente, ellos manifiestan a través de sus conductas (Pozo, 1999^a). Nos quejamos de que los alumnos son pasivos, pero apenas les dejamos espacios de participación autónoma; de que ~~no tienen~~ sensibilidad por los problemas sociales, científicos y tecnológicos que les rodean, pero la ciencia se enseña como una realidad propia, un conjunto de conocimientos formales que constituyen una torre de cristal aislada del mundanal ruido. Aunque muchos profesores no lo deseen, a través de su conducta en el aula están transmitiendo actitudes de las que los alumnos muchas veces se contagian, por lo que es conveniente controlar mejor qué modelos les estamos ofreciendo. Pozo, 2009, p 38)



La atención del profesor y la actitud de escuchar a los estudiantes es fundamental para lograr el proceso de aprendizaje. A menudo sucede que los profesores nos formamos una idea específica acerca de los alumnos y no nos detenemos a escuchar y menos aún somos capaces de preguntar. Con esta conducta caemos en prejuizar a nuestros estudiantes y obstaculizamos su desarrollo y aprendizaje.

Marcel Giry en su libro Aprender a Razonar, Aprender a Pensar nos explica la necesidad de partir del conocimiento del alumno: Marcel Giry considera que el alumno no es una página blanca que se menciona con tanta frecuencia. El alumno aprende siempre a partir de lo que piensa, sabe o siente. Para de la Garanderie, sus alumnos “poseían una experiencia, una prefilosofía, implícita pero que encerraba intuiciones alimentadas por argumentos dispersos y escurridizos: todo eso conformaba un inconsciente _o un preconsciente_ pedagógico.

Para de la Garanderie, el docente que no tenga consciencia de ello corre riesgo de tomar el camino equivocado y, lo que es peor, “de apartar de la filosofía a inteligencias hechas para servirla”. (Giry, 2002, APRENDER A RAZONAR, APRENDER A PENSAR, México, Editorial Siglo XXI, p. 105-106.).

Giry cita a Antoine de la Garanderie que dice: la inteligencia está al alcance de todos. Antoine de la Garanderie, afectado por la ostopongiosis, no oye bien. Este impedimento, las consecuencias que tuvo en su escolaridad, dieron origen a la investigación de eso que, en principio, el identifica como conectado con un preconsciente pedagógico. Vive con un profundo sentimiento de rebelión el hecho de ser juzgado a partir de resultados que no reflejan su capacidad, sino que se derivan de su impedimento no reconocido o no tomado en cuenta por su entorno.

En efecto, nadie se cuestiona sobre las razones de su comportamiento. Desde el fondo de su silencio, observa cómo su familia y sus profesores esgrimen razones trilladas para explicar su comportamiento o la naturaleza de sus errores. De esa manera su madre, para explicar sus cambios de humor o silencios cuando ella lo

llama de lejos, juzga que siempre está demasiado absorto en lo que hace. Por el contrario, los espacios vacíos en los cuadernos, particularmente las palabras confundidas con otras en los dictados son resultado de su falta de atención en clase". (Giry, p. 104).

La enseñanza de la ciencia, en un contexto de trabajo colectivo y en un escenario de respeto y solidaridad, facilitan el desarrollo de un pensamiento racional y un pensamiento científico. El análisis histórico de las teorías sirve de guía al alumno para comprender la forma en que los hombres de ciencia, se han enfrentado a la explicación del mundo que nos rodea.

La teoría celular se construyó en el siglo XIX y hasta que surgió este paradigma, se estableció la diferencia entre lo vivo y no vivo.

¿Cuál es la pregunta que está relacionada con la teoría celular? ¿De qué estamos formados los seres vivos?

Todos los grupos humanos se han preguntado en algún momento ¿Qué es la vida? y de acuerdo al contexto cultural y científico se han dado respuestas distintas.

“Es posible que en un principio no se estableciera una distinción clara entre la vida de un organismo vivo y el espíritu de un objeto natural no vivo. Casi todos los pueblos primitivos creían que existían espíritus residentes tanto en las montañas y ríos como en los árboles, animales o personas. Este concepto animista de la naturaleza fue extinguiéndose poco a poco, pero se siguió creyendo firmemente que en los seres vivos existía algo que los distinguía de la materia inanimada y que se separaba del cuerpo en el momento de la muerte. En la antigua Grecia ese algo, en el ser humano, se llamó aliento, Más adelante, y sobre todo en la religión cristiana, se denominó alma”. (Mayr, 1998, pág. 15).

Para Mosterín, “Todos los grupos étnicos, ideológicos o tradicionales han tenido algún tipo de ideas y conocimientos acerca de su entorno y del mundo en general. Pero la ciencia y la racionalidad científica son algo nuevo. Así como en la evolución biológica de vez en cuando se producen novedades (surge la vida o la fotosíntesis o los dinosaurios), lo mismo ocurre en la evolución cultural. Esta gran empresa de racionalidad teórica colectiva que es la ciencia se distingue claramente de las ideologías e idearios tradicionales por ciertas características propias, como la consistencia, la objetividad, la provisionalidad, el progreso y la universalidad”. (Mosterín, p. 92).

Las teorías son producto de un desarrollo histórico, en cada etapa de la historia los filósofos y científicos han formulado preguntas, y las responden de acuerdo al



contexto científico y metodológico del momento. Los griegos son los precursores de la ciencia, ellos por primera vez, construyeron teorías para explicar los fenómenos naturales y sociales. Algunos filósofos como Aristóteles (384 a. de n. e. a 322 a. de n. e.) perduraron en el tiempo. La teoría (generación espontánea) que Aristóteles construyó para explicar el origen de la vida, trascendió hasta el siglo XIX.



Pero la ciencia no la crearon los atenienses de Grecia, los precursores de la ciencia son los jonios: Chacón en su libro: Desarrollo histórico del método científico nos dice: “La época Clásica se caracteriza por un régimen esclavista; este fue constituido a lo largo de muchos siglos, la primera etapa hasta el siglo VI a. de n. e., representa la disolución del régimen gentilicio; la economía cambió del trabajo del comerciante y del artesano libre, a una economía basada en el trabajo del esclavo.

Los orígenes de la ciencia

Etapa Jónica.

En la medida en que el comercio adquirió mayor importancia, sobre todo en la etapa de la colonización entre los siglos VIII y VI a. de n. e., se fueron estructurando diferentes clases sociales, el comerciante rico, el campesino pobre, el artesano, y el esclavo que generalmente provenía de los pueblos conquistados” (Chacón Julieta, 1990, pág. 55).

La economía griega se basó en un régimen esclavista. Una sociedad dividida en clases sociales, que generó la división de Grecia en ciudades Estado. Los griegos practicaban el comercio y navegación e intercambiaban cultura, técnicas, y conocimientos con las culturas orientales.

Los jonios estaban estrechamente relacionados con las culturales orientales, especialmente con los egipcios. “Fueron los jonios los que estaban más estrechamente relacionados con las culturas neolíticas, y se les considera precursores de la ciencia. Entender la diferencia entre la grandeza de los egipcios, caldeos, fenicios, chinos etcétera, y la de los griegos, no es sencillo; las culturas orientales brindaron un gran cúmulo de conocimientos adquiridos de manera empírica, que fueron utilizados por los griegos para la creación de la ciencia”. (Chacón, 1990, pág. 57).

“Las grandes civilizaciones anteriores transmitieron a los griegos, no sólo el precioso patrimonio de sus mitos y de sus experiencias religiosas, sino también el muy notable de sus investigaciones científicas. Sobre todo en lo que concierne a la matemática y a las observaciones astronómicas, el nivel alcanzado por los

asirio-babilonios y por los egipcios era en verdad alto; y más bien, respecto de algunos problemas, se necesitó mucho tiempo antes de que los griegos conquistaran una madurez semejante”. (Geymonat Ludovico, págs. 16-17)

Los jonios recopilaron el conocimiento de las culturas neolíticas, los organizaron, sistematizaron y les dieron un carácter racional; crearon un método y un lenguaje para la ciencia. A los griegos se les llama maestros de las grandes generalizaciones. Con los egipcios aprendieron astronomía y matemáticas.



Los jonios fueron capaces de recopilar esos conocimientos y crearon métodos y un lenguaje para la ciencia y precisamente este fue el inicio de la grandeza de la Cultura Griega, fueron capaces de pasar de un conocimiento empírico, práctico, que respondía a necesidades inmediatas a la elaboración de conceptos, principios y a la construcción de teorías. (Chacón, 1990, pág. 57).

“La característica fecundidad de este “algo nuevo” inventado por los griegos, y la amplitud de desarrollos a los que dio lugar nos autorizan a decir *que la ciencia y la filosofía nacieron en Grecia*. Lo esencial es no entender estas palabras en sentido milagrero, como si se tratase de un nacimiento sin padres. La realidad histórica puede resumirse de esta manera: los griegos no crearon sus ideas de la nada, sino sobre la base de los patrimonios culturales que les transmitieron las anteriores civilizaciones mediterráneas”. (Geymonat, pág. 17).

Para analizar el desarrollo histórico de la teoría celular, es preciso regresar a la Cultura Griega e investigar a los jonios, porque, una de las principales preocupaciones de los filósofos griegos fue la de explicar *¿Cuál era el principio fundamental de la naturaleza?*

Albarracín Teulón lo explica así: “Desde que el hombre allá en el extremo oriental del Mediterráneo, llevó a cabo al filo de los siglos VII y VI a. de C. la trascendental aventura del descubrimiento de la physis, el fisiólogo, el teknites, el epistemón, el biólogo a la postre, se ha preocupado por la búsqueda de un principio común de estructura, capaz de responder al qué es de la vida, de la naturaleza, de los seres”. (Albarracín, pág. 14).

Para los jonios la respuesta estaba en los elementos naturales: agua, tierra, aire y fuego: Tales de Mileto planteaba que el agua era el principio fundamental de la naturaleza, para Anaxímenes el aire, para Heráclito el fuego y para Demócrito el átomo. Las propuestas de los filósofos jonios expresan una concepción materialista de la naturaleza.

“Es bien comprensible que las primeras escuelas científico-filosóficas griegas surgieran en las ciudades de Asia Menor, o sea en aquellas ciudades que por su

situación geográfica y por su economía, basada esencialmente en el comercio, se encontraban en condiciones más favorables para constituir el puente natural de comunicación entre Grecia y los otros pueblos (en especial Egipto). Y Justamente en una de ellas, Mileto (colonia jónica), florecieron en el siglo VI a. Anaximandro, Anaxímenes”. (Geymonat, pág. 17).



Etaapa ateniense. En la etapa ateniense los filósofos más importantes fueron: Sócrates, Platón y Aristóteles. Atenas, representó el auge del sistema esclavista se consolidó como tal, en un proceso que duró alrededor de tres siglos, del VI, al IV a. de n. e. Durante este periodo vivió la transformación de las clases sociales que lo llevaban a establecer una economía basada en el trabajo del esclavo, en esta etapa cambió el rumbo de la ciencia y la filosofía, de una concepción materialista de los jonios, pasó a una concepción idealista. Dampier explica que el cambio de rumbo de la ciencia, la concepción y el objeto de estudio se vio determinado por el contexto social; las asambleas requerían de la participación de los sofistas; el discurso y la oratoria se hicieron instrumentos inseparables de los filósofos y, sobre todo, la profundización en la separación de las clases sociales obligaba a elaborar una teoría que resguardaba los privilegio de clase de que ya gozaban los filósofos”. (Dampier, pag. 58.).

En la Etapa ateniense uno de los filósofos que más destacó fue Aristóteles: se considera el filósofo más importante de la etapa ateniense de la Época Clásica y el que más aportaciones hizo a la ciencia. Fue discípulo de Platón y fundador de El Liceo, nació en Estagira, en Tracia, en el año 384 a. de n. e., conoció la ciencia de los jonios, de los macedonios y la medicina. Durante 20 años realizó sus estudios en la Academia de Platón, fue un gran enciclopedista, estudió: filosofía, lógica, psicología, física, química y biología. Aristóteles propuso la teoría de la generación espontánea para explicar el origen de la vida, teoría que dominó el campo de la ciencia y la filosofía, hasta el siglo XIX En el siglo XIX, Pasteur refutó la teoría de la generación espontánea.

Las aportaciones más importantes de Aristóteles a la ciencia, las hizo en estudios de la naturaleza: botánica, fisiología y física. La influencia de Aristóteles trascendió muchos siglos, los árabes en el siglo X, tradujeron su obra y las teorías del estagirita trascendieron hasta el siglo XIX.

Aristóteles fue discípulo de Platón, fundador de otra institución académica muy importante: El Liceo. Nació en Estagira, en Tracia, en el año 384 a. de n. e. estudió la ciencia jónica, macedónica y la medicina, lo que explica las tendencias científicas de Aristóteles y su preocupación por estudiar la naturaleza. Además de las ciencias de la naturaleza, estudió lógica, psicología, ética. Se le considera el más grande de los enciclopedistas de su tiempo; supo reunir todo el saber de su

época. En la biología hizo grandes aportaciones al estudio de los animales. Propuso el camino inductivo para el desarrollo de la investigación, para el estagirita, el conocimiento surgía de la observación, a diferencia de Platón que utilizaba el método deductivo. Estudió a los jonios pero se negó a aceptar el principio fundamental de la naturaleza y afirmó que ésta siempre había rompido con la tradición materialista de los filósofos jonios.



Según Dampier: “definió la vida como el poder de autonutrición y de crecimiento independiente y de degeneración. Dividió la zoología en tres partes: 1) Noticias sobre los animales, referentes a los fenómenos generales de la vida animal, es decir historia natural; 2) Partes de los animales, sus órganos y funciones, es decir anatomía y fisiología General; 3) Generación y reproducción de los animales, y embriología. Menciona unos 500 animales diferentes, algunos con una precisión y unos detalles que demuestran su observación personal, y 50 en que ostenta unos conocimientos obtenidos por disección e ilustrados con diagramas. (Dampier, pág. 62).

De Robertis nos dice: “Los antiguos filósofos y naturalistas –en especial Aristóteles en la Edad Antigua y Paracelso en el Renacimiento- llegaron a la conclusión de que “todos los animales y vegetales por más complicados que sean, están constituidos por unos pocos elementos que se repiten en cada uno de ellos”. Se referían a las estructuras macroscópicas de un organismo, como las raíces, hojas y flores comunes a diferentes vegetales, o a los segmentos y órganos que se repiten en el reino animal. (De Robertis, pág. 1.). Después de la Cultura Clásica, se desarrolló el imperio romano (Siglo II a. de n. e. al siglo V de n. e.), pero los romanos no destacaron en ciencia y filosofía; como lo hicieron los griegos. De hecho, durante su imperio quemaron la Biblioteca de Alejandría que contenía todo el saber de la Cultura Clásica. Durante el Imperio Romano se desarrolló el cristianismo.

EDAD MEDIA

La caída del Imperio Romano se remonta al siglo V. de n. e. y lo sucede la etapa feudal, (Siglo V al XV). Con el surgimiento de La Edad Media el cristianismo adquirió una gran fuerza y se convirtió en la filosofía reinante. La sociedad estaba formada por diferentes clases sociales y su base económica era la tierra. Representa una de las etapas más oscuras del pensamiento filosófico y científico. La iglesia adquirió poder filosófico y económico y desarrolló un contexto social profundamente represivo, pero, curiosamente; fue en el contexto de la época oscura del pensamiento humano, que se gestó la ciencia nueva y dio origen al Renacimiento.

Durante los primeros siglos de la Edad Media, el conocimiento se limitó al estudio de la Teología, las maravillosas aportaciones de la cultura griega prácticamente fueron destruidas durante el incendio de la Biblioteca de Alejandría. La iglesia rechazaba la Cultura Griega porque en Grecia habían estudiado la naturaleza física, biología, astronomía y matemáticas y los clérigos vivían sometidos a las normas de la religión católica. Fue hasta el siglo XI, con la influencia de los árabes y el cambio en la economía, que renacieron las técnicas, el comercio y la ciencia.



“Al hombre medieval le fascinaba la supuesta analogía entre la naturaleza divina, la constitución astronómica del cosmos, o macrocosmo, y la estructura anatómica, fisiológica y psicológica del hombre, o microcosmo. Generalmente se imagina el cosmos entero como penetrado y trabado entre sí por un espíritu viviente, el *nous*, o espíritu del mundo de los neoplatónicos, el cual a su vez está poseído y controlado por la divinidad. Así se mantiene en sujeción la materia primordial que es el principio de la muerte y la disolución”. (Dampier, págs. 109-110).

Durante la Edad Media, se construyó una corriente filosófica; el vitalismo, tomaron de Aristóteles la teoría de la generación espontánea y le dieron un giro hacia la presencia divina. La vida surgía por generación espontánea, pero se necesitaba el soplo divino. Toda esta filosofía permeó a las ciencias y fue hasta que los árabes se establecieron en Europa, que la cultura y la ciencia encontraron caminos distintos a los de la iglesia. Dampier lo describe así: La escuela árabe: “Mientras la cultura europea se encontraba en su más bajo nivel, en la Corte Imperial Bizantina de Constantinopla y en otros países comprendidos entre Siria y el Golfo Pérsico sobrevivía un considerable fondo cultural de origen mixto greco-romano-judío. Uno de los primeros centros fue la escuela persa de Jundishapur, que sirvió de refugio a los cristianos nestorianos en 489 y a los neoplatónicos que abandonaron Atenas cuando les cerraron la Academia de Platón en 529. Aquí a través de las traducciones de Platón y Aristóteles sobre todo, la filosofía griega entró en contacto con las de India, Siria y Persia, dando ocasión al desarrollo de una escuela de medicina que sobrevivió hasta el siglo X, a pesar de su aislamiento relativo”. (Dampier, pág. 100).

Los árabes, admiradores de la ciencia clásica, conocían la obra de Arquímedes, Euclides, la aritmética de Nicómaco, la obra de Platón y Aristóteles y tradujeron los textos de los clásicos del griego al árabe. Formaron un imperio (632-732), cuando conquistaron Arabia, Siria, Persia y Egipto y desarrollaron la cultura árabe. La ciencia islámica se fue desarrollando en forma paralela a la caída de la cristiana. El imperio islámico llegó hasta Europa y se estableció en España en la ciudad de Toledo.

