

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

Facultad de Educación

Departamento de Posgrado

Maestría en Educación

EL MICROSCOPIO EN CLASE: ¿OBSTÁCULO PEDAGÓGICO?

Paula Milena Parra Rivera¹

Código: 2019287539

Tesis presentada como requisito para optar al título de:

Magister en Educación

Director:

Guillermo Bustamante Zamudio

Bogotá

2021

¹ Licenciada en biología-Universidad Pedagógica Nacional. Estudiante de la Maestría en educación-Universidad Pedagógica Nacional. Correo: pmparrar@pedagogica.edu.co

Contenido

Presentación.....	3
Instrumentos y microscopio	8
El microscopio en la escuela	22
El “espíritu científico”	52
Protocolo y evaluación	66
Protocolo.....	66
Evaluación	75
Biología y ámbito técnico: algo de historia.....	82
Para cerrar (y continuar).....	91
Bibliografía.....	94

Presentación

Soy licenciada en biología de la Universidad Pedagógica Nacional. Los estudiantes de grado cuarto a mi cargo (entre 9 y 10 años) deben realizar —por petición mía— unos análisis a partir de la consideración de muestras que organizo para ellos y que deben ser observadas a través del microscopio. Ahora bien, una de las cosas que ha llamado mi atención acerca de la manera como ellos asumen el uso del aparato en la clase de biología es que se emocionan cuando el objeto observado se mueve bajo el instrumento óptico, ya sea por ser un organismo vivo que cumple alguna función vital (nutrición, reproducción, circulación), o por efecto de la luz que se proyecta sobre él²... pero los mismos estudiantes se tornan indiferentes cuando les presento una muestra que no se mueve, como tejidos o células. Entonces dicen: “¡Qué aburrido!”, o se retiran rápidamente del aparato en actitud corporal de apatía. Y cuando tienen que llenar el Protocolo de laboratorio (pues en el ámbito escolar tenemos el criterio de que todo lo que ocurra debe ser objeto de un seguimiento, de una evaluación), los estudiantes escriben cosas como: “no se ve nada” o “se ve desenfocado”, siendo que siempre verifico, con anticipación, que las muestras estén enfocadas en el punto que quiero trabajar con ellos. Incluso llegan a escribir en el formato: “no he aprendido nada”.

² Algunos seres vivos tienen una propiedad llamada fototaxia, en virtud de la cual sus células se dirigen hacia la luz. Algunos organismos procariotas fotosintéticos, por ejemplo, tienen un tipo de fototaxia, llamada escototaxia, que consiste en que los microorganismos se desplacen hacia la zona iluminada. Ese desplazamiento se puede dar por estructuras móviles como flagelos o cilios.

Y bien, ¿a qué se deben estas reacciones tan distintas (ánimo y desánimo)? Cuando los estudiantes están animados, el maestro puede pensar que está haciendo una buena clase y, cuando están desanimados, puede pensar que hay una indiferencia *de los estudiantes* frente a los conceptos que se quieren enseñar. ¡Con cara gana el maestro y con sello pierden los estudiantes! Pero ¿puede ser que no se esté haciendo una buena clase aun en el caso de tenerlos animados?; o lo contrario: ¿que se esté haciendo una buena clase aun en el caso de que se muestren desanimados?

Leyendo a Gaston Bachelard (1884-1962), pensador, profesor de historia y filosofía de las ciencias, veo elementos que podrían contribuir a explicar este fenómeno. En ese sentido, es muy ilustrador el concepto de *obstáculo epistemológico* que introduce el epistemólogo francés en su obra *La formación del espíritu científico* (1938). Se trata de un concepto que puede servir para explicar el caso que traigo a cuento. Además, el autor también formula el concepto de *obstáculo pedagógico* que, si bien figura una sola vez en el libro (pág. 20), permite pensar en la forma como maestro y estudiantes usan el microscopio en clase de biología. Gracias a este concepto, queda interrogado también —y sobre todo— el papel del maestro en este tipo de fenómenos; es una dimensión de la que no nos ocupamos tanto en educación³, pues se suelen buscar los problemas en el estudiante, como cuando nos ocupamos de detectar las llamadas “dificultades de aprendizaje”⁴. No es frecuente que, en el ámbito educativo, hablemos de “dificultades de la enseñanza”; más bien solemos buscar las

³ En la obra fundadora de la pedagogía, la *Didáctica magna*, de Comenio, sí se habla de errores de los maestros. Por ejemplo, en capítulo XVII, párrafo 8c, se dice: “Obran con ignorancia los que al encargarse de muchachos mayores y adolescentes para educarlos no empiezan por la formación de las costumbres, con el fin de que, domadas sus pasiones, sean aptos para todo lo demás”.