El imperio islámico se extendió hasta Europa, los árabes llegaron a España y se establecieron en Toledo, la cultura islámica floreció en España cuando se desarrolló una fusión entre las culturas: árabe, judía y cristiana. Los árabes no llegaron a destruir la cultura cristiana, fue una conquista que llevó a Europa a ciencia, medicina, alquimia, astronomía y matemáticas, además de desarrollo de la economía. En el siglo IX mejoraron las escuelas de medicina con las traducciones de Galeno; también realizaron una labor tan nueva como impresionante en la alquimia. Grecia está en el continente europeo pero fueron los árabes los que llevaron la cultura griega hacia España.



Dampier afirma que: “En la Europa que acogió y fue asimilando lentamente esta corriente arábica de conocimiento había hecho notables progresos del aparato cultural. Dentro del Imperio de Oriente, en Constantinopla, se produjo un decidido resurgimiento del saber en los siglos IX y X, cuando Constantino VII patrocinó las artes y el saber, y ordenó la compilación de cierto número de tratados enciclopédicos. Gracias a los árabes se conservaron y tradujeron los manuscritos griegos. (Dampier, pág. 106).

En Europa surgió en el siglo XIII un gran interés por conocer los textos de los griegos, fue el inicio del estudio de los textos completos de Aristóteles, entre 1200 y 1225 se tradujeron al latín sus obras completas. El estudio de la cultura griega despertó el interés por buscar las aportaciones de los griegos ya no en las traducciones árabes, sino directamente en textos griegos y surgió la corriente humanista. Entre los interesados en conocer la ciencia aristotélica, destacan: Alberto Magno, de Colonia (1206-1280). Roger Bacon que impulsó el uso del método experimental, y la aplicación de las matemáticas, como base para otras ciencias.

El origen del Renacimiento

El espíritu del Renacimiento se manifestó primero en Italia, que por entonces se iba recuperando lentamente de la devastación de los tiempos anteriores ¿Cómo entender el cambio de la Edad Media al Renacimiento? Dampier no dice que Salimbene de Parma, franciscano del siglo XIII, nos da una clave, al observar la diferencia existente entre Italia y otros países en un punto concreto, muy significativo. En los países al norte de Los Alpes, dice, sólo habitan en las ciudades la gente del pueblo, pues los caballeros y las damas de la nobleza viven en sus fincas atendiendo a la administración de sus tierras en su torre de marfil feudal; mientras que en Italia, las clases altas poseen viviendas en las ciudades y pasan en ellas la mayor parte de su tiempo. La vida ciudadana de las clases inteligentes y holgadas del norte de Italia crearon el clima ideal para el nacimiento del Renacimiento. (Dampier, pags. 126-127).

Petrarca poeta y filósofo (1304- 1374) se considera precursor del Renacimiento, en el, encontramos una gran diferencia con la literatura de la época medieval, de los escritores escolásticos. Petrarca se interesó por estudiar a los clásicos y estudiarlos en latín clásico. Con su interés despertó la curiosidad por investigar la ciencia y filosofía de los griegos, interés que desembocó en el humanismo. La caída de Constantinopla (que estaba en poder de los turcos) aceleró el cambio de filosofía y de enfoque por la literatura y la ciencia.



“El humanismo fue importado al norte de Europa por estudiantes que habían trabajado bajo la dirección de los maestros de la Nueva Cultura en Italia. Uno de los primeros fue Johann Muller (1436-1476), nació en Konisberg- lo que le valió el sobrenombre de regiomontano- fue tal vez el primero que combinó la ciencia con el humanismo”. (Dampier, págs. 127- 128).

“La gran figura del Renacimiento norteamericano fue Desiderio Erasmo- 1466-1536-, nació en Rotterdam, pero fue muy conocido en muchos países. Erasmo vio en el humanismo, sobre todo, el medio de aprovechar la influencia civilizadora del saber para combatir los pecados capitales de su tiempo: la ignorancia monástica, los abusos de la iglesia, la pedantería escolástica y el bajo nivel de la moral pública y privada”. (Dampier, pág. 128).

Al mismo tiempo surgió el interés por realizar grandes viajes de exploración y descubrimientos geográficos. En 1419 los primeros exploradores fueron los portugueses y en 1497 Vasco de Gama llegó a la India. En 1492 los españoles descubrieron América, El descubrimiento de América y su conquista es uno de los acontecimientos históricos más importantes para Europa porque España se convirtió en una gran potencia económica. Los descubrimientos influyeron en abrir la mente de los europeos, ensancharon y desarrollaron el comercio, intercambiaron técnicas, Se desarrolló la industria, y Europa, se convirtió en una potencia económica. Así como la Época Clásica, el Renacimiento y nuestra Época (contemporánea), la ciencia se desarrolló en un contexto de progreso económico, y de descubrimientos geográficos que generaron oportunidades de ocio fecundo.

Siglo XVII

El siglo XVII se considera como el siglo en el que se inició la ciencia moderna, Galileo, Kepler y Newton establecieron la primera síntesis de la física. Galileo refutó la teoría aristotélica acerca del movimiento; cuando demostró “experimentalmente” que el movimiento no requiere de una fuerza. Los nuevos métodos y la utilización de las matemáticas abrieron nuevas posibilidades a la ciencia.

En las ciencias naturales también se expresa un cambio significativo cuando los hombres de ciencia impulsan el uso de métodos de observación y experimentación para estudiar los sistemas biológicos. En este contexto se expresa la aportación de Leeuwenhoek a las ciencias naturales



Después de la larga noche de la Edad Media, que sometió a los europeos al control total de la iglesia: control filosófico, económico, político y científico, el Renacimiento con una revolución en las artes y con descubrimientos geográficos. El descubrimiento de América que descubrió un mundo totalmente distinto con etnias diferentes, fauna y flora distinta influyó en la mentalidad de los europeos y como consecuencia fueron abriendo las mentes y probablemente se generaron preguntas e interrogantes ¿Cómo esos mundos habían sido ignorados por la iglesia? ¿La iglesia en realidad conoce todo? ¿El Papa es el representante de Dios en la Tierra? El comercio facilitó el intercambio económico, técnico, filosófico y poco a poco a poco la ciencia fue abriendo nuevos caminos y métodos. El siglo XVII es de los más ricos en aportaciones a la ciencia y la metodología.

La filosofía vitalista de la Edad Media, fue concebida como una “fuerza específica, la fuerza vital, ontológica y operativamente superior, desde luego, a las restantes fuerzas de la naturaleza cósmica –mecánica, térmica, eléctrica, magnética, química- y en consecuencia, esencialmente irreductible a ellas, *pero específicamente activa, como tal fuerza, en la dinámica real de los entes materiales en que existe, en los que llamamos seres vivos*” (Albarracín Teulón, pag. 16).

En el siglo XVII, la ciencia experimental cobró una gran importancia. Francis Bacon filósofo y político inglés (1561-1626), propuso el método experimental bajo un principio inductivo. Bacon afirmaba que la única forma de explicar los fenómenos de la naturaleza era: recopilando y ordenando grandes cantidades de datos, para Bacon las teorías se construían a partir de observaciones que no estuvieran contaminadas con las teorías. Bacon también proponía que para realizar buenas observaciones era necesario contar con buenos instrumentos. Desde el siglo XV, los artesanos cobraron gran importancia en la sociedad. Leonardo Da Vinci argumentaba que para conocer la naturaleza se tenían que utilizar las manos. *Los artesanos construían instrumentos; por ejemplo las lentes, pero en el siglo XVII, los científicos se interesaron por pedir a los artesanos el diseño de instrumentos para la investigación. Uno de esos instrumentos fueron las lentes que más tarde se utilizaron como microscopios.*

Hooke fue de los científicos que más instrumentos diseñó durante el siglo XVII: relojes, balanzas, higrómetros, bombas de vacío, balanzas, lámparas y por supuesto el microscopio.

Patricia Fara afirma que “Micrographia es una espléndida colección de minuciosos dibujos en los que se exponen detalles que nunca antes se habían imaginado de plantas e insectos –en particular de piojos, esos cuasiinvisibles pero perpetuos compañeros de los caballeros del siglo XVII- cuando Samuel Pepys adquirió su ejemplar se quedó despierto toda la noche cautivado por las gigantescas imágenes en páginas desplegadas y las elocuentes descripciones de Hooke”. (Fara, pág. 205).



Fernandez Santarén nos dice: “Las lentes de vidrio se conocían desde hacía mucho tiempo y en Europa se construyeron a partir del siglo XIII. A finales del siglo XV ya se utilizaban gafas con lentes convexas y cóncavas y a finales del siglo XVI era habitual su uso”. (Fernández, pág. 69).

En los últimos cuarenta años del siglo XVII surgieron una serie de grandes investigadores que pueden denominarse *microscopistas clásicos*. Dos de ellos. Robert Hooke (1653-1703) y Nehemiah Grew (1641-1712), fueron ingleses; otros dos, Antony Van Leeuwenhoek (1632-1723) y Jan Swammerdam (1637-1686), holandeses; y uno, Marcelo Malpighi, italiano. (Fernández, págs. 70-71)

El microscopio y la célula. Se acuña el término de célula

Robert Hooke, científico inglés (1635-1703) *descubrió la célula en una lámina de corcho*, publicó un libro llamado Micrographia en el que describía observaciones realizadas en el microscopio. Hooke para describir y compartir sus observaciones realizaba dibujos y fue el científico que por primera vez, en la historia de la ciencia, utilizó el término de célula. Hooke describe que al observar un corte delgado de corcho que se extrae de la corteza del alcornoque se dio cuenta que la estructura estaba formada por diferentes formas geométricas parecidas a las de un panal de abejas. Llamó célula a las estructuras que observó y las nombró de esa forma porque explicó que le parecían las celdas de los monjes. Hooke no observó células vivas, observaba las paredes celulares de células muertas. Hooke fue un gran físico y químico además de naturalista.

“Fue el primero en construir un nuevo tipo de telescopios, los gregorianos, con los que pudo observar que Marte y Júpiter rotaban sobre sí mismos. Además impulsó el uso científico de microscopios, con las icónicas ilustraciones de su libro Micrographia (1665), iniciando un arte que perfeccionaron nuevos expertos como Anton van Leeuwenhoek. También se le reconoce como uno de los primeros en sugerir la idea de la evolución biológica y además propuso que la luz estaba formada por ondas, lo que originó su primer roce con Isaac Newton, quien hacia 1670 desarrolló su propia teoría del color y argumentó que la luz estaba formada por partículas. Las críticas que recibió por parte de Hooke le ofendieron tanto que

Newton decidió retirarse de aquel debate público.”.

<https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/grandes-personajes/hooke-el-genio-cuyo-gran-error-fue-enfrentarse-a-newton/>

Fue un gran físico contemporáneo de Newton con quien tuvo un debate. La discusión más intensa en la historia en torno a la naturaleza de la luz se dio a finales del siglo XVII, entre quienes defendían la idea corpuscular, con su máximo representante en ese momento: Isaac Newton, y quienes abogaban por una teoría ondulatoria, propuesta por Robert Hooke. Hooke abanderaba en planteamiento de que la luz se comportaba en ondas, similares a las del sonido, por lo que necesitaba un medio material para propagarse”.



www.facebook.com/grops/

232493528048476/permalink/ 2686321101665715

Con la muerte de Hooke. Newton fue declarado vencedor en el debate.

La historia de la ciencia está plagada de anécdotas en las que destaca que los científicos son seres humanos con intereses, pasiones y emociones que influyen en su vida de investigadores. Hooke fue un científico que nació en un ambiente pobre y con un gran esfuerzo logró dedicarse a la ciencia, tiene fama de que plagió algunos trabajos, pero sus aportaciones a la ciencia fueron muy relevantes. Hooke formuló por primera vez la teoría ondulatoria de la luz, que más tarde se confirmó con la teoría de Einstein.

Hooke, es considerado uno de los científicos experimentales más importantes de la historia de la ciencia. En 1665 publicó el libro *Micrographia*, el relato de 50 observaciones microscópicas con detallados dibujos. Este libro contiene por primera vez la palabra célula. Hooke descubrió las células observando en el microscopio una laminilla de corcho, dándose cuenta de que estaba formada por pequeñas cavidades poliédricas que recordaban a las celdillas de un panal. Por ello cada cavidad se llamó célula. Aunque no pudo demostrar lo que estas celdillas significaban como constituyentes de los seres vivos fue un primer e importante paso para el estudio de la célula. Ya en el siglo XIX, y gracias al desarrollo del microscopio óptico, se introdujo la teoría celular, que aportaba un nivel más en la organización de los seres vivos. En Alemania comenzaron a relacionar a las células y sus alteraciones con las patologías.

Descubrimiento del mundo microscópico

Para construir la teoría celular se necesitaba descubrir el mundo microscópico. Leeuwenhoek, sin ser científico logró el hallazgo. Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723), Lazaro Spallanzani (1729-1799). Oscar Hertwig (1849- 1922)

Durante los siglos XVII y XVIII, una de las grandes cuestiones científicas de interés filosófico y religioso fue el de la procreación, en particular, la humana. Unos argumentaban que el óvulo era la semilla que daba vida al animal, mientras que otros creían que era el semen. La naturaleza del semen cuando impregnaba el óvulo se percibía como algo etéreo y se describía como espíritu, vapor e incluso olor, pero no como algo físico. En 1677 el microscopista holandés Antonie van Leeuwenhoek examinó el semen de varias especies animales, así como el suyo propio –obtenido no por abuso pecaminoso de sí mismo, según aseguró, sino del coito conyugal- y halló múltiples espermatozoides, pero que en ese momento no los asoció con la impregnación. Sin embargo, en 1683 concluyó que el hombre no procedía de un óvulo, sino de un animáculo de la semilla masculina, y que ciertas partes del óvulo se transferían al espermatozoide” ((Michael C. Gerald y Gloria E. Gerald, 2017, El libro de la Biología, India, Editorial Librero, p. 122).



El mundo microscópico de Leeuwenhoek en el libro de Gerald y Gerald)

Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723). En 1674 el científico holandés Antoine van Leeuwenhoek descubrió un mundo con millones y millones de habitantes hasta entonces desconocidos por los seres humanos: observó organismos unicelulares que denominó animáculos y bestiecillas. Pese a ser uno de los biólogos más célebres y el fundador de la microbiología, su educación formal había sido modesta, se expresaba en un solo idioma, su holandés materno, y no escribió ningún libro ni artículo científico. (Gerald y Gerald, p. 122)

Leeuwenhoek pasó prácticamente toda su vida en Holanda en la ciudad de Delft, el pintor Johannes Vermeer fue contemporáneo del microscopista. Leeuwenhoek abrió una tienda de telas en su población, y utilizaba lentes para contar los hilos de las telas y como producto de esta actividad, se apasionó por las lentes. Leyó el libro de Hooke: Micrografía, publicado en 1665. Hooke dio a conocer en su libro la forma en que se utilizaba el microscopio y sobre todo, la oportunidad de percibir a través de las lentes un mundo hasta ese entonces desconocido. Leeuwenhoek, inspirado en ese libro incrementó su gusto por la microscopía.

“A partir de 1673, a sus 40 años, y durante los siguientes 50 años, hasta el día de su muerte, Leeuwenhoek intercambió con la Royal Society de Londres cientos de cartas en holandés informal donde describía sus observaciones al microscopio. Estas incluían protistas (1674), bacterias (1676), capilares sanguíneos, fibras musculares, tejidos animales y células de espermatozoide de varias especies. Tales observaciones, con un alto grado de detalle, fueron posibles gracias a sus lentes, de hasta 275 aumentos, que daban imágenes claras y nítidas. Los microscopios anteriores solo proporcionaban entre veinte y treinta aumentos. A lo largo de su

vida Leeuwenhoek fabricó a mano de 400 a 500 lentes y unos 25 microscopios, y siempre guardó el secreto de sus técnicas expertas”. (P. 122, Gerald)

“El uso de lentes para agrandar lo observado se remonta a los antiguos romanos. El primer microscopio compuesto, con más de una lente, se inventó hacia 1590, y esa fue la herramienta básica de Hooke y los biólogos que le siguieron hasta el siglo XX. Los microscopios ópticos modernos aumentan la imagen de 1000 a 2000 veces de forma efectiva, mientras que los microscopios electrónicos usados en biología alcanzan los dos millones de aumentos”. (Gerald y Gerald, p. 122).



Para analizar la construcción de la teoría celular no podemos dejar de mencionar al holandés porque el descubrimiento del mundo microscópico abrió un mundo de posibilidades para la ciencia. Se puede comparar con los descubrimientos geográficos que abrieron la mente de los europeos para aceptar ideas nuevas.

“La importancia de la teoría celular en biología se ha comparado con la de la teoría atómica en química y física. Al igual que el átomo es la unidad básica de la materia, la célula es la unidad básica de la vida. El trabajo de base para la formulación de la teoría celular se remonta a 1665, cuando Robert Hooke descubrió la célula en una lámina de corcho. Diez años más tarde. Antoine van Leeuwenhoek observó organismos unicelulares vivos al microscopio con sus lentes pulidas a mano capaces de aumentar la imagen 275 veces. Pasaron más de 160 años hasta que dos amigos alemanes. Schleiden y Schwann, se intercambiaron las notas de sus investigaciones celulares durante una sobremesa”. (Michael C. Gerald y Gloria E. Gerald, 2017, El libro de la Biología, India, Editorial Librero, p. 168).

Paul de Kruif en su libro los cazadores de microbios menciona que el comerciante de telas holandés es el primer cazador de microbios: “Hace doscientos años que un tal Leeuwenhoek fue el primero en asomarse a un mundo nuevo, poblado de millares de especies diferentes de seres pequeñísimos, ya feroces y aún mortíferos, ya útiles, solícitos y hasta indispensables para muchos ramos de la industria, que enriquece al hombre; un mundo cuyo conocimiento es, en definitiva, más importante para el verdadero bienestar de la estirpe humana que cualquier continente o archipiélago que aquél holandés hubiera podido descubrir” (Paul de Kruif, 1999, Los cazadores de microbios, México, Editorial Nuevo talento, pág. 7)

En el siglo XVII no había microscopios se utilizaban lupas y la combinación de lupas fue lo que permitió al holandés una ampliación mayor en sus observaciones.

Leeuwenhoek observó: agua estancada, semen, las escamas de su propia piel, su excremento, la lana de las ovejas, los pelos de castor y de liebre, los ojos de buey (en el que descubrió las maravillas del cristalino) disecaba moscas y observó

la masa encefálica de la mosca en su microscopio. Observó pulgas, piojos, aguijones de abejas, escarabajos etcétera.

Durante 20 años desarrolló su curiosidad en ese mundo hasta antes de conocer observando todo lo que podía. Se dedicó a tallar lentes y de cierta forma revolucionó la microscopía, pero no pudo explicar el mundo que descubrió porque no tenía el marco teórico adecuado para entenderlo. *La observación se guía por la teoría y los hallazgos que hizo el holandés fueron determinantes para que dos siglos más tardes se construyera la teoría celular.* En esa época los hombres de ciencia sabían latín, el holandés no hablaba latín y cuando La Real Sociedad le pidió que compartiera sus descubrimientos. Lo hizo en forma muy sencilla, los hombres de ciencia quedaron impactados. El Secretario de la Real Sociedad dio las gracias al mercader de telas y le solicitó, que siguiera compartiendo sus descubrimientos y así lo hizo, durante 50 años, envió sus dibujos e ilustraciones.

En busca de la estructura fundamental de los sistemas biológicos. Unidad de los seres vivos.

La microscopía siguió desarrollándose, debido al interés que despertaron las observaciones de Hooke y Leeuwenhoek. A partir de la segunda mitad del siglo XVII también es posible distinguir dos líneas de desarrollo en los microscopios compuestos: Una en Italia, donde los microscopios eran de pequeño tamaño, hechos de madera torneada y latón. Otra, en Inglaterra, con instrumentos de mayor tamaño construido de madera, cartón y cuero.

El británico John Marshall propuso cambios en la microscopía, utilizó un tornillo de cremallera que se utilizaba para enfocar, más tarde George Adams introdujo el revólver, la primera estructura que presentó lentes como objetivos con diferentes aumentos. Posteriormente se fue corrigiendo la aberración esférica cuando se propuso un diafragma.

En busca del concepto de vida. Albarracín Teulón, nos dice: "El concepto de vida surgió como una inducción intuitiva en un estadio relativamente primitivo de la evolución del pensamiento consciente. A través de datos de inducción precientíficos se observaron comportamientos compartidos por una amplia serie de objetos, a la par que se comprendía el sentido unitario que la persona posee de su propia vitalidad independiente, que pronto se trasladó, ya por vía científica a los restantes seres, transformándose en conceptos formales: seres animados frente a seres inanimados y, un paso más, entre los primeros los vegetales, los animales inmóviles, los animales móviles y el hombre". (Teulón, pág. 15).

Como mencionamos antes, durante la Edad Media surgió una concepción filosófica llamada vitalismo, esta corriente se extendió hasta el siglo XIX y consideraba que una fuerza específica generaba la vida y sus fenómenos,



Albarracín Teulón señala varios ejemplos que utilizaron los hombres de ciencia para explicar el fenómeno vital. “Es evidente en el siglo XVIII. Una serie de nociones –la sustancia albuminoidea de Trembley, la materia formativa de Wolff, la mera gelatina de Otto Fritz Muller, la materia líquida o semilíquida, el Serum plasticum de Boerhaave –abocan coincidentemente en la idea de tal sustancia, en función de determinadas propiedades naturales, posee la capacidad de formar estructuras. La tradición prosigue en el siglo XIX a través del tejido celular y la materia mucosa de Rudolphi y el mucílago primordial de Oken”. (Albarracín Teulón, pág.16)



Teoría fibrilar y globular

De hecho la teoría fibrilar y después la globular (en sus dos versiones: globular genetista y globular genuina se convirtieron después del término de célula de Hooke en las primeras formas de explicar la unidad de los sistemas biológicos. Resumiendo: Hooke acuñó el término de célula y después fueron fibras, después utrículos y más tarde glóbulos hasta llegar al siglo XIX en el que se rescató el término de célula.

“A finales del siglo XVII, y bajo el dominio universal de la teoría de la fibra. Malphigio había señalado la existencia de unos utriculi seu sacculi en la estructura vegetal, a los que Greew describió como vesículas o vejigas pero sin utilizar la palabra de célula como suele decirse, atribuyéndoles haberla tomado de Hooke. El siglo XVIII heredó y transmitió el tema. Independientemente de su atenimiento a la doctrina de la fibra, los biólogos ilustrados se encuentran con dos interpretaciones de lo que entonces se denominan vesículas o vejigas: o bien son un ente real, o bien un mero intersticio o cavidad hueca. Para Haller, por ejemplo son intersticios cavernosos o alveolares en una malla tridimensional de firmas. Así, el tejido celular es tejido ateolar y sus células ateolas o cámaras. Para Wolff se trataría más bien de vesículas a las que a veces denomina poros. *Klein ha demostrado que a finales de este siglo y sin conocimiento de la obra de Hooke, dos autores hoy olvidados reinventaron el término de célula Stefano G. Gallini, de Padua, y Jakob Fidelis Ackermann, profesor de Anatomía y de Botánica en Mainz.* Ambos sostienen en sus escritos que los cuerpos de los animales están compuestos por células delimitadas por membranas”. (Albarracín Teulón, pág. 21).

De Robertis resume así las aportaciones que hicieron los naturalistas al estudio de la célula: El nombre de célula del (griego kytos, skopien, ver). El nombre de célula (del griego kytos, célula, y del latín cella, espacio vacío fue empleado por primera vez por Robert Hooke (1655) para describir sus investigaciones sobre “la textura

del corcho por medio de lentes de aumento”. En estas observaciones, repetidas por Grew y Malpighi en diversos vegetales, se examinaron solamente las cavidades (“utrículos o vesículas”) de la pared celular. En el mismo siglo y al comienzo del siguiente, Leeuwenhoek (1674) descubrió células libres, en oposición a las células “empotradas” de Hooke y Grew, y observó cierta organización dentro de ellas, en especial el núcleo de los eritrocitos en algunos animales. Este conocimiento de la célula permaneció estacionario por más de una centuria”. (De Robertis, pág. 4).



Se considera que Malphigi fue el primero de los naturalistas que se interesó por estudiar la estructura interna de los organismos. Si bien el microscopio fue utilizado por Hooke y Leuwenhoek, ambos describieron organismos completos. Malphigi abrió un campo nuevo cuando se interesó por estudiar las funciones de los organismos. Marco Aurelio Severino (1580-1656) dividió órganos para describir su estructura y fue Juan Bautista Odierna (1597- 1660) el que diseccionó un ojo de mosca en cuatro capas. Se estableció con estas investigaciones el camino para descubrir la célula.

Los hombres de ciencia son seres humanos con pasiones e intereses iguales, a los de todos los seres humanos. No son seres iluminados o bendecidos. Pertenecen a un contexto social, económico y político y la historia menciona a científicos que actuaron bajo intereses y descalificaron a hombres de ciencia notables. Swammerdam es un ejemplo de un científico que fue rechazado por su comunidad.

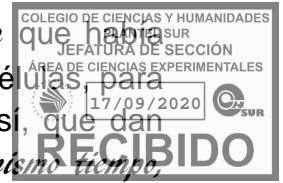
Jan Swammerdam anatomista y zoólogo (1637-1680), de origen holandés, un naturalista y anatomista con muy poca fortuna porque terminó su vida en un hospital psiquiátrico a los 43 años. Su obra fue descalificada por sus contemporáneos porque se atrevió a cuestionar las teorías de Aristóteles. Unas décadas después su obra fue rescatada y se encontró que *describió la estructura interna de un gran número de organismos invertebrados: arañas, insectos, caracoles, escorpiones, peces, gusanos etcétera.*

Paradigma de los glóbulos

Durante el siglo XVIII y XIX los hombres de ciencia siguieron tratando de descifrar ¿cuál era la estructura última de la materia orgánica? *En el siglo XVIII se inicia el paradigma de los glóbulos* que en principio no trata de sustituir la de la estructura fibrilar, sino de explicar el origen de la estructura fibrilar. Parte de los biólogos de los años finales del siglo XVIII comienzan a preguntarse si realmente la fibra es el último elemento formal de los organismos. Desde el siglo XVII, Swammerdam con sus partium globulossarum y granuli globuli, por Malphigio con sus pinguedinis et

adipossi globulli, por Leeuwenhoek con sus glóbulos protusados, y vistos también en el siglo XVIII por Monto, Wolff, Hewson y Fontana.

“Entre los botánicos, es Kurt Sprengel quien reintroduce el término de célula que había acuñado, recuérdese, Hooke, y recuperado Gallini y Ackermann. Las células, para él, son cavidades de formas muy diferentes, en comunicación entre sí, que dan lugar al tejido celular, similar al panal de cera de las abejas. Casi al mismo tiempo, también Brisseau- Mirbel reintroduce el término de célula –sin citar a Hooke considerado como tales, espacios ocupados por un líquido y surgidos en una matriz homogénea en principio.” (Albarracín Teulón, Pág. 22).



En el siglo XIX se hicieron grandes mejoras técnicas al microscopio, agregaron al microscopio compuesto un pequeño diafragma, se utilizaron dos pares de lentes oculares. El mejoramiento de los microscopios jugó un papel muy importante en el desarrollo de las investigaciones realizadas por botánicos y zoólogos

El siglo XIX, es el siglo de las ciencias naturales, la biología se constituye como ciencia con un cuerpo teórico y metodológico propio. En el siglo XVII la física se levanta como la ciencia más importante. Galileo propone la metodología científica moderna y se enfrenta con gran valor a Aristóteles, refutando su teoría acerca del movimiento para fundamentar la teoría copernicana. Galileo vivió todavía el rigor y rechazo de la iglesia y aunque tuvo la fortuna de no ser sacrificado, lo obligaron a renunciar a sus teorías. El siglo XVIII es el siglo de la química con Lavoisier (1743-1794). Harvey en el siglo XVII descubrió la circulación de la sangre, pero Harvey tal vez no se dio cuenta de que había inaugurado un campo magnífico para la ciencia, el de la fisiología, y siguió defendiendo las teorías aristotélicas. *El siglo XIX con las aportaciones de grandes científicos por primera vez encuentra el camino para construir una de los grandes paradigmas de la biología: La teoría celular.*

Fara afirma que: “La biología se estaba convirtiendo en una nueva ciencia (su primera aparición fue en una recóndita nota a pie de página en alemán en 1800), y sus pioneros pretendían dar respuesta a la pregunta más difícil de todas: *¿Cuál es la naturaleza de la vida? En Gran Bretaña, las oposiciones estaban divididas. Según el punto de vista tradicional, la vida surge cuando Dios infunde un alma o un espíritu. En el extremo opuesto se hallaban los materialistas, reduccionistas científicos que sostenían que la vida se halla en la materia misma, que surge de algún modo de una organización de las unidades fundamentales.* Sus ideas parecían más amenazadoras porque se originaban en Francia, un país al que los chauvinistas tenían por una fuente de revolución y ateísmo”. (Fara, p. 380).

La teoría celular se construye en Alemania

“La teoría celular dominó la investigación en Alemania durante la segunda mitad del siglo XIX. Tras varias décadas de investigación sistemática, en las que varias teorías provisionales tuvieron que ser sacrificadas, *los biólogos llegaron a una descripción general que aún hoy sigue vigente: todas las células tienen un núcleo que contiene cromosomas, suspendido en una sustancia gelatinosa: el citoplasma.* Sin embargo, a pesar de que era posible ver estos componentes a través del microscopio, se desconocían sus funciones. Y aunque los animales se desarrollaban a partir de óvulos y espermatozoides para convertirse en embriones formados, los procesos implicados eran un misterio. Los científicos se hallaban aún muy lejos de descubrir los secretos de la vida. (Fara, p. 384).



En el siglo XIX van a ser los botánicos los que tomen la estafeta de los científicos del siglo XVIII para explicar la unidad de los sistemas biológicos

Una vez retomado el término de célula, científicos como Treviranus y Rudolphi se atreven a mencionar que la célula es un ente real, no sólo una cavidad. Los dos científicos hacían mención a la pared celular y consideraban que cada célula podía separarse una de otra sin destruirse. Dos años más tarde lograron separar las células y confirmar que eran entes aislados, pero sus paredes estaban unidas unas a otras. Gottfried Reinhold Treviranus estudió pimpollos de *Ficaria ranunculus* y mostró que las paredes eran dobles. Treviranus las describió como vejiguitas.

Se inicia el concepto de entidad propia y son los botánicos los que hacen aportaciones más importantes al concepto de célula. Los botánicos lograron un gran desarrollo en técnicas histológicas, y en el uso de la microscopía. La primera explicación que hicieron: **la materia viva estaba formada por vesículas organizadas sin conexión entre sí.** Albarracín nos dice que Treviranus describió que las células vegetales tenían paredes dobles: “Luego se consiguió el aislamiento de las células y se comprobó su realidad como entidades singulares por obra de Link (1807-1809) y sobre todo de Moldenhawer en 1812. El primero afirmó taxativamente en 1807 que en lugares donde las células se unen unas a otras se advierte con frecuencia una doble línea, como si existiese un espacio entre las células. **Dos años más tarde concluye que el tejido celular consta de pequeñas vesículas separadas entre sí, pero sus membranas (paredes celulares) se hallan usualmente tan estrechamente adosadas que parece constituir tan solo una simple pared**”. (Albarracín Teulón, pág. 23).

Concepto de tejido.

Bichat describe los tejidos. “Al comienzo del siglo XIX el francés M.F. Bichat (1771-1802) observó que en las diferentes partes del organismo era posible distinguir ciertos elementos de apariencia y textura específica, llegando a describir

veintiuna de esas clases. Asimiló la estructura del cuerpo a una fábrica textil y utilizó la palabra tejido para referirse a esos tipos particulares de estructura. El estudio de las diminutas estructuras de los tejidos acabó denominándose histología, término introducido por Richard Owen en 1844". (Fernández Santarén, pág. 152).



La ciencia progresa, las teorías crecen y los científicos se van acercando a la explicación de un fenómeno.

Dutrochet explica la autonomía de la célula. Una mención especial merece R. H. J. Dutrochet médico, biólogo y fisiólogo francés (1776-1847). Estableció que la célula es una unidad singular autónoma, que se nutre por sí misma. Para muchos científicos el verdadero creador de la teoría celular, es el biólogo francés. Dutrochet, él utilizó el nombre de *glóbulos*. *Es el primer científico en destacar la necesidad de comparar los tejidos de plantas con los de los animales.* El fisiólogo francés no estudió tejidos animales, no logró hacer la comparación, fue Schwann, motivado por Schleiden, el que estableció la comparación entre células vegetales y animales.

Albarracín cita a Dutrochet en su libro “La teoría celular”

“La célula es el órgano secretor por excelencia: segrega en su interior una sustancia que unas veces está destinada a ser llevada fuera por medio de canales excretores, y que otras veces está destinada a quedar en el interior de la célula que le ha segregado y a formar así parte de la economía viviente, en la que juega un papel que le es propio,...*Es preciso que la célula posea cualidades particulares en cada órgano, puesto que segrega allí sustancias diferentes. Y a este respecto, no puede uno dejar de admirar la prodigiosa diversidad de los productos del organismo, diversidad que es mucho mayor todavía en el reino vegetal que en el reino animal* ¡Que variedad en las cualidades físicas y químicas de las sustancias segregadas por las células!... Este órgano (la célula) asombroso por la comparación que puede hacerse de su extrema simplicidad con la extrema diversidad de la naturaleza íntima, es verdaderamente la pieza fundamental del organismo; todo, en efecto, deriva evidentemente de la célula en los tejidos orgánicos de los vegetales, y la observación viene a demostrarnos que lo mismo acaece en los animales”. (Dutrochet, citado en Albarracín Teulón, pág. 28).

Leyendo la cita de Dutrochet, que Albarracín nos comparte lo único que queda es preguntar ¿Por qué Dutrochet no concretó la teoría celular? En realidad fue capaz de delimitar la vida y relacionar las características de plantas y animales, además nos cita funciones propias de las células: excreción y secreción y no sólo eso, también explica que son capaces de actuar y producir sustancias diferentes

(especificidad) de las células de acuerdo a los órganos y organismos. Establece una dialéctica muy clara entre unidad y diversidad. ¿Qué ocurrió con Dutrochet?

Turpin contemporáneo de Dutrochet, botánico e ilustrador (1775-1840) *ilustró* libros de botánica y la obra de Alexander von Humboldt. Turpin *describió que cada una de las vesículas que conforman un tejido, es capaz de reproducirse por sí misma, pero también esas vesículas son capaces de aglomerarse para formar un organismo más complejo.* “La organización de un ser viviente y la de sus órganos en particular no puede explicarse más que en tanto que se sigue paso a paso el desarrollo sucesivo de este ser, desde el primer momento de su formación hasta el de su muerte –método genético-; la base del desarrollo de los seres vivos es una globulina que organizada, se globuliza –un antecedente del blastema originario que tan importante papel va a jugar en los años inmediatos”. (Turpin, citado por Albarracín, Pág. 29).



El siglo XVIII fue un siglo de desarrollo científico en Francia, pero a principios del siglo XIX, fue Alemania la que conquistó este lugar. No es casual que encontremos a científicos alemanes abanderando la construcción de la teoría celular. “Al iniciarse el siglo, cada una de las 18 universidades alemanas existentes poseía todavía la tradicional estructura medieval, con Facultades de Teología, Derecho, Medicina y Fisiología. La finalidad de la educación académica era la formación de teólogos y fieles servidores del Estado. Por regla general los conocimientos científicos sólo se proporcionaban en La Facultad de Filosofía, siendo las enseñanzas experimentales físico-químicas muy poco frecuentes (una de las excepciones era la Universidad de Gotinga, en la que a veces se dictaban lecciones de física completadas con demostraciones)”. (Sánchez Ron, pág. 72).

Poco a poco la situación de la ciencia alemana fue cambiando y en mucho se debe al desarrollo de la anatomía y fisiología. En un principio los hombres de ciencia trabajaban en los hospitales, pero fueron demandando la creación de laboratorios en los que pudieran realizar experimentos. Alemania se convirtió en la vanguardia de la ciencia. *En este contexto Schleiden, Schwann y Virchow construyeron la teoría celular.*

El siglo XIX y la Revolución Industrial. La Revolución Industrial, el proceso que permitió la explotación a gran escala de nuevas fuentes de energía, cambió el mundo y al cambiar el mundo: se incrementó la población en las ciudades, surgieron nuevas clases sociales: obreros y burguesía, Inglaterra aumentó su poderío económico y la industria demandó el desarrollo de la ciencia, para lograr nuevas formas de energía, desarrollo de técnicas, y demanda de materias primas. La relación con la naturaleza cambió y se incrementó el deterioro ambiental.