⁴ De hecho, hay profesionales de la educación que se dedican a los problemas del aprendizaje, por ejemplo, los licenciados en Educación Especial con énfasis en dificultades de aprendizaje.

explicaciones en las condiciones del aprendiz: físicas, sociales, culturales, familiares, etc., que intervendrían negativamente en la comprensión. Pero si la formación compromete actos de uno y otro participante —del maestro y del estudiante—, entonces resulta muy importante este concepto de *obstáculo pedagógico* acuñado por Bachelard.

En mi práctica pedagógica, para detectar algunas dificultades, diseño y aplico una “prueba diagnóstica” durante las primeras semanas del año escolar. Esa prueba tiene, de manera explícita, los conceptos que ya “deben” haber aprendido los estudiantes en su año escolar anterior (grado tercero), en atención al plan de estudios del colegio en relación con el área de ciencias naturales. Es decir, trato de averiguar con qué saberes de la asignatura de biología llegan los estudiantes a grado cuarto. Para ello, deben responder una serie de preguntas; en algunas, les doy la posibilidad de que escriban “en sus palabras” lo que han comprendido. Finalmente, yo doy una valoración, en función de mis conocimientos sobre la disciplina. En tanto prueba diagnóstica, se trata de detectar las dificultades en el niño, no de detallar si hay ciertas dificultades en lo que hacemos los docentes, o sea, si hay “dificultades de enseñanza”, si nosotros introducimos *obstáculos pedagógicos*.

Sin embargo, si un profesor *quiere*, deliberadamente, enseñar, ¿cómo es posible que introduzca obstáculos pedagógicos? Sí, es posible, si el punto de referencia es, en términos de Bachelard, *formar un espíritu científico*, pues no basta con que el profesor sepa y que tenga el propósito de enseñar, pues todo aprendiz —¡incluyendo al maestro mismo!— tiene dificultades para conocer y, en ese sentido, el maestro, aún sin saberlo, podría obrar “a favor” de esas dificultades cuando despliega sus métodos, sus didácticas, sus recursos, su pedagogía. En la manera misma de preguntar, de introducir

los aparatos (como el microscopio), de asignar las tareas, de enunciar los conceptos...
¡se pueden introducir obstáculos de naturaleza pedagógica!

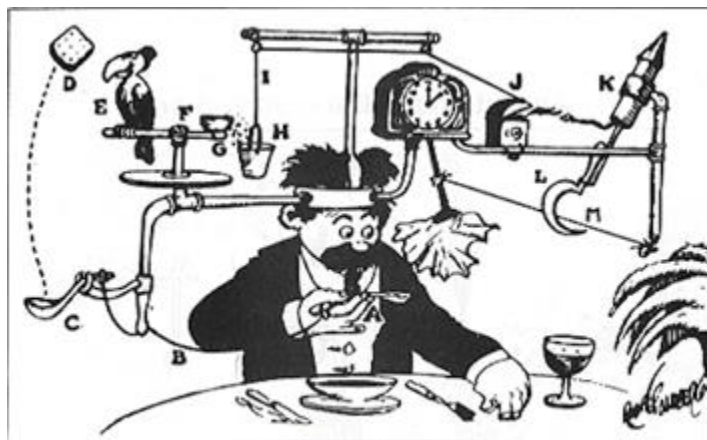
En esta perspectiva, como maestra, tendría que orientar el sentido de mi práctica atendiendo, de un lado, a la existencia de los obstáculos epistemológicos (tanto en los estudiantes como en mí misma); y, de otro lado, a la posibilidad de que yo misma esté introduciendo obstáculos pedagógicos que, a su vez, podrían estar relacionados con obstáculos epistemológicos propios. Sólo así estaría más cerca de crear condiciones de posibilidad para que el estudiante trabaje en el sentido de formar un “espíritu científico”, al decir de Bachelard. Ahora bien, si somos conscientes de que, al enseñar, el maestro puede introducir estos obstáculos, tanto pedagógicos como epistemológicos, cabría preguntar: ¿cómo podría el maestro resistirse a introducir este tipo de obstáculos en la enseñanza de su disciplina?