El siglo XIX es de una riqueza extraordinaria para todas las ciencias, pero particularmente para la biología. Es en este siglo que se constituye la biología como ciencia con un cuerpo teórico y metodológico propio, y la historia natural que era meramente descriptiva va a ser sustituida por la Biología. También en este siglo se refuta la teoría de la generación espontánea y es refutada por las investigaciones de Pasteur. Como consecuencia de la teoría microbiana se crea la medicina científica, Darwin construye la teoría de la evolución y Mendel las leyes de la herencia



En la historia de la ciencia encontramos las aportaciones que hacen los hombres de ciencia en cada etapa y cómo van acercándose a la construcción de una respuesta que explique los fenómenos de la naturaleza. Los griegos prácticamente abordaron todas las áreas del conocimiento y dieron respuestas que probablemente ahora nos parezcan extrañas, pero que en su contexto fueron muy valiosas. Cada solución a una pregunta o cada respuesta que se da a una pregunta, generalmente genera más dudas, el camino no es lineal, pero si influye el contexto científico y metodológico. Ya vimos que para principios del siglo XIX estaba prácticamente todo resuelto para Schleiden y Schwann, ellos son los afortunados capaces de establecer un vínculo en todas las respuestas que habían dado los científicos en torno a la célula, y en integrar todo ese conocimiento para construir un gran paradigma: La teoría celular.

Estudiar el desarrollo histórico de un paradigma, nos ayuda a comprender como los científico van resolviendo sus preguntas en forma específica y de acuerdo al contexto científico y metodológico. Mayr afirma: que el estudio de las controversias científicas nos obliga a revisar el desarrollo histórico de las teorías. “La mayoría de las controversias científicas se extienden por periodos más largos de lo que generalmente se piensa. Aún en nuestros días las controversias tienen una raíz que frecuentemente se remonta tiempo atrás. Son precisamente los estudios históricos de esas controversias los que continuamente contribuyen a la aclaración conceptual y por tanto hacen posible la solución final” (Mayr Ernst en Historia y explicación en Biología de Sergio Martínez y Ana Barahona, 1998, México, F.C.E., pág. 77).

Como hemos mencionado varias veces, el desarrollo de la ciencia es muy complejo y está matizado por factores muy diversos: sociales, económicos, políticos, científicos y metodológicos. En el siglo XIX fueron varios los científicos que fueron resolviendo poco a poco el enigma de la estructura básica de los sistemas biológicos, (célula), teoría con la que se estableció la diferencia entre lo vivo y no vivo. *Raspail, naturalista, químico, fisiólogo y médico (1794-1878), fue capaz de explicar la forma en que la célula toma del medio las sustancias que necesita, y sin saber las características de la membrana celular, construyó una hipótesis que afirmaba que la*

membrana celular seleccionaba los nutrientes que necesita. En Francia lo explicó así: “La célula vegetal al igual que la animal es una especie de laboratorio de tejidos celulares que se organizan y se desarrollan en su seno. Las paredes imperforadas, a juzgar por nuestros instrumentos amplificadores más intensos, tienen la propiedad de tomar por aspiración en el líquido ambiente los elementos necesarios para esta elaboración. Tienen, pues, la propiedad de actuar como una criba, de admitir ciertos materiales y de cerrar el paso a determinados otros, por consiguiente de separar los elementos de ciertas combinaciones para no adoptar de ellas más que una parte.” (Citado por Albarracín, pág. 30). Transcurrirían muchos años antes de que los científicos lograran describir la membrana plasmática porque para hacerlo se necesitaba un microscopio potente que permitiera saber la composición química de la membrana. En el siglo XX, Ruska inventó el microscopio electrónico, desafortunadamente su invento fue plagiado y patentado por Siemens. Este es otro ejemplo más, de que la ciencia es una actividad social y los científicos son seres humanos como lo somos todos. Los estudiantes del CCH deben comprender que los científicos no nacen siendo científicos, se forman en la academia y la investigación, y que ellos, pueden formar parte de la actividad científica; si asumen el reto de estudiar y prepararse para la ciencia.



El camino de Ruska había sido preparado por una serie de inventos y descubrimientos que arbitrariamente pueden ser enumerados desde mediados de 1850: El tubo de Geisler (Geisler 1850), tubo de rayos catódicos (Goldstein 1855), la pantalla fluorescente (Braun 1897) y el efecto concentrante de los campos magnéticos sobre el haz electrónico (Wiechert, 1899, Gorber 1924). Este último fenómeno fue interpretado por Buch, quien hizo un parangón entre una lente de vidrio y una “lente electromagnética”, lo cual dio base a los experimentos de Ruska en la construcción de un microscopio electrónico (ME) (2,4,6,8). Sin embargo, Ruska sufrió un revés en su historia: él presentaría sus hallazgos, junto con su maestro Mex Knoll, en el Craz Colloquium el 4 de junio de 1931. Pero Knoll comentó los detalles técnicos del invento con un amigo suyo, M. Steembeck, quien a su vez lo hizo con Reinhold Rudenberg, jefe de ingenieros de Siemens, quien patentó el ME el 30 de mayo de 1931. No obstante, Ruska es considerado el padre de la microscopia electrónica (2,4). El primer ME comercial, diseñado por Ruska, fue lanzado al mercado por Siemens en 1939. Ello sirvió de estímulo para que otros países se abocaran a esta línea de trabajo y así comenzaron a aparecer prototipos en los Estados Unidos

<https://www.binasss.sa.cr/revistas/rccm/v8n4/art1.pdf>

Brown descubre el núcleo de las células

Para 1830 los naturalistas habían hecho grandes aportaciones al estudio de la unidad de los sistemas biológicos y aunque todavía Schleiden y Schwann, no habían construido la teoría, Robert Brown utilizando un microscopio simple, describió el movimiento browniano, Brown explicó el movimiento aleatorio de partículas que se encuentran en los medios líquidos o en los gases. Además de

sus estudios moleculares, estudió un gran número de ejemplares de plantas fanerógamas y en el desarrollo de sus investigaciones; descubrió el núcleo de las células vegetales. Recordemos que es más fácil observar estructuras vegetales que estructuras animales. Durante el siglo XIX se desarrolló la histología la microscopía.



“La aportación de los zoólogos al conocimiento de la real entidad de las células estuvo en principio limitada por la carencia de técnicas histológicas delicadas, ya que, frente la célula vegetal, el animal carece del cerco celoso que permite reconocer su estructura. Uniósse a ello, quizá con mayor trascendencia, la aparición de la *Anatomie générale* de Bichat que convertía el *tissu* (tejido) en elemento último de la composición orgánica viva, a la par que proclamaba la desconfianza del autor en la utilización del microscopio como medio de investigación”. (Albarracín, pág. 24).

El desarrollo de la microscopía corre paralelo al estudio de las células

Purkinje, anatomista, fisiólogo y botánico checo (1787-1869), realizó estudios en la Universidad de Breslau y después estudió en Praga. “El 1832 logró que la Universidad de Breslau adquiriese un nuevo microscopio acromático, con el que, en unión de su discípulo Valentin, describía en 1835 el movimiento ciliar y el epitelio de varios animales. El genial checo parece haber anticipado, en cierto modo la obra de Schwann, con las referidas descripciones. Afirman algunos autores que la clara mente de Purkinje estuvo más cerca, en algunos aspectos, de una verdadera comprensión de la teoría celular que los propios Schleiden y Schwann. En torno a 1837 había descrito el cuerpo animal como compuesto de líquidos o *enquíma* –incluyendo sangre, plasma y linfa -, fibras en conexión laxa – tendones- y *Korner* o gránulos que eran realmente células animales”. (Albarracín, pág.35). Científicos que hicieron aportaciones al estudio de las células animales: Rudolphi, Heusinger, Weber, Becker, Barruel, Blandin etcétera. En realidad no van a ser zoólogos los que construyan la teoría celular, en Alemania serán los médicos y fisiólogos los que estudien las células animales.

“En el decenio inmediato va a tener lugar el establecimiento definitivo de la primera teoría celular. Johannes Muller, catedrático en Berlín desde 1832, efectúa allí investigaciones microscópicas que seis años más tarde lo llevarían al descubrimiento de la naturaleza celular de la notocuerda de los peces mixinoideos. Entre 1833 y 1840 fue apareciendo su *Handbuch der Physiologie*, en el que expone sus hallazgos e investigaciones histológicas: la analogía entre las células de la notocuerda y las encontradas en los tejidos vegetales, la relación analógica entre las células pigmentadas del ojo, las de tejido graso y la notocuerda; su observación de las células cartilaginosas”. (Albarracín, pag. 36).

Son cientos o quizá miles, los científicos que han hecho aportaciones a los grandes paradigmas de la biología, pero solamente los descubrimos cuando analizamos el desarrollo histórico de las teorías, de otra forma, nos quedamos con los nombres de dos o tres científicos que registran los libros. Lo cierto es que la historia del desarrollo histórico de la teoría celular, es un gran ejemplo de cómo en cada etapa y en cada contexto, los científicos se van acercando a explicar los fenómenos de la naturaleza.



Johannes Muller, fisiólogo y neurólogo alemán, (1801-1858), trabajó con Henle, fue su discípulo y continuando con la obra de Muller trabajó en Berlín y en 1837 publicó un trabajo acerca del epitelio. Todas estas aportaciones prepararon el camino para Schleiden y Schwann.

Fernández Santarén, resume así, los prolegómenos de la teoría celular: *“Para definir la relación-estructura-vida se recurrió a la sustancia albuminoidea de Abraham Trembley (1710-1784), a la gelatina de Otto Fritz Muller, a la materia semilíquida de Albrecht von Haller (1708-1777) o al serum plasticum de Hermann Boerhaave, que fueron consideradas como el resultado de una misteriosa relación entre la primera materia y la vida que daba origen a una estructura común. En el siglo XIX esta interpretación se mantuvo a través de la sustancia mucilaginosa y otras, que llevaron a Christian Gottfried Ehrenberg (1795-1876) y a Félix Dujardin más organizada. ¿Cuál era esa sustancia? La respuesta inicial fue común: la fibra es el elemento último estructural de los tejidos. Pero si la fibra era estructura ¿cómo se hacía vital? Francis Glisson (1597-1677), en 1672, y Albrecht Haller, a mediados del siglo XVIII, dieron su respuesta: la fibra es portadora de la vida merced a la existencia en ella de una fuerza específica, la llamada fuerza vital.”* (Fernández Santarén, pag. 150).

La construcción de la teoría celular

Mathías Jacob Schleiden, nació en 1804 en Hamburgo Alemania, recibió su primera formación en su ciudad natal. En 1824 viajó a Heidelberg para estudiar leyes, se estableció en esa ciudad y desempeñó trabajo como abogado. Su labor como jurista duraría muy poco tiempo, porque en 1831, intentó suicidarse. Después de este problema se fue a estudiar medicina en Gotinga donde tuvo como maestro a F. G. Bartling y fue en esa Universidad en donde se enamoró de la botánica, ciencia a la que dedicaría toda su vida. Posteriormente en Berlín trabajó con su tío Johann Horkel (botánico) y estudió las obras de Humboldt y Robert Brown. En Berlín conoció a Schwann que era ayudante de Muller.

Leer la obra de Brown motivó a Schleiden a describir los núcleos de las células vegetales. Decidió estudiar los núcleos de las células y a partir de 1839 se

estableció en Jena en donde recibió el título de doctor en Filosofía, su pasión por la filosofía y la botánica marcaron el rumbo de su vida y en ese contexto publicó libros acerca de filosofía y botánica. “Pero la obra de Schleiden no era sólo teórica, siquiera su pensamiento al redactarla hubiera rechazado la especulación y naturphilosophische para convertirse en investigación inductiva y analítica, apoyada en la pura experiencia como fundamento del conocimiento científico. Precisamente por ello, en estos años alentó y apoyó la obra de Carl Zeiss que permitió a este la construcción de un taller mecánico en Jena, en el que mejoró y perfeccionó la calidad de sus microscopios. (Albarracín, pág. 38).



La empresa de microscopía Carl Zeiss sigue revolucionando el mundo de la microscopía. “En 1846, Carl Zeiss (1816-1888) fundó en Jena un pequeño taller de instrumentos, buscó la ayuda de un consejero científico y encontró a Abbe. La consecuencia de esta colaboración fue el posterior desarrollo teórico y las soluciones prácticas para la construcción de microscopios de luz de alta resolución. Abbe presentó su teoría en su obra *Beitrag zur Theorie des Mikroskops und der Mikroskopischen Wahrnehmung* (1873) donde enfatizó la diferencia entre resolución y aumento y criticó la práctica de utilizar oculares de altísimo aumento como aumentos vacíos”. (Fernández Santarén, 2016, Los secretos de la vida, México editorial CRÍTICA, pág. 86).

La microscopía se empezó a desarrollar en el siglo XVII, pero como muchas tecnologías, evolucionó en base al ensayo y el error: En párrafos anteriores describimos como Leeuwenhoek se considera uno de los pioneros de la microscopía y él, se basó en los trabajos de Hooke. Pasaron dos siglos más, antes de que la microscopía tuviera sus fundamentos en los estudios de la óptica.

“Abbe y Zeiss establecieron una fructífera cooperación que llevó al establecimiento de un nuevo taller de vidrio en Jena. En 1886 se editó el primer catálogo, que ofrecía 44 nuevos tipos de cristales. Los avances en la fusión del vidrio se producían de forma pareja con la mejora en los métodos de los índices de refracción. Ya no se hacía una óptica de calidad por el método del ensayo y error, sino midiendo las propiedades de los cristales y a partir de ahí calculando los radios requeridos por las lentes”. (Fernández Santarén, pág. 86). Hasta 1913 se creó el microscopio de cabeza binocular, su hallazgo se atribuye a Leitz.

Robert Brown: El descubrimiento del núcleo de la célula

“El núcleo, el orgánulo más grande de la célula, contiene cromosomas y ácido desoxirribonucleico (ADN), y regula el metabolismo celular, la división celular, la expresión genética y la síntesis de proteínas. La envoltura nuclear- una membrana de dos capas que rodea el núcleo separándolo del resto de la célula- se halla junto

al retículo endoplásmico rugoso (RER), que es donde se sintetizan las proteínas”. (Gerald y Gerald, p. 156)

En 1831, año en que Brown hizo su descubrimiento, era un botánico respetado entre 1801 y 1805 se había dedicado a recopilar y describir 3400 especies de plantas durante su estancia en Australia, y luego publicó informes sobre 1200 de ellas. En 1827 anunció que los granos de polen microscópicos (y, más tarde, otras partículas) se movían continua y azarosamente chocando entre sí, a través de un medio líquido o gaseoso. La explicación del movimiento browniano llegó en 1905, cuando Albert Einstein explicó que se debía a las moléculas de agua, que no eran visibles y golpeaban las moléculas de polen visibles”. (Gerald y Gerald, p. 156).



Brown no fue el primero en descubrir el núcleo, probablemente fue Leeuwenhoek. Gerald lo explica así: En la década de 1670, el microscopista holandés fue el primero en observar un mundo hasta entonces desconocido, que incluía fibras musculares, bacterias, células de espermatozoides y el núcleo de un huevo rojo de salmón. La siguiente observación documentada de un núcleo celular la hizo el microscopista y artista botánico austriaco Franz Bauer en 1802. Sin embargo el crédito de ese descubrimiento suele atribuirse al botánico escocés Robert Brown. Estudiando la epidermis (capa externa) de una orquídea. Brown vio un punto opaco que ya estaba ahí en una etapa anterior de la formación del polen, y lo llamó núcleo. Brown describió el aspecto del núcleo por primera vez a sus colegas en una reunión de la Linnean Society of London en 1831, y publicó sus hallazgos dos años más tarde. Tanto Brown como Bauer pensaban que el núcleo en una estructura celular exclusiva de las monocotiledóneas, un grupo de plantas que incluye las orquídeas. *En 1838 el botánico alemán Mathías Schleiden, codescubridor de la teoría celular, fue el primero en reconocer la conexión entre el núcleo y la división celular, y en 1877 Oscar Hertwig demostró la función del núcleo en la fertilización del huevo*”. (Gerald y Gerald, p. 156).

Brown se caracterizó por el detalle y exactitud, pero no fue más allá de los límites de la observación exacta, ni siquiera hizo el intento de teorizar. Los estudios sobre el núcleo fueron completados en 1836 por Jan Evangelista Purkinje y Gabriel Gustav Valentin.

Regresemos a Schleiden, recordemos que se interesó en los estudios que hizo Robert Brown, Robert Brown descubrió los núcleos de las células. Para Schleiden fue muy importante conocer las publicaciones de Brown: Nos detenemos a conocer uno de los párrafos de la obra de Brown: “En cada célula de la epidermis de una gran parte de esta familia, especialmente de aquellas con hojas membranosas, se observa una areola circular simple, por lo general algo más

opaca que la membrana de la célula...Esta areola, o núcleo de la célula, como quizá pueda ser denominado, no se halla confinada en la epidermis, encontrándose también no solamente en la pelusa de la superficie sino en muchos casos en el parénquima o células internas del tejido....El núcleo de la célula no existe sólo en las orquídeas, sino igualmente es evidente en otras muchas familias de cotiledóneas; e incluso lo he encontrado –hasta ahora sin embargo, en muy pocos casos- en la epidermis de plantas dicotiledóneas” (Albarracín, pág. 47).



Probablemente no fue Brown el primero en observar los núcleos de las células, pero si fue el primer científico en destacar su importancia. Schleiden sorprendido por las descripciones de Brown, fue más allá, al suponer que el origen de la célula estaba relacionado con esta estructura, Schleiden lo llamó citoblasto. Realizó observaciones detalladas de células vegetales y en el curso de sus investigaciones describió sustancias como el almidón, el azúcar, el moco y la goma. Estudio embriones de plantas y describió sus formas, color, tamaño y consistencia.

Schleiden describe así las observaciones de las células vegetales “En citoblastos muy grandes, bien desarrollados, por ejemplo, en el albumen recién formado de *Phormium tenax* y *Chamaedorea schiedeana*... se observa, todavía no se evidentemente si en su interior o hundido en sus superficie, un pequeño cuerpo, bien delimitado, que a juzgar por la sombra parece representar un grueso anillo o un glóbulo vacío de paredes gruesas. En los menos desarrollados se observa tan sólo el preciso contorno exterior de este anillo, y en su centro un punto oscuro...En citoblastos todavía menores sólo aparece como una mancha bien circunscrita...O por fin, sólo aparece como un evidente puntito oscuro. En los citoblastos mínimos o efímeros...no he podido aún descubrirlo. En casos muy raros, de modo excepcional y tan sólo allí donde la mayor parte ofrecían un núcleo simple, he encontrado también dos....e incluso tres. (Albarracín, pág. 49).

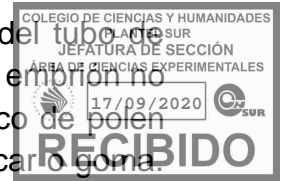
Schleiden también describió la membrana celular, la describió como una masa a la que llamó gelatina y al analizarla, explicó sus características y la describió como una barrera que cubría a la célula. “es en esta masa donde siempre tiene lugar la organización y las formaciones más jóvenes constan de la sustancia clara como el agua perceptible en principio, que por presión representa una masa homogénea, incolora; si está seca, se embebe con agua y se hincha; no se altera en absoluto con la tintura de iodo ni la embebe, sino que al presionar hacia atrás y adelante aparece clara como el agua y es tan totalmente transparente que no puede verse sin un fondo coloreado u opaco. A esta sustancia, presente frecuentemente en las plantas... la llamaré por razones de brevedad gelatina vegetal....Es esta gelatina

la que en virtud de nuevas transformaciones químicas se transforma finalmente en la verdadera membrana celular”. (Albarracín, pág. 50).

Schleiden se dedica a estudiar los sacos embrionarios y el extremo del tubo de polen en que se desarrolla el propio embrión, descubre que el saco de embrión no contiene almidón sino solución de azúcar o goma, en tanto que el saco de polen contiene almidón o moco granuloso que luego se transformará en azúcar o goma. “En los dos lugares mencionados surgen ahora, en la goma, rápidamente, los más arriba mencionados pequeños gránulos de moco *-kleinen Schleimkörnchen-* con cuyo motivo la hasta entonces homogénea solución de goma se enturbia, o incluso se torna opaca con mayor cantidad de gránulos *-granuli-*. Después se observan en esta masa nucleitos *Kernchen* aislados, mayores y más nítidamente dibujados... y de inmediato surgen también los citoblastos que, por así decir, aparecen como coagulaciones granulosas en torno a cada nucleito” (Albarracín, pág. 51).

Continúa así: “Tan pronto como los citoblastos han alcanzado su pleno tamaño, surge en ellos una fina y transparente vesícula; es la célula joven que al comienzo representa un segmento muy raro de esferas, cuya cara plana está formada por el citoblasto y cuya cara convexa la constituye la joven célula, montada sobre aquel como el cristal sobre el reloj.... Paulatinamente se distiende la vesícula y se hace más consistente...y la pared está formada ahora por gelatina, exceptuando al citoblasto, que forma siempre una parte de la pared. Poco a poco crece la célula entera, rebasando el borde del citoblasto y pronto se hace tan grande que al final este último aparece como un pequeño cuerpo incluido en una de las paredes laterales. Sólo con el ulterior y proseguido crecimiento de la célula, y ostensiblemente condicionada por la presión de las situadas a su lado, se hace regular la figura, convirtiéndose frecuentemente en la forma tan bellamente determinada a priori por Kieser, del rombododecaedro--- El citoblasto se halla incluido en la pared celular, en cuya posición sufre todo el proceso vital de la célula por él formada, cuando no es disuelto o absorbido, bien en su mismo lugar, bien en la cavidad celular cuando, por así decir, ha sido eliminado como miembro inútil, en aquellas células destinadas a superior desarrollo”. (Albarracín, pág.51).

Sus conclusiones enfrentan a naturalistas como Meyen que afirmaban que la célula se formaba a partir de fibras espirales. Schleiden publica sus resultados y afirma: *“es una ley totalmente categórica que toda célula (con la provisional exclusión del cambium) aparece como una vesícula -Blaschen- diminuta, y sólo paulatinamente se distiende hasta alcanzar el tamaño que muestra un estado evolucionado; es finalmente resultado constante de una investigación ampliada de este proceso de formación espiral”*. (Albarracín, pág.52).



Con base en sus investigaciones, Schleiden se dedicó a estudiar el crecimiento de las plantas y llegó a la conclusión de que las plantas crecen cuando se desarrollan y se expanden las células; publicó sus conclusiones así:

1. La planta crece formando el número de células que le es pertinente.
2. La planta se desarrolla por la expansión y evolución de las células que la constituyen. “Este fenómeno es especialmente peculiar de la planta, ya que al tener como base la composición celular de la misma, ni de forma remota puede presentarse ni en los cristales ni en los animales”.
3. Las paredes de las células ya desarrolladas se espesan por nuevo sedimento de capas. (Albarracín, pág. 54).

La obra de Schleiden fue muy minuciosa, se dedicó a estudiar los núcleos de las células vegetales, describió los núcleos y no sólo eso, sino la función que realizan y su relación con el origen de las células. Describió también el crecimiento de las plantas que dependía del origen y crecimiento de las células. Estableció las diferencias entre los órganos de las plantas y dedujo que todos ellos están formados por células. Después de estudiar los órganos de las plantas construyó su teoría:

Teoría de Schleiden

1. La célula vegetal es la unidad elemental constitutiva de la estructura de la planta.
2. La célula se origina en una gelatina compleja, a través de un proceso que se inicia con la aparición en ella de los nucléolos; en torno a éstos surgen los nucléolos o citoblastos; sobre estos la aparición de una tenue vesícula que va creciendo paulatinamente, da lugar a la célula adulta.
3. El proceso de crecimiento de la planta estriba en la multiplicación de las células dentro de otras células, salvo en los órganos leñosos en los que la coagulación de un líquido da lugar a la formación súbita del tejido celular.
4. El status celular. La opinión de Schleiden es tajante: “puesto que las células orgánicas elementales presentan una marcada individualización, y puesto que son la expresión más general del concepto de la planta, es necesario ante todo estudiar esta célula como el fundamento del mundo vegetal”. (Albarracín, pag. 56)

La obra de Schleiden expresa su rechazo al vitalismo ¿de qué forma podía explicar con tanto detalle el origen de la vida de las plantas sin caer en un rechazo a las concepciones vitalistas que predominaban todavía en el siglo XIX? Para



Schleiden la investigación y el avance científico depende de la observación y la experimentación.

Las teorías crecen, las teorías se construyen con base a otras teorías

Faltaba describir la célula en los tejidos animales y esto se logró cuando Schleiden fue buscado por un médico al que se le considera el padre de la patología. Theodor Schwann también discípulo de Muller, un joven científico, médico y patólogo.



Johannes Muller (1801-1858), maestro de una generación notable de científicos: Theodor Schwann, Elin du Bois- Reymond, Ernst Bricke, Carl Ludwig. Rudolf Virchow, Jajob Henle y Hermann von Helmholtz, Fue un gran maestro de fisiología, pero nunca abandonó sus concepciones vitalistas. Evidentemente había una incongruencia entre su trabajo experimental, y sus ideas acerca del origen de los fenómenos.

Schwann, discípulo de Muller, no era zoólogo, era médico y fisiólogo. La medicina y la fisiología jugaron un papel determinante en el desarrollo de la ciencia y específicamente en la construcción de la teoría celular. Sánchez Ron, nos dice: A comienzos del siglo XIX, la fisiología no existía como disciplina independiente; se encontraba firmemente unida a la anatomía, lo que implicaba que las funciones vitales no fueran explicadas, si acaso localizadas. La anatomía por sí misma no puede explicar las funciones de los órganos, la fisiología requiere del experimento y por eso encontramos en el siglo XIX una intención permanente de reivindicar el método experimental. Los científicos se enfrentaban a sus propias concepciones porque el vitalismo no podía sustentar la ciencia experimental y un gran número de hombres de ciencia, todavía defendían las concepciones vitalistas.

“Aquellos que combatían los principios vitalistas buscaban dar a la medicina una base científica, demostrando, entre otras cosas, que las enfermedades no eran nada más que desviaciones de los procesos fisiológicos normales. Convencidos de que tales procesos obedecían a leyes deterministas de la naturaleza, argumentaban que la medicina, la verdadera medicina, estos es, *la medicina científica*, debería encaminarse a determinar cómo se comportaban los cuerpos, sujetos a tales leyes bajo condiciones alteradas. Así en sus declaraciones programáticas, estos científicos (médicos, con frecuencia, pero no sólo médicos) hacían hincapié en la utilización de experimentos fisiológicos, anatomía patológica, microscopía, química, física y, por supuesto observaciones clínicas, como las herramientas básicas para analizar las funciones corporales y la aparición de enfermedades”. (Sánchez Ron, págs., 213-214)

La obra de Schwann

Theodor Schwann nació en Neuss am Rhein el 7 de diciembre de 1810, nació en el contexto de una familia muy religiosa, sus padres pensaban que se dedicaría a la iglesia, pero se inclinó por estudiar medicina. Estudió la carrera de medicina en Bonn de 1829 a 1831 y se convirtió en discípulo de Johaness Muller (profesor de fisiología). Cuando Muller fue designado maestro de fisiología y anatomía en Berlín, Schwann lo siguió, y concluyó en Berlín sus estudios de medicina. Muy pronto se desempeñó como ayudante de Muller. Schwann que era profundamente religioso, abandonó sus ideas religiosas durante su práctica profesional y adoptó la concepción mecanicista que defendía la observación y experimentación. Dejó atrás la especulación que utilizaban los *Naturphilosophie* y aceptó la *Naturwissenschaft*. En la concepción mecanicista se aplicaban las matemáticas al estudio de la naturaleza. Schwann estudiaba la contracción muscular y experimentaba utilizando variables distintas.



Albarracín explica que desde su llegada a Berlín, Schwann se aplica por introducir el método científico natural en fisiología: frente a *la fuerza vital*, frente a la *energía propia* de cada órgano o tejido, trata de entender las propiedades físicas y químicas de los fenómenos vitales. Así en la tracción muscular, en la digestión y en los procesos fermentativos.

En Botánica, el conocimiento de que los vegetales están compuestos de células ha permitido deducir la noción de la vida individual de aquellas, y en consecuencia la negación de una fuerza vital común a toda la planta. Por el contrario, la opinión general admite que el crecimiento de los animales, difiere esencialmente del de los vegetales; la presencia de vasos sanguíneos caracteriza a los animales, se piensa, y diferencia tal crecimiento del propio de las plantas. El mismo Johannes Muller admitía la idea de este crecimiento vascular de los tejidos animales, y la idea de una unidad de desarrollo de los organismos no lo seducía. (Albarracín, pág. 62).

Albarracín continúa así:

La mente racionalista de Schwann, que intenta demostrar la falta de rigor de la fuerza vital, se esfuerza por encontrar racionalmente la esencia de esta unidad de desarrollo en todos los seres vivos. Una sugestión de Schleiden va a facilitarle la clave.” (Albarracín, pág. 62).

“Por la misma época lleva a cabo sus trabajos sobre la pepsina, la fermentación alcohólica y el ciclo vital de la levadura. Se hace cada vez más evidente para él la necesidad de sustituir la doctrina de las fuerzas vitales por la de la unidad cartesiana de las fuerzas naturales. Florkin ha estudiado muy bien el fundamento último de lo que pronto sería la teoría celular Schwanniana: la tendencia de nuestro

citólogo a introducir un modo más exacto de explicación que el usual en términos de la *fuera vital*. La teoría celular escribe -Florkin- prolongaba, en el terreno biológico el viejo debate sobre la continuidad y discontinuidad en la *naturaleza*” (Albarracín, pág. 59).

Teoría de Schwann

Convencido de que las células animales tenían semejanza con las de los animales, Schwann buscó encontrarse con Schleiden para mostrarle los núcleos de las células del cordón dorsal. Lo invitó al anfiteatro de anatomía y el botánico aceptó la hipótesis de Schwann, que afirmaba la semejanza entre las células vegetales y las animales: “Schwann emprendió entonces una investigación sistemática de todos los tejidos animales y en 1839 publicó sus *Investigaciones microscópicas sobre la concordancia de la estructura y el crecimiento de los animales y plantas*. El título ya indica que había alcanzado su objetivo. Se ha derrumbado una pared divisoria fundamental entre el reino animal y el vegetal, la diferencia de su estructura, proclamó Schwann. Igualmente afirmó la inexistencia de una *fuera vital* como rectora de los procesos fisiológicos” (Fernández Santarén, pág. 154).

Estudió también al óvulo y sugirió que todos los tipos de huevos eran células, además afirmó que el desarrollo del huevo ocurría por la división de sus células. Estudió el huevo de la gallina y explicó que el huevo era parte de un desarrollo embrionario. Más tarde se dedicó a estudiar tejidos adultos y los clasificó en cinco tipos:

Clasificación de Schwann

- 1) Tejidos en los que las células son independientes, asiladas y separadas como en la sangre.
- 2) Tejidos en los que las células son independientes, pero están juntas, como en la piel.
- 3) Tejidos en los que las células tienen paredes bien definidas que se han fusionado en mayor o menor medida, como el cartílago, los dientes y los huesos.
- 4) Tejidos en los que las células están elongadas en fibras, como los tendones, ligamentos y fibras nerviosas.
- 5) Tejidos a los que Schwann consideró como generados por la coalescencia de las paredes y cavidades de las células (músculos y nervios).

Albarracín resume así la obra de Schwann: “Constituyen la misma tres partes bien diferenciadas. La primera sobre la estructura y el crecimiento de la *chorda dorsal* y



del cartílago- está consagrada al estudio microscópico de la cuerda dorsal en las larvas de la rana así como del cartílago. En aquella describe su estructura, compuesta de células poliédricas conteniendo en su interior o en la superficie de su pared una formación que se corresponde con el citoblasto descubierto por Brown y descrito por Schleiden. También el cartílago se corresponde en su estructura con los tejidos vegetales y, lo que es más importante, cree haber descubierto en una y otro la formación de nuevas células a partir de núcleos y en torno a los mismos. Una conclusión se impone: las células de la cuerda dorsal y del cartílago derivan de estructuras idénticas a las de las células vegetales con núcleo, membrana y vacuola. Algo más: los fenómenos a cuyo través se expresa la actividad de las fuerzas existentes en sus células, a saber, la nutrición y el crecimiento, acontecen de modo análogo o similar en animales y vegetales". (Albarracín, págs. 64-65).



Schwann concluye así: en que, alrededor de un pequeño corpúsculo surgido en primer lugar (el corpúsculo nuclear), se deposita primeramente una capa (el núcleo); más tarde, en torno a éste una segunda capa (la sustancia celular). Las capas singulares crecen por incorporación de nuevas moléculas entre las existentes, por intususcepción, cumpliéndose la ley de que la sedimentación es más intensa en la parte externa de cada capa que en la interior. En virtud de esta ley, con frecuencia sólo se condensa de cada capa su parte externa en una membrana (membrana del núcleo y membrana de la célula)... Cuando los corpúsculos nucleares son huecos, como ocurre según Schleiden en casos particulares en las plantas, quizá tenga lugar un triple proceso de formación de capas, de modo que la membrana celular es la tercera, el núcleo la segunda y el corpúsculo nuclear la primera. En las células anucleadas sólo tiene lugar, quizá, una simple formación de capas alrededor de un corpúsculo infinitamente pequeño" (Schwann, citado en Albarracín, pág. 73).

En resumen, Schleiden, Schwann y más tarde Virchow construyeron la teoría celular. Schleiden botánico y Schwann médico. Alemania fue el país que aportó a la ciencia la construcción de la teoría celular y con este paradigma se construyó el concepto de unidad de los sistemas biológicos. Se estableció el primer paradigma de la Biología.

Faltaba el postulado de Virchow: Origen de la célula. Una célula proviene de otra célula

Postulados de la teoría celular

En 1838 el botánico Mathias Schleiden propuso que todos los componentes estructurales de las plantas están compuestos de células, y al año siguiente el zoólogo Theodor Schwann llegó a una conclusión parecida con respecto a los

animales. Su teoría de la célula original constaba de tres preceptos (los dos primeros propuestos por Schleiden y Schwann, y el tercero añadido por Rudolf Virchow en 1855): *todos los organismos vivos se componen de células; la célula es la unidad básica de la estructura y el funcionamiento de todos los organismos vivos; y todas las células surgen de otras células preexistentes. Aunque los tres preceptos persisten, los siguientes mejoran y amplían la teoría: las células contienen información hereditaria (ADN), que se transmite de otra durante la división; la composición química de todas las células en una especie determinada es básicamente la misma; y el flujo de energía (metabolismo y bioquímica) tiene lugar dentro de las células.*



A diferencia de Schleiden, Schwann y Virchow siguieron empujando los límites de la ciencia y la medicina. Schwann descubrió la vaina que envuelve las fibras nerviosas (células de Schwann), aisló la pepsina –una enzima estomacal que descompone las proteínas- y acuñó el término metabolismo para los cambios químicos en los tejidos vivos. Virchow fue un pionero de la patología moderna, promovió el uso del microscopio y los procedimientos estandarizados en las autopsias, y también fundó el campo de la medicina social, cuyo objetivo es comprender cómo los factores sociales y económicos influyen en la salud. (Michael C. Gerald y Gloria E. Gerald, 2017, El libro de la Biología, India, Editorial Librero, p. 168).

Schwann se convirtió en un abanderado de la ciencia experimental y detractor del vitalismo, no fue fácil para él, que sus investigaciones fueran aceptadas, algunos científicos rechazaron sus propuestas. El primero en rechazar su obra fue Johannes Muller, su adhesión al vitalismo lo hizo rechazar los trabajos de su discípulo, pero posteriormente los aceptó, aunque bajo los principios del vitalismo. La teoría formulada por Schleiden y Schwann empezó a conocerse y finalmente fue aceptada por científicos como Valentin que en un principio quiso adjudicarse las primicias de la teoría, finalmente terminó aceptando el valor de las investigaciones de Schwann. Texto citado en Albarracín. La cita corresponde a (Braunschweig, 1842) “Para no faltar a la verdad es preciso reconocer que Valentin, pese a su disputa con Schwann, reconoció de inmediato el valor de los trabajos de éste: la obra de Schwann es una de las adquisiciones más importantes de la literatura de los tiempos actuales. Este volumen representa la aplicación de la teoría celular apoyada en numerosísimas observaciones de la histología normal... La histogenia se ha beneficiado de un progreso esencial con el reconocimiento del hecho de que las mismas leyes concursan en la formación de los tejidos animales y de los tejidos vegetales, y que también existen allí células con núcleos o nuclei o citoblastos y nucléolos. Y poco después: debemos a la investigación por Schwann el reconocimiento completo de las leyes generales de la formación celular como principio morfológico de la histogenia animal. Se

deduce de ello una concepción más general de los tejidos animales, análoga a la doctrina de la metamorfosis vegetal. (Albarracín, pág. 97).

Además de Schleiden y Schwann se menciona otro científico que aporta otra concepción de célula un poco más desarrollada, que la de los científicos antes mencionados:



Schleiden describió a la célula como una vesícula rodeada por una pared de celulosa que en el interior contenía una sustancia semilíquida y nitrogenada con un citoblasto o núcleo.

Schwann, también considera a la célula como una cavidad rodeada por una membrana, describió los núcleos y los nucléolos.

Para **Henle** la célula es una vesícula que consta de una membrana muy fina dentro de la cual se observa un líquido granuloso, en su pared, se encuentra el núcleo de la célula dentro del cual se observan uno o dos nucléolos.

Faltaba un camino muy largo por recorrer para describir a la célula, pero pasarían varias décadas antes de que se lograra establecer la diferencia entre células vegetales y animales. La pared celular que solo se encuentra en las células vegetales, pero no en las células animales y lo más importante ¿Cómo se originan las células? ¿Cómo se reproducen las células? Lo importante de las investigaciones de *Schwann, Schleiden y Henle, es que lograron construir una teoría celular, a partir de la cual, se explicó la diferencia entre lo vivo y no vivo y se estableció el concepto de unidad biológica. La teoría celular fue el primer paradigma de la Biología, que marcó un antes y un después, en el estudio de los sistemas biológicos.*

Rudolph Virchow médico, anatomista y político resuelve el problema del origen de la célula y construye el tercer postulado: *Una célula proviene de otra célula* “A partir de 1845 Virchow llega al convencimiento de que las células son los centros de todos los procesos vitales, las entidades finales en las que un organismo puede ser analizado antes de que los elementos separados pierdan las propiedades características del todo. Ahora bien; nuestro autor vive en estos años sumergido en la lucha social, participa ideológicamente en la Revolución de 1848 y ello va a dar lugar a que sus teorías biológicas trasciendan la propia ciencia y se asocien con sus ideas políticas, robusteciéndose mutuamente”. (Albarracín, pág. 244)

Albarracín afirma que no es extraño que desde las primeras páginas de su *Cellular Pathologie* considere las formaciones más superiores, la planta, el animal, como la suma progresiva de un número mayor o menor de células semejantes o diferentes y de inmediato declare que cada animal representa una suma de

unidades vitales, cada una de las cuales lleva en sí misma el carácter total de la vida". (Albarracín, pág. 244).

En lo anterior se vio influenciado por muchos otros trabajos; entre ellos por las observaciones de John Goodsir de Edinburg y por las investigaciones de Robert Remak, un neuroanatomista y embriólogo alemán, quien en 1852 fue uno de los primeros en señalar que la multiplicación de células para formar tejidos está acompañada de división celular. En ese año Remak concluyó que también en los tejidos enfermos las nuevas células provienen de células ya existentes.

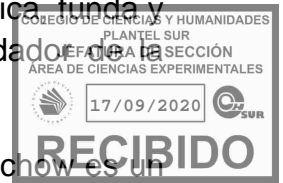


En la década de 1930, Matthias Schleiden (1804-1881) y Theodor Schwann (1810-1882) continuaron la búsqueda de respuestas acerca de qué caracteriza a "la vida" tomando como modelo a las plantas. Sus investigaciones definieron un marco general para el estudio del mundo natural y el funcionamiento general de las células. Sobre la base de todas estas investigaciones, en 1855 se estableció un principio que resultaría central para la biología. Dos investigadores alemanes, *Robert Remark (1815-1865)* y *Rudolph Virchow (1821-1902)*, formularon la siguiente afirmación: *toda célula procede de otra célula*. "Donde existe una célula debe haber habido una célula preexistente, así como un animal surge solamente de un animal y una planta surge sólo de una planta. A través de toda la serie de formas vivas, ya sean organismos animales o vegetales enteros, o sus partes componentes, gobierna una ley de desarrollo continuo".

<http://www.curtisbiologia.com/p1855>

Rudolf Ludwig Carl Virchow (1821-1902), médico y político alemán, considerado el fundador de la patología celular. ... En 1839 marchó a Berlín, donde inició el estudio de la medicina como discípulo de la "Pepinière" y se graduó en 1843. Pronto destacó por sus dotes de investigador. Estudió medicina en Berlín de 1839 a 1843. Se considera el fundador de la patología celular. La teoría celular le debe uno de los terceros postulados: el origen de la célula: *Omnis cellulae*. Las células se originan de células pre-existentes. Para llegar a esa teoría Virchow estudió la división celular. Virchow también fue discípulo de Johannes Muller. Tal vez una de sus facetas más interesantes fue la de su actividad política. Virchow no sólo fue médico y patólogo también fue político. En 1847 estalló una epidemia en Alemania y Virchow formó parte de los epidemiólogos y en el contexto de esa situación de salud, se da cuenta que el principal problema es de origen social. En forma muy valiente critica al estado y a la burocracia por abandonar la salud de la población. Afirma que solo una verdadera democracia podrá salvar a los obreros y recomienda que se establezcan apoyos para la salud y la educación. El gobierno lo rechaza y se ve obligado a salir de Berlín. Se refugia en la Universidad de Wurzburg, ciudad en la que trabaja durante siete años, en los que se dedica a la

Anatomía patológica, en el terreno de la investigación. En este periodo realiza las investigaciones que lo llevaron a proponer que una célula se origina de otra célula. En 1856 regresa a Berlín y se dedica a la cátedra de Anatomía patológica, funda y dirige el *Pathologisches Institut*, por eso se le reconoce como el fundador de la patología.



A propósito de la actividad política de Virchow, Para Sánchez Ron, Virchow es un verdadero ejemplo de las relaciones entre ciencia y poder político: “Sin el conocimiento científico ninguna acción política podría haber tenido el éxito que finalmente se consiguió. Aunque por ejemplo, la alimentación y la higiene mejorasen, algo que, como es bien sabido, no siempre sucedió (el crecimiento de las ciudades-en las que, cierto es, se introdujeron mejoras tan necesarias como el alcantarillado- y las condiciones de trabajo y de vivienda para las clases trabajadoras no siempre- o rara vez- fueron ejemplares), para luchar por el éxito contra enfermedades y epidemias- era necesario conocer las causas de estos males. Lo que se fue consiguiendo-no sin problemas y retrasos- a lo largo del siglo XIX y primeras décadas del veinte. Gracias a avances de la fisiología, microbiología o patología. (Sánchez Ron, 2007, El poder de la ciencia, Barcelona España, Editorial CRÍTICA, pág. 208)

En 1858, publica trabajos y artículos científicos en dos grandes obras: *Die Cellularpathologie in ihrer Begründung auf physiologische and pathologische Gewebelehre* y unos años más tarde *Die krankhaften Geschwulste*.

“Al trasladarse a Wurzburg continuó sus investigaciones. En un nuevo artículo repite su tesis de que la aparición de los núcleos en los espacios de incubación del cáncer se explica por su formación endógena en el blastema, dentro de la célula. Viene luego un largo periodo en el que Virchow se enfrenta con el estudio de los canceroides y tumores papilares, miosarcomas, neuromas, así como la ortiogénesis patológica. Tales estudios le llevaron a la idea de que el tejido conjuntivo es la sede germinal más esencial de las neoformaciones heteroplásticas. Pero todavía en 1852 sigue creyendo que este tejido procede del blastema. Su dedicación simultánea al estudio de la tuberculosis le condujo, por otra parte, en estos años de Wurzburg a demostrar que los corpúsculos tuberculosos de Gluge y Lebert no eran nuevas células que surgieran de cualquier blastema sino productos finales, células degeneradas, de un proceso que se iniciaba con una hipertrofia del tejido conjuntivo, por la formación endógena de numerosos núcleos celulares al que seguía luego una degeneración caseosa con atrofia y desecación. (Albarracín, págs. 194-195).

Con base a sus investigaciones de las células cancerosas, Virchow llega a la conclusión de que la vida es en esencia actividad celular. Albarracín lo explica así:

“Llegamos, con Virchow, a una conclusión: la unidad material de la vida es la célula; en ésta, concebida como centro y hogar, se manifiesta la vida, entendida como la suma de actividades que poseen en común las células. Así lo muestran desde ahora, sus trabajos publicados de 1852 a 1858”. (Albarracín, pag. 200)

Para Virchow la suma de la vida de las células, es lo que representa la vida de un organismo. *Las células nos dice Virchow, son unidades independientes y autónomas, pero forman a los organismos y determinan las funciones del mismo, como ejemplo, menciona que la nutrición de un organismo depende de la nutrición de sus células, así como la secreción, contracción y conducción.*

Un gran número de científicos se dedicaron a investigar la división celular para explicar el origen de las células, entre ellos destaca: Ehrenberg, Barry, Valentin, Nageli. Von Baer, éste último destacó porque hizo una descripción muy clara y completa, Von Baer trabajó con huevos de erizo. “un decenio más tarde, también Virchow consideró que los núcleos se dividen originariamente por un proceso de constricción y con mirada igualmente atenta y afinada. Gegenbaur observó así mismo de inmediato algún proceso de mutliplicación nuclear en la segmentación del huevo de *Saggíta*. Sin captar los detalles del proceso, señaló un estadio en que el núcleo aparecía alargado en una gran extensión, e incluso constreñido en algunas ocasiones. Schlutze, acuñador de sentencias ofrecería otra al respecto: El núcleo y también el protoplasma, son productos de división de los mismos componentes de otra célula”. (Albarracín, pág. 217).

Es apasionante el estudio del desarrollo histórico de la teoría celular, son cientos de investigaciones las que se generaron a partir de la construcción de la teoría. Durante el siglo XIX el ambiente de la investigación fue muy rico y productivo. Como mencionamos antes; Schleiden y Schwann lograron establecer la unidad anatómica y fisiológica de plantas y animales, pero quedaba mucho por explicar, Virchow con sus investigaciones y basado en las aportaciones de varios de sus contemporáneos, logra establecer el tercer postulado de la teoría celular: Unidad de origen: una célula proviene de otra célula, con este postulado estableció la división celular como el fenómeno central en la reproducción de los organismos. La vida y obra de Virchow es muy interesante, no sólo fue un científico destacado también utilizó su formación para proponer medidas adecuadas para la población. Como mencionamos antes, Virchow fue un político comprometido y responsable. Fue capaz de enfrentar al estado y demandar mejores condiciones para los obreros.

Para Sánchez Ron, Virchow fue mucho más lejos que Schwann: “En realidad Virchow fue mucho más lejos que Schwann, constituyéndose en el *auténtico padre de la teoría celular*. El lugar en el que presentó de manera completa sus ideas y



resultados es uno de los grandes libros del siglo XIX: *Die Cellularpathologie in ihrer begründung auf physiologische und pathologische gewebelehre* (La patología celular basada en la histología fisiológica y patológica) de 1858, un clásico de la literatura médica y, en general, científica. Nadie antes que Virchow había defendido con tanta fuerza, y apoyándose en todo tipo de hechos, el papel central de la unidad celular en la vida”. (Sánchez Ron, pág. 231).



Sánchez Ron cita a Virchow. “Al igual que un árbol, constituye una masa dispuesta de una manera definida en la que, en todas sus distintas partes, en las hojas al igual que en las raíces, en el tronco al igual que en los brotes, se descubre que las células son los elementos últimos, así ocurre en todas las formas de vida animal. *Todo animal se presenta como una suma de actividades vitales*, cada una de ellas manifestando todas las características de la vida”. (Sánchez Ron, pág. 231).

En el libro Patología celular, Virchow afirma: Es esencial saber que en los más variados tejidos estos constituyentes, que, de alguna manera, representan la célula en su forma abstracta, el núcleo y la membrana, se repiten con gran constancia, y que mediante su combinación se obtiene un elemento simple, que, a través de una serie compleja de vegetales vivos y formas animales, por composición interna, se nos presenta con una estructura de forma peculiar, como una base definida para todos los fenómenos de la vida”. (Virchow, citado por Sánchez Ron, pág. 232)

Curiosamente Virchow a diferencia de Schleiden y Schwann siguió con sus concepciones vitalistas, no obstante su propia participación política. Será Pasteur con sus investigaciones el que rechaza de forma definitiva la teoría de la generación espontánea y le da el golpe definitivo a los vitalistas.

Real entidad biológica de la célula. Fines del siglo XIX

“Todo organismo viviente es un compuesto de células, considerándose a la célula como elemento vital portador de todos los caracteres de la vida. De forma más o menos ajustada a esta acuñación de la teoría iniciada por Schleiden y Schwann, la inmensa mayoría de los biólogos así lo afirmarán en los decenios finales del siglo XIX. En el análisis íntimo de un fenómeno fisiológico –escribe CL Bernard en 1874- se llega siempre al mismo punto, se llega al mismo agente elemental, irreductible, el elemento organizado, la célula y ya al concluir el siglo, Haeckel pontifica: Las células son los verdaderos ciudadanos autónomos que, reunidos por millares, constituyen nuestro cuerpo, el estado celular. Dos formas pues, de entender el status de la célula: en su propia individualidad y en su cooperativa comunidad”. (Albarracín, págs. 241-242).

La célula al final del siglo XIX es reconocida como una unidad de los sistemas biológicos, como unidad autónoma con sus propias funciones, individualidad anatómica y fisiológica. Cada célula se nutre, reproduce, secreta, ~~excreta en~~ forma individual y cuando muere, muere en forma individual, Más ~~tarde se~~ estudiaría la célula como parte de los tejidos.



“Por importantes que hayan sido, en el siglo XIX, los progresos de las ciencias que acabamos de examinar, no fueron ellos los que confirieron el desarrollo del pensamiento científico de esta época su más profunda y característica impronta: correspondió sobre todo a las investigaciones biológicas polarizar el interés, no ya de científicos y filósofos, sino de todas las personas cultas. Para esbozar, de manera muy esquemática, el progreso experimental y teórico de la biología, centraremos la exposición en tres puntos de especial importancia: en primer lugar, las investigaciones bacteriológicas, que tuvieron tantas y tan afortunadas aplicaciones en la medicina moderna; a continuación, los debates –de fundamental interés científico- en torno al gran problema del mecanicismo biológico; por último, la genial hipótesis de la selección natural, que suministró la primera base seria en que apoyar la antigua idea de la evolución” (Geymonat, pág.564)

c) EXPLICACIÓN SOBRE CÓMO SE ATENDIÓ EL PROPÓSITO GENERAL DEL CAMPO DE ACTIVIDAD SELECCIONADO, A TRAVÉS DE LAS ACTIVIDADES O LOS PRODUCTOS DESARROLLADOS PERTINENCIA

PERTINENCIA

Las materias del Área de Ciencias Experimentales [ÁCE), Química, Física, Biología, Ciencias de la Salud y Psicología, tienen como meta proporcionar a los alumnos los elementos que los lleven a desarrollar habilidades y a construir la cultura que corresponde al conocimiento científico y tecnológico, lo que permitirá a los egresados del bachillerato, interactuar con su entorno en forma más creativa, responsable, informada y crítica. Además el proceso de aprendizaje los capacita para proseguir estudios superiores. Se requiere, entonces, un tipo de enseñanza-aprendizaje que conduzca al estudiante a mejorar sus habilidades intelectuales, además de proporcionarle conocimientos y procedimientos básicos para interpretar mejor la naturaleza y entender el contexto en el que surge el conocimiento científico, a través de alentar en los alumnos la curiosidad y el placer por el descubrimiento y la comprensión del mundo natural. (Orientación y sentido de las áreas, p. 39).

El análisis histórico de las teorías lleva al alumno de la mano a recorrer el camino que siguen los científicos y a desarrollar habilidades tales como: cuestionar,

interrogar, inquirir, cualidades indispensables para la investigación y sobre todo les desarrolla un pensamiento lógico. Si logramos este principio estaremos preparando estudiantes con las herramientas necesarias para desarrollar las investigaciones. El conocimiento del desarrollo histórico de las teorías, les explica a los alumnos de forma muy clara que los científicos siempre se basan en teorías para construir nuevas teorías, que la observación y la experimentación siempre están precedidas por la teoría y entenderá que rechazar la investigación teórica, no lo lleva a ninguna parte, porque es la teoría, la que dirige la observación, la experimentación, el análisis, y el descubrimiento.



Nuestra propuesta educativa pretende convencer a los profesores de la necesidad de abordar las teorías en un marco histórico y filosófico y además explicar a los docentes la necesidad de establecer la importancia de la teoría en las actividades prácticas y experimentales. No existe en la historia una teoría que se haya construido a partir de un experimento, los científicos son personas formadas académicamente en una disciplina o ciencia y sus investigaciones son guiadas por sus marcos conceptuales o teóricos.

El campo de actividad elegido es el Campo II. Fortalecimiento de la docencia. Este campo de actividad tiene el propósito de elevar la calidad de la práctica docente con fundamentos psicopedagógicos y didácticos innovadores. Para ellos es necesario promover la formación actualización en los ámbitos disciplinarios, didáctico y del Manejo de las tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC). Es recomendable que los profesores participen en proyectos de investigación educativa, donde estudien y analicen los fenómenos educativos presentes en el colegio y que estén relacionados con su práctica docente.

El informe que estamos presentando se concreta en un documento producto de la investigación de la historia y filosofía de la ciencia, especialmente los avances del siglo XIX que llevaron a la construcción de la teoría celular. El análisis histórico y filosófico de la teoría facilita a los docentes la comprensión de una concepción de ciencia dinámica, que responde a contextos históricos y científicos y que permite a los estudiantes conocer los caminos o vías que han utilizado los científicos a través de la historia; para comprender que la ciencia no ha seguido un camino lineal, sino que avanza, y en muchas ocasiones retrocede o regresa a planteamientos o preguntas anteriores, o a respuestas o hipótesis planteadas en otras épocas, situación que genera una actividad permanentemente dinámica.

También con el análisis histórico los profesores comprenderán que las teorías tienen una validez histórica, se construyen a partir de otras teorías, y que los científicos son seres humanos inmersos en un contexto histórico, científico, social y económico.

Con el producto que desarrollamos, estamos brindando a los profesores herramientas didácticas para abordar los contenidos de los programas, específicamente los que se refieren a teorías.

d) VALORACIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y/O LOS PRODUCTOS, INDICANDO SU CALIDAD Y TRASCENDENCIA.



CALIDAD

La calidad de nuestra propuesta educativa se basa en la investigación que realizamos en forma permanente acerca de la historia y filosofía de la ciencia. Durante más de cuarenta años me he dedicado a buscar alternativas para la enseñanza de la ciencia, he escrito libros, artículos y he analizado (en mi área complementaria) prácticamente todas las teorías de los programas de biología con la finalidad de proponer a los profesores, formas diferentes (antipositivistas) de abordar la enseñanza de la ciencia. Mi propuesta tienen como objetivo: lograra que los profesores desarrollen la enseñanza de la ciencia con base a: las propuestas de filósofos e historiadores del siglo XX y XXI. La maestra Margarita Pacheco también ha sido una estudiosa constante de la enseñanza de la ciencia y la historia.

El Colegio de Ciencias y Humanidades fue la vanguardia en la educación media superior, prácticamente durante cuarenta años. Hace aproximadamente 5 años, los profesores fundadores empezaron a jubilarse y otros, desafortunadamente fallecieron. Les toca a las generaciones posteriores luchar porque no se pierda la calidad de la docencia.

Los programas de formación de profesores necesitan modificarse, los académicos necesitamos estudiar, es un requisito indispensable para practicar la docencia. La gran mayoría de los cursos propuestos por la administración se centran en el desarrollo de estrategias para la docencia y ahora en el uso de las plataformas, sin entender que los maestros necesitamos una actualización permanente en la disciplina, la didáctica, las teorías educativas y en la formación científica. Si atendemos a estas necesidades entonces mejoraremos fácilmente nuestra práctica educativa sin necesidad de difundir las estrategias como recetas totalmente ajenas al contexto de cada aula y cada grupo.

Ahora en el contexto de la contingencia y como producto del paro de labores decretado desde el 5 de febrero del 2020, la situación es muy grave, porque la enseñanza se desarrollará en línea. Las personas que secuestraron el plantel, lo destruyeron y no tenemos información todavía de la situación de la reconstrucción del mismo. Esperemos que la docencia, en un futuro (semestre próximo de enero 2021) se desarrolle en forma presencial, porque nuestros estudiantes merecen ser

formados como lo que son: estudiantes de bachillerato de la UNAM. Ojalá los maestros asuman su papel y comprendan que nada en el Colegio es más importante que la docencia. *“La docencia es la actividad sustantiva del Colegio”*. Sin docencia no tendría razón la administración. La administración tiene como labor crear las condiciones adecuadas para apoyar y resolver los problemas de los alumnos, docentes y personal administrativo.



El Colegio tiene como enfoque didáctico, la concepción constructivista de la educación, y partimos del principio de que los estudiantes a lo largo de su vida han construido una estructura conceptual que expresa su historia. En el Colegio atendemos los preconceptos de los alumnos y consideramos que la enseñanza de la ciencia es la plataforma básica para conocer las diferentes disciplinas y comprender el mundo que nos rodea. La tarea del profesor es lograr que los estudiantes se enamoren de la ciencia. Con la enseñanza de la ciencia, los alumnos desarrollan un pensamiento racional.

Bruner afirma: “La escuela desplaza el aprendizaje del contexto de la acción inmediata para introducirlo entre los confines de una institución. Gracias a esta extirpación, el aprendizaje se convierte en un acto en sí mismo que aparece liberado de los fines inmediatos de la acción y que dispone al aprendiz a un tipo de razonamiento que se aparta del beneficio inmediato y conduce a la reflexión.” (Bruner J. S. 2004, p. 79).

TRASCENDENCIA

La propuesta educativa podrá ser utilizada y consultada por los profesores. Es necesario que se abran espacios de análisis y discusión para que volvamos a garantizar la exposición de nuestros trabajos de área complementaria, para compartirlas con los profesores de carrera y con los docentes de asignatura.

Lo fundamental es elevar el nivel académico de los estudiantes, pero para lograrlo, los académicos necesitamos prepararnos y compartir nuestras experiencias en las aulas. La docencia es una actividad humana y el dialogo entre profesores es indispensable para que podamos fijar objetivos comunes y lograr una docencia de calidad.

La propuesta educativa está desarrollada en forma lógica con un lenguaje específico y claro y es un instrumento adecuado para profesores de carrera y asignatura.

La trascendencia va en relación directa con la actividad académica, los profesores deberán buscar la organización de una verdadera vida académica. Necesitan organizarse porque el Colegio se está reduciendo a una escuela controlada por

personas que desconocen y no valoran el Modelo Educativo del Colegio. 50 años de historia del Colegio de Ciencias y Humanidades merecen rescatarse, ojalá que con el gobierno de López Obrador, la UNAM cuide la docencia, investigación y difusión de la cultura. 30 años de neoliberalismo han causado un gran daño a la UNAM y en general a la educación pública. La propuesta del Dr. Casanova pasará a la historia como uno de los Modelos educativos más importantes en la educación media superior y me siento orgullosa de haber formado parte de este proyecto.



PERTINENCIA

“Las materias del Área de Ciencias Experimentales [ÁCE), Química, Física, Biología, Ciencias de la Salud y Psicología, tienen como meta proporcionar a los alumnos los elementos que los lleven a conformar la parte de la cultura que corresponde al conocimiento científico y tecnológico, lo que permitirá a los egresados del bachillerato, interactuar con su entorno en forma más creativa, responsable, informada y crítica, además de capacitarlos para proseguir estudios superiores. Se requiere, entonces, un tipo de enseñanza-aprendizaje que conduzca al estudiante a mejorar sus habilidades intelectuales, además de proporcionarle conocimientos y procedimientos básicos para interpretar mejor la naturaleza y entender el contexto en el que surge el conocimiento científico, a través de alentar en los alumnos la curiosidad y el placer por el descubrimiento y la comprensión del mundo natural.” (Orientación y sentido de las áreas, p. 39).

El análisis histórico de las teorías lleva al alumno de la mano a recorrer el camino que siguen los científicos y a desarrollar habilidades tales como: cuestionar, interrogar, investigar, desarrollar, habilidades indispensables para la investigación y sobre todo les desarrolla un pensamiento lógico. Si logramos este principio estaremos preparando estudiantes con las herramientas necesarias para desarrollar las investigaciones. El conocimiento del desarrollo histórico de las teorías, les explica a los alumnos de forma muy clara que los científicos siempre se basan en teorías para construir nuevas teorías, que la observación y la experimentación siempre están precedidas por la teoría y entenderá que rechazar la investigación teórica no lo lleva a ninguna parte, porque es la teoría, la que dirige la observación, la experimentación, el análisis, y el descubrimiento.

Nuestra propuesta educativa pretende convencer a los profesores de la necesidad de abordar las teorías en un marco histórico y filosófico y además explicar a los docentes la necesidad de establecer la importancia de la teoría en las actividades prácticas y experimentales. No existe en la historia una teoría que se haya construido a partir de un experimento, los científicos son personas formadas

académicamente en una disciplina o ciencia y sus investigaciones son guiadas por sus marcos conceptuales o teóricos.

c) RESEÑA DE LAS ACTIVIDADES, DESARROLLADAS POR CADA UNO DE LOS INTEGRANTES DEL GRUPO DE TRABAJO (COORDINADORES Y PARTICIPANTES), SEÑALANDO EL CUMPLIMIENTO DE SUS COMPROMISOS, ASÍ COMO EL PORCENTAJE DE ASISTENCIA. ASÍMISMO, DEBERÁ ESPECIFICAR LAS FORMAS DE ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO INDIVIDUAL O GRUPAL.



1. Iniciamos el trabajo con la responsabilidad de estudiar los siguientes textos: Durante el semestre de agosto a diciembre de 2019. Estuvimos revisando la bibliografía y elaborando fichas de trabajo.

1. Albarracín Teulón, La teoría celular.
2. Sergio Martínez y Ana Barahona. Historia y explicación en Biología.
3. Patricia Fara. Breve Historia de la Ciencia.
4. Dampier Historia de la Ciencia.
5. Fernández Santarén, Los secretos de la vida.
6. Gastón Bachelard, El espíritu científico.
7. Helge Kragh, Introducción a la historia de la ciencia.
8. Gaston Bachelard, Estudios.
9. J.I. Pozo, Aprender y enseñar ciencia.
10. Mosterín, Ciencia, filosofía y racionalidad.
11. Karl R. Popper, La Lógica de la Investigación Científica.
12. J.C. Coleman y L.B. Hendry, Psicología de la adolescencia.
13. Sánchez Ron. El Poder de la Ciencia.
14. D. Newmann, P. Griffin, M. Cole, La zona de construcción del conocimiento.
15. De Robertis, Biología Celular y Molecular.
16. Ernst Mayr, Así es la Biología.
17. Chacón López, Desarrollo histórico del método científico.

18. Augusto Comte, *Curso de filosofía positivista*. Discurso sobre el espíritu positivo.
19. Chacón López, Miravete Lozano y Suárez y López Guazo, *Metodología de las Ciencias*. Popper, Kuhn y Lakatos.
20. Escalante Fernando, Historia mínima del neoliberalismo.
21. Lakatos Imre, Historia de la Ciencia y sus reconstrucciones racionales.
22. Catalán, F. A. y Catany, E.M. (1986). Contra el mito de la Ciencia: El papel de la Historia. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2), 163-166.
23. Flores, C. F., Tovar, M. M. E., Gallegos, C. L., Velásquez, M. M. E., Valdés, A. S., Sainz, C. S., Alvarado Z. C. y Villar, C. M. (2000). Representación e ideas previas acerca de la célula en estudiantes del Bachillerato. México: CCH, UNAM.
24. Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurantes en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 30-35.
25. Gagliardi, R. y Giordan, A. (1986). La historia de las ciencias: Una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (3), 253-258.
26. Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la historia de las Ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 291-296.
27. Gil, P.D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.
28. Gooday, G., Lynch, J.M., Wilson, K.G y Barsky, C.K. (2008). Does Science Education Need the History of Science? *Isis, An International Review Devoted To The History Of Science And Its Cultural Influences*, 99, 322-330.
29. Mintzes, J.J, Trowbridge, J.E. & Arnaudín, M.W (1991). Children's biology: Studies on conceptual development in the life sciences. In S.M. Glynn., R.H. Yeany & B.K. Britton (Eds.), *The Psychology of Learning Science* (pp.179-202). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
30. Pacheco, H.R.M. (2014). Estrategia didáctica constructivista basada en aprendizaje combinado (Blended Learning) para la enseñanza de la forma y tamaño de la célula en el Bachillerato. México: UNAM. Facultad de Filosofía y Letras. Tesis de Maestría en Pedagogía.
31. Programas de Estudio de Biología I – IV. Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades.



2. En el mes de enero, revisamos los documentos del Colegio y las teorías educativas.

3. Durante los meses de febrero a abril, estuvimos discutiendo textos de *Filosofía de la Ciencia*: Popper, Lakatos y Kuhn.

4. De abril a septiembre elaboramos la propuesta educativa.



6) EVALUACIÓN GLOBAL DEL GRUPO DE TRABAJO Y UNA REFLEXIÓN SOBRE SU FUNCIONAMIENTO Y DESEMPEÑO

La maestra Rosa Margarita Pacheco es una excelente maestra: comprometida, responsable y estudiosa. Además de estas cualidades es muy educada y fue un gran gusto trabajar con ella. El problema de la pandemia no nos permitió reunirnos durante mucho tiempo, pero realizamos el trabajo a distancia y tuvimos siempre una gran comunicación.

2. FUENTES CONSULTADAS

1. Albarracín Teulón, 1983, *La Teoría Celular*. Madrid España, Editorial Alianza Universidad.
2. Bachelard, 2004, *Estudios*, Buenos Aires Argentina, Editorial Amorrortu.
3. Bachelard, 2013, *El Espíritu Científico*. México, Editorial Siglo XXI.
4. Catalán, F. A. y Catany, E.M. (1986). Contra el mito de la Ciencia: El papel de la Historia. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2), 163-166.
5. J.C. Coleman y L.B. Hendry, 2003, *Psicología de la Adolescencia*, Madrid España, Editorial Morata.
6. Comte Augusto, *Curso de Filosofía Positivista*. Discurso sobre el espíritu positivo.
7. Chacón López 1990, *Desarrollo Histórico del Método Científico*, México, Editorial UNAM, CCH.
8. Chacón López, Miravete Lozano y Suárez y López Guazo, 2014, *Metodología de las Ciencias. Popper, Kuhn y Lakatos*, México, Editorial UNAM, CCH.
9. Dampier 1972, *Historia de la Ciencia*, Madrid España, Editorial Tecnos.
10. De Robertis, 2003, *Biología Celular y Molecular*, Buenos Aires Argentina, Editorial Ateneo.

11. Escalante Gonzalbo Fernando, 2019, *Historia Mínima del Neoliberalismo*, México, Editorial El Colegio de México.

12. Fara Patricia, 2009, *Breve Historia de la Ciencia*, Barcelona España, Editorial Ariel.

13. Fernández Santarén, 2016, *Los Secretos de la Vida*, México, Editorial Crítica.

14. Flores, C. F., Tovar, M. M. E., Gallegos, C. L., Velásquez, M. M. E., Valdés, A. S., Sainz, C. S., Alvarado Z. C. y Villar, C. M. (2000). Representación e ideas previas acerca de la célula en estudiantes del Bachillerato. México: CCH, UNAM.

15. Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurantes en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 30-35.

16. Gagliardi, R. y Giordan, A. (1986). La historia de las ciencias: Una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (3), 253-258.

17. Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la historia de las Ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 291-296.

18. Geymonat, 2009, *Historia de la Filosofía y de la Ciencia*, Barcelona España, Editorial Crítica.

19. Gil, P.D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.

20. Giry, 2002, *APRENDER A RAZONAR, APRENDER A PENSAR*, México, Editorial Siglo XXI.

21. Gooday, G., Lynch, J.M., Wilson, K.G y Barsky, C.K. (2008). Does Science Education Need the History of Science? *Isis, An International Review Devoted To The History Of Science And Its Cultural Influences*, 99, 322-330.

22. Helge Kragh, 2007, *Introducción a la Historia de la Ciencia*, España, Editorial

23. Karl R. Popper, *La Lógica de la Investigación Científica*, México, Editorial rei

24. Lakatos, 2011, *Historia de la Ciencia*, Madrid España

25. Mayr, 1998, *Así es la Biología*, Madrid España, DEBATE pensamiento, pág. 15.

26. Mintzes, J.J, Trowbridge, J.E. & Arnaudín, M.W (1991). Children's biology: Studies on conceptual development in the life sciences. In S.M. Glynn., R.H.



Yeany & B.K. Britton (Eds.), *The Psychology of Learning Science* (pp.179-202). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

27. D. Newmann, P. Griffin, M. Cole, 1998, *La Zona de Construcción del Conocimiento*, Madrid España, Editorial Morata.

28. Pacheco, H.R.M. (2014). Estrategia didáctica constructivista basada en aprendizaje combinado (Blended Learning) para la enseñanza de la forma y tamaño de la célula en el Bachillerato. México: UNAM. Facultad de Filosofía y Letras. Tesis de Maestría en Pedagogía.

29. Pozo J. I. 2009, *Aprender y Enseñar Ciencia*, Madrid España, Editorial Morata.

30. Programas de Estudio de Biología I – IV. Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades.

31. Sánchez Ron 2007, *El Poder de la Ciencia*, Barcelona España, Editorial Crítica.



SUGERENCIA DE ESTRATEGIAS

EL USO DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN EL PROCESO PEDAGÓGICO: EL CASO DE LA TEORÍA CELULAR.

M. en P. Rosa Margarita Pacheco Hernández.



Introducción

El concepto de célula es fundamental en el estudio de los sistemas biológicos, los cuales son, el objeto de estudio de la Biología. A pesar de que tal concepto es fundamental en la enseñanza de la Biología y a pesar de ser enseñada desde los niveles básicos de educación, es frecuente encontrar en el nivel medio superior estudiantes con dificultades para conceptualizarla (Pacheco, 2014). Esto me hace preguntar: ¿es posible encontrar en la historia de la ciencia elementos pedagógicos que orienten el diseño de estrategias didácticas efectivas para la enseñanza de los conceptos científicos?

¿Por qué utilizar la historia de la Biología en la enseñanza de la Biología?

La historia de la ciencia puede ayudar a mejorar la enseñanza de la ciencia cuando se le utiliza adecuadamente. Dentro de las ventajas están, que permite conocer en detalle los momentos de profunda transformación de una disciplina (Gagliardi y Giordan, 1986; Catalán y Catany, 1986), destacando factores que influyeron o determinaron el nacimiento de una ciencia (Catalán y Catany, 1986), cuáles fueron los valores que le subyacían (Catalán y Catany, 1986); las redes sociales, políticas y económicas que entraron en juego y las resistencias a dicha transformación (Gagliardi y Giordan, 1986).

Por su parte, autores como Wilson y Barsky argumentan que la exposición a la historia de la ciencia ayuda a los estudiantes a considerar a la ciencia como una actividad para pensar, hacer preguntas y explorar los conceptos y temas generales. Sugieren que los estudiantes pueden aprender habilidades clave que no pueden ser tan fácilmente alcanzadas en el plan de estudios. Afirman que, al aprender sobre el pasado de sus disciplinas, los estudiantes pueden aprender quiénes son los principales científicos en sus áreas, más allá de señalar referencias pasajeras a figuras canónicas (Gooday, Lynch, Wilson, y Barsky, 2008). También, pueden aprender a formular, ordenar y defender un argumento convincente, tal como sucede en una tesis de grado.

Además de lo anterior, el conocimiento y la comprensión de la historia de la ciencia permite a los futuros profesionales de la ciencia anticipar y responder a los retos de la rápida globalización y estar mejor preparados para el futuro (Gooday,

Lynch, Wilson, y Barsky, 2008); es decir, la historia de las ciencias brinda las herramientas conceptuales para que los alumnos comprendan la situación actual de la ciencia, su ideología dominante y los sectores que controlan y se benefician de la actividad científica (Gagliardi y Giordan, 1986).

El enfoque histórico en los Programas de Estudios de Biología del CCH



En el enfoque disciplinario que subyace en los Programa de Estudios de Biología I-IV del CCH se propone la enseñanza bajo un esquema integral de la Biología, con 4 ejes, siendo el del análisis histórico, uno de ellos. En los cursos de Biología I y II el enfoque que se le da al análisis histórico es el siguiente:

“El análisis histórico brinda una visión amplia del quehacer científico, contribuye al análisis de diferentes conceptos y teorías de la biología, considerando el contexto social, metodológico e ideológico de cada época; esto ayuda adicionalmente a comprender el carácter provisional de distintas explicaciones científicas y promueve la toma de conciencia en torno al papel socio-político que tradicionalmente ha jugado el conocimiento científico, así como las comunidades que producen los saberes. En este sentido, es por medio del escrutinio del ayer que se pueden clarificar conceptos, valorar los cuestionamientos realizados en su momento y reconstruir la senda tomada por esta ciencia” (https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/programas2016/BIOLOGIA_I_II.pdf: 8).

Por su parte en los cursos de Biología III y IV también se resalta la importancia del contexto histórico:

“El contexto histórico de la biología permite construir una concepción de ésta como una disciplina en constante cambio, donde los que aportan ideas, experimentos e investigaciones son seres humanos en un contexto social, político, académico, económico y cultural determinado, lo que influye profundamente en la disciplina y su desarrollo como ciencia. El seguimiento histórico de una teoría, una propuesta conceptual o un procedimiento metodológico dentro de la biología da la posibilidad de retomar el pasado para planificar el futuro. Adicionalmente, el contexto histórico permite apreciar en forma general el quehacer científico y sus consecuencias en la sociedad, a través de múltiples aplicaciones de los conocimientos biológicos en campos como la medicina, la agricultura, la genética, la ecología, las ciencias de la tierra, etcétera” (https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/programas2016/BIOLOGIA_III_IV.pdf: 7).

Como puede apreciarse, en el CCH, el análisis histórico es fundamental para la enseñanza de conceptos científicos. Sin embargo, para que suceda el

aprendizaje, es necesario utilizar la historia de la ciencia adecuadamente. Por ejemplo, se sugiere no abordarla de manera lineal, como una serie de descubrimientos sucesivos realizados por naturalistas o científicos brillantes, en la cual cada uno de ellos aportó algo valioso a la Ciencia.

Nuestras clases de Biología deben mostrar a los alumnos un panorama de la evolución de la Biología que les permita conocer los obstáculos que fue necesario franquear, con trasfondos ideológicos y sociales que influyeron en su propio desarrollo; también es necesario que reconozcan la necesidad de pasar por ciertas etapas, los riesgos de perderse en callejones sin salida y sobre todo que comprendan que en cada momento los científicos eran coherentes y utilizaban las herramientas lógicas de su medio y de su época. Al mostrar que cada conocimiento actual es el resultado de un largo proceso, que no bastan algunas experiencias para cambiar una teoría y que los factores sociales tienen mucho peso, podremos comenzar a desmitificar la imagen de la ciencia y de los científicos. Mendel, Darwin o Pasteur dejarán de ser los genios benefactores de la humanidad para transformarse en hombres de carne y hueso que tenían obsesiones, dificultades, problemas por resolver y miedos (Gagliardi y Giordan, 1986: 257).

El uso de la historia de la ciencia a través de los obstáculos epistemológicos y conceptos estructurantes para la construcción del concepto de célula

Como hemos visto, conocer la historia de las ciencias provee muchas ventajas al proceso enseñanza-aprendizaje. De acuerdo con Gagliardi (1988), una manera de incorporar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias es determinando los obstáculos epistemológicos y estableciendo los conceptos estructurantes para el aprendizaje de un determinado concepto o teoría, en mi caso el de la teoría celular.

De acuerdo con Gagliardi (1988), los obstáculos epistemológicos son derivados de la estructura del sistema cognitivo de un sujeto; es decir, aquellas dificultades que impiden la construcción de nuevos conocimientos. Por su parte, los conceptos estructurantes son aquellos conceptos cuya construcción transforman el sistema cognitivo del sujeto, permitiendo adquirir nuevos conocimientos, organizar los datos de otra manera, transformar incluso los conocimientos anteriores.

Esto quiere decir que si los docentes nos damos a la tarea de identificar las dificultades conceptuales (obstáculos epistemológicos) a los que se enfrentaron los científicos de la antigüedad, y logramos establecer los conceptos estructurantes que ayudaron a superar esas dificultades, entonces estaremos en posibilidad de trasladar la “experiencia cognitiva” obtenida de la historia de la



construcción de un determinado concepto hacia la enseñanza de ese mismo concepto en nuestros alumnos.

Ahora bien, una de las formas en que los docentes podemos conocer los obstáculos epistemológicos de nuestros alumnos es a través de la identificación de sus 'ideas previas'.



Las ideas previas son el conjunto de representaciones conceptuales construidas por los estudiantes, derivadas de su interacción con los fenómenos naturales y también por la explicación e interpretación que reciben de ellos en la escuela (Mintzes, Trowbridge & Arnaudin, 1991). Estas construcciones personales no siempre corresponden con la interpretación que la ciencia presenta acerca de los fenómenos naturales; sin embargo, estas ideas suelen ser muy difíciles de cambiar ya que proveen explicaciones “satisfactorias” de los fenómenos al individuo que las genera. Estas ideas las presentan sujetos de muy diversas características sin importar factores como la edad, género, clase social y cultura (Flores, Tovar, Gallegos, Velásquez, Valdés, Sainz, Alvarado y Villar, 2000).

Uso de la historia de la célula para su enseñanza

Cuando revisamos la historia del concepto de célula observamos que para la construcción de este concepto no bastaron las observaciones microscópicas: transcurrieron más de doscientos años entre las primeras descripciones de células y la formulación de la teoría celular (Gagliardi, 1988). No obstante, las observaciones microscópicas no se consolidaron en una teoría celular porque para poder construir esa teoría era necesario comprender que las propiedades macroscópicas de los organismos dependían de su estructura microscópica. Era necesario superar “el obstáculo macroscópico” para poder integrar las observaciones en una totalidad coherente que permitiera elaborar una teoría explicativa global (Gagliardi, 1988).

Si trasladamos este conocimiento hacia la actualidad veremos que de la misma manera como ocurrió en la historia de la construcción del concepto de célula, el análisis de las ideas previas de los alumnos revela que ellos saben de la existencia de las células, pero no trasladan este conocimiento hacia su propio cuerpo pues no consideran que su cuerpo está formado por células, ya que lo siguen percibiendo como una entidad macroscópica (Gagliardi, 1988). De esta manera se aprecia el paralelismo entre las concepciones históricas y las concepciones de nuestros alumnos, ya que en algún momento ambos se enfrentaron al “obstáculo macroscópico”. El siguiente paso es identificar en la historia cual o cuales fueron los conceptos estructurantes que permitieron superar

ese obstáculo para determinar las actividades que podrían ayudar a los estudiantes a comprender que su cuerpo está formado por células.

De esta manera, el conocimiento del desarrollo histórico de un determinado concepto y el análisis de las ideas previas de los alumnos en torno a ese mismo concepto permitirá al docente diseñar actividades didácticas orientadas a ayudar a los alumnos a construir el concepto de célula, no como una simple información sino como un concepto que servirá de base para construir nuevos conocimientos.



En este sentido, la determinación de los obstáculos epistemológicos y de los conceptos estructurantes constituye una herramienta valiosa en la investigación educativa pues permite llevar a cabo los procesos de enseñanza-aprendizaje desde el enfoque constructivista, centrando la actividad en el desarrollo de la capacidad de aprender y no en la memorización de hechos o conocimientos.

A modo de cierre

Existe cierta semejanza entre las ideas previas de los alumnos y las concepciones históricas desplazadas por los conocimientos hoy aceptados por la comunidad científica. Dicha semejanza no es accidental, sino el resultado de una forma similar de concebir la naturaleza y de abordar los problemas científicos, semejanza que se da entre los científicos del pasado y los alumnos de ciencia actuales (Gil, 1993). Este paralelismo provee ventajas al proceso educativo ya que orienta el diseño de estrategias didácticas centradas en las concepciones de los alumnos. Esta forma de utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza es creativa y adecuada para fomentar en los alumnos, el aprendizaje de la Ciencia.

Referencias bibliográficas

- Catalán, F. A. y Catany, E.M. (1986). Contra el mito de la Ciencia: El papel de la Historia. Enseñanza de las Ciencias, 4 (2), 163-166.
- Flores, C. F., Tovar, M. M. E., Gallegos, C. L., Velásquez, M. M. E., Valdés, A. S., Sainz, C. S., Alvarado Z. C. y Villar, C. M. (2000). Representación e ideas previas acerca de la célula en estudiantes del Bachillerato. México: CCH, UNAM.
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurantes en el aprendizaje por investigación. Enseñanza de las Ciencias, 4 (1), 30-35.
- Gagliardi, R. y Giordan, A. (1986). La historia de las ciencias: Una herramienta para la enseñanza. Enseñanza de las Ciencias, 4 (3), 253-258.
- Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la historia de las Ciencias en la enseñanza de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias, 6 (3), 291-296.

• Gil, P.D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.

• Gooday, G., Lynch, J.M., Wilson, K.G y Barsky, C.K. (2008). Does Science Education Need the History of Science? *Isis, An International Review Devoted To The History Of Science And Its Cultural Influences*, 99, 322-330. 10.1086/588690. Consultada el 30 enero 2020 desde:
https://www.researchgate.net/publication/23170134_Does_Science_Education_Need_the_History_of_Science



• Mintzes, J.J, Trowbridge, J.E. & Arnaudín, M.W (1991). Children's biology: Studies on conceptual development in the life sciences. In S.M. Glynn., R.H. Yeany & B.K. Britton (Eds.), *The Psychology of Learning Science* (pp.179-202). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

• Pacheco, H.R.M. (2014). Estrategia didáctica constructivista basada en aprendizaje combinado (Blended Learning) para la enseñanza de la forma y tamaño de la célula en el Bachillerato. México: UNAM. Facultad de Filosofía y Letras. Tesis de Maestría en Pedagogía.

• Programas de Estudio de Biología I – IV. Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades. Recuperados el 10 de febrero de 2020 desde:
https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/programas2016/BIOLOGIA_I_II.pdf

https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/programas2016/BIOLOGIA_III_IV.pdf

SUGERENCIAS DIDÁCTICAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA TEORÍA CELULAR

Biología I.

Propósitos: Al finalizar, el alumno:

Identificará las estructuras y componentes celulares a través del análisis de la teoría celular para que reconozca a la célula como la unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos.

Unidad 2. ¿Cuál es la unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos?

Tema 1. Teoría celular.

Subtema: Construcción de la Teoría celular, sus principales aportaciones y postulados.

Aprendizaje:

Reconoce que la formulación de la Teoría celular es producto de un proceso de investigación científica y del desarrollo de la microscopía.

Estrategia didáctica.

Actividades previas.



1. Para diseñar una estrategia didáctica, es necesario revisar y analizar la carta descriptiva del programa de la asignatura donde se describe el propósito, la unidad, el tema, subtema y el aprendizaje. Es importante estudiar las estrategias que se sugieren, la forma de evaluación y las referencias señaladas. Una vez hecho esto, es necesario establecer el tiempo de clase y las formas de evaluación.

2. También se requiere, por un lado, que el profesor investigue las propuestas filosóficas de Popper, Lakatos, Kuhn y Bachelard para adquirir los conocimientos necesarios y desarrollar un enfoque histórico y filosófico para el análisis de la teoría celular (Chacón, 2014). Por otro, se requiere que revise la página de ideas previas para que consulte las principales dificultades conceptuales que poseen en el tema de célula de los estudiantes del bachillerato (<http://www.ideasprevias.ccadet.unam.mx:8080/ideasprevias/ConsultsFrame.html>).

3. Con todo ello, el profesor diseñará actividades que faciliten la comprensión de la célula y de la construcción de la Teoría celular, sus principales aportaciones y postulados. El profesor puede apoyarse en la utilización de presentaciones en Power point o en Prezi, así como utilizar videos, simuladores o incluso acceder a laboratorios virtuales para facilitar el aprendizaje de los temas. Actualmente se puede encontrar gran cantidad de materiales y recursos didácticos en la red, así como herramientas útiles para la enseñanza de la teoría celular.

4. Una vez revisados los elementos de la carta descriptiva del programa es importante determinar los conceptos clave, para tener claro cuáles son los conceptos indispensables para lograr los aprendizajes, así como los de mayor dificultad (Chacón, 2014).

5. Como siguiente paso es necesario definir las actividades que podemos utilizar para la determinación de preconceptos o “ideas previas”. Entendemos por “ideas previas” al conjunto de representaciones conceptuales construidas por los estudiantes, derivadas de su interacción con los fenómenos naturales y también por la explicación e interpretación que reciben de ellos en la escuela (Mintzes, Trowbridge & Arnaudín, 1991). Estas construcciones personales no siempre corresponden con la interpretación que la ciencia presenta acerca de los fenómenos naturales; sin embargo, estas ideas suelen ser muy difíciles de cambiar ya que proveen explicaciones “satisfactorias” de los fenómenos al

individuo que las genera (Flores, Tovar, Gallegos, Velásquez, Valdés, Sainz, Alvarado y Villar, 2000). Determinar los preconceptos o ideas previas, permite conocer el nivel de comprensión que tienen los estudiantes sobre las temáticas. Para determinar los preconceptos, se puede recurrir a varias actividades. En esta experiencia ha resultado un buen apoyo la aplicación de un examen diagnóstico en la plataforma Moodle. Los exámenes contienen preguntas cerradas con justificación de respuestas, los cuales también pueden cumplir la función de pretests (Pacheco, 2014).



ETAPA DE INICIO.

6. Los alumnos responden de manera individual y después discuten sus respuestas en equipos. Una vez discutidas sus ideas, elaboran sus conclusiones. Es importante explicar a los alumnos porqué debemos identificar los preconceptos y cuál es su utilidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

7. Posteriormente, los alumnos exponen ante el grupo las conclusiones que elaboraron en su equipo. El profesor debe hacer explícitas las ideas previas y comunicará el tratamiento que se les dará para transformar esas nociones en ideas científicamente aceptadas. Después de la explicación es conveniente recomendarles la investigación en libros o fuentes adecuadas para que tengan las bases teóricas esenciales y puedan discernir la información que encontrarán en Internet. Una vez analizada y discutida la información, se sugiere contrastar sus preconceptos con las teorías encontradas en los libros (Chacón, 2016).

ETAPA DE DESARROLLO.

8. Los alumnos realizarán una investigación bibliográfica sobre cómo se construyó la teoría celular, mostrando los obstáculos que fue necesario franquear, los trasfondos ideológicos y sociales que influyeron en su propio desarrollo. Exposición ante el grupo.

9. Exposición de la maestra. La maestra presentará las etapas históricas del desarrollo de la teoría celular. De acuerdo con Gagliardi (1988) es necesario identificar los obstáculos epistemológicos (dificultades que impiden la construcción de nuevos conocimientos), y de conceptos estructurantes (conceptos cuya construcción transforman el sistema cognitivo del sujeto, permitiendo adquirir nuevos conocimientos, organizar los datos de otra manera, transformar incluso los conocimientos anteriores).

10. En este punto se hace una analogía entre los obstáculos epistemológicos registrados en la historia de la construcción de la teoría celular con los obstáculos epistemológicos o ideas previas que presentan los alumnos (Gagliardi, 1988).

11. Por último, se comprueba si los estudiantes lograron construir el concepto o el aprendizaje a través de la realización de actividades diversas tales como: exposiciones, prácticas, elaboración de modelos, experimentos, visitas guiadas a jardines botánicos, debates, discusiones, etcétera (Chacón, 2016). Durante la realización de las actividades es importante fomentar el trabajo colaborativo y cooperativo, así como el respeto a las opiniones de sus compañeros.



12. Lectura “La construcción de la teoría celular”. Discusión y elaboración de una línea de tiempo obtenida de la lectura.

ETAPA DE CIERRE.

13. Organización de una visita al laboratorio de biología celular del Dr. Luis Felipe Jiménez y de otros centros de investigación de la UNAM. Objetivo. Conocer las actividades de los científicos.

14. Organización de un debate: Aspectos sociales y éticos de la investigación científica y en particular de la formulación de la teoría celular (Chacón, 2016).

15. Se pide que escriban sus conclusiones. El profesor sintetiza el tema y da un cierre al mismo.

EVALUACIÓN

Las formas de evaluación de los aprendizajes esperados.

La evaluación la concibo como un proceso de reflexión y de corrección de trayectoria. En cada actividad los estudiantes reciben retroalimentación así como su calificación respectiva. En el caso de esta estrategia, una de las actividades más importantes es la del análisis histórico y filosófico de las teorías (Chacón, 2016).

Referencias consultadas para el diseño de la estrategia.

- Chacón, J. (2014 y 2016). Informes de Área Complementaria. Colegio de Ciencias y Humanidades, UNAM.
- Flores, C. F., Tovar, M. M. E., Gallegos, C. L., Velásquez, M. M. E., Valdés, A. S., Sainz, C. S., Alvarado Z. C. y Villar, C. M. (2000). Representación e ideas previas acerca de la célula en estudiantes del Bachillerato. México: CCH, UNAM.
- Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la historia de las Ciencias en la enseñanza de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias, 6 (3), 291-296.

- Mintzes, J.J, Trowbridge, J.E. & Arnaudín, M.W (1991). Children's biology: Studies on conceptual development in the life sciences. In S.M. Glynn., R.H. Yeany & B.K. Britton (Eds.), The Psychology of Learning Science (pp.179-202). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

- Pacheco, H.R.M. (2014). Estrategia didáctica constructivista basada en aprendizaje combinado (Blended Learning) para la enseñanza de la forma y tamaño de la célula en el Bachillerato. México: UNAM. Facultad de Filosofía y Letras. Tesis de Maestría en Pedagogía.

- Página de Ideas Previas. (Junio 2014). Recuperado el 20 de agosto de 2020 desde:

<http://www.ideasprevias.ccadet.unam.mx:8080/ideasprevias/ConsultsFrame.html>

- Programa de Estudio de Biología I – II. Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades. Recuperado el 20 de agosto de 2020 desde: https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/programas2016/BIOLOGIA_I_II.pdf