Una solución, pero no la única, sería la *investigación*, en el sentido de trabajar para estar a la altura de la gramática de la disciplina (la biología, en este caso), la cual está “salvaguardada” por una comunidad de trabajo. Si es así, la formación del maestro implicaría luchar constantemente contra estos obstáculos que se han desarrollado *en él mismo* y que han sido consolidados por múltiples prácticas, como, por ejemplo, ciertas “metodologías de investigación”, ciertas “pedagogías” de moda y ciertas “salidas” didácticas que buscan estandarizar modos de hacer en clase. En tal sentido, es muy distinto estudiar para “preparar clase”, a estudiar para preparar una disciplina teórica. Cuando estudiamos para “preparar clase”, puede ocurrir que, al final, se mecanice el procedimiento y, entonces, ya no haya que estudiar; en cambio, si estudiamos para preparar una disciplina teórica, nunca dejaremos de estudiar.

Claro está que, además de estar a la altura del saber, tenemos el reto de poner ese saber en condiciones de ser aprendido, en contexto específico y a personas concretas, pero esta es otra responsabilidad del maestro que no invalida la anterior. Si la formación del maestro se limitara a estar en capacidad de responder a los retos institucionales (dictar la totalidad del programa, mantener el orden en clase, llenar los formatos, etc.), ¿podría crear condiciones para que emerja un “espíritu científico” en los estudiantes?

Instrumentos y microscopio

Parecería que los instrumentos debieran tener alguna utilidad. Pero hay contraejemplos muy claros: las “máquinas inútiles”, como las de Rube Goldberg⁵ o las de Bruno Munari⁶, o diseños que nunca funcionarán (como algunos de Leonardo da Vinci). A continuación se incluye una máquina inútil: se trata de una forma de limpiarse automáticamente con la servilleta, después de haber pasado por una serie de peripecias⁷:



*Ilustración 1.
La servilleta que limpia sola.*

⁵ “[...] complejas reacciones en cadena que ejecutaban acciones muy simples” (Ardila Platarrueda, 2017, pág. 4).

⁶ <http://emecubica.aq.upm.es/?p=1171>

⁷ https://verne.elpais.com/verne/2020/08/25/articulo/1598352521_128552.html

Incluso los instrumentos que se utilizan en algunos juegos (como bates, raquetas, manillas, etc.) se podrían incluir en esta clase, pues no aplican a solucionar algún escollo encontrado en la vida práctica, sino a la diversión de los jugadores; es decir, solucionan problemas ¿creados por el propio juego! Entonces, al introducir instrumentos a la escuela (el microscopio en clase de biología, por ejemplo) podríamos creer que estamos solucionando un problema (la incapacidad que tenemos los humanos de ver a simple vista los microorganismos, para seguir con el ejemplo), cuando, en realidad, también podríamos estar introduciendo un “juego”, en el sentido anotado (práctica que introduce soluciones a los problemas que ella misma crea); y, según dijimos atrás, así lo toman algunos de mis estudiantes.

Esto de que los instrumentos no forzosamente “solucionan problemas” habla de una especificidad de los humanos, pues no estamos puestos meramente de cara a la necesidad, sino, sobre todo, de cara a los ámbitos culturales, que ofrecen prácticas que se desplazan hacia la necesidad. Así, por ejemplo, Rueda (2005) cuenta que Nerón, emperador del imperio romano, utilizaba las esmeraldas para no perder detalle alguno de los combates de los gladiadores. Saltando un poco, Bachelard (1938, pág. 32) nos informa que Charles Rabiqueau, ingeniero óptico del rey, encontró en el siglo XVIII que, con un espejo cóncavo, se acentúa el *poder de la mirada*. Ahora bien, ¿en cuál sentido se usará esa mirada? Ya vimos que puede ser para disfrutar de la aniquilación de otros seres humanos, como hacía Nerón con las esmeraldas, caso en el que no se busca comprender algo o solucionar una necesidad inmediata, sino que se está en medio de la condición humana.

También está el asunto *práctico* articulado. Es el caso de Anton Van Leeuwenhoek. En tanto asistente de una persona que trabajaba con telas, usaba la lupa para aumentar la visibilidad de los tejidos y poder observar detenidamente las fibras y evaluar su

calidad. Se trata, entonces, de un mecanismo que se aplica a la producción de mercancías, con ánimos de lucro. Y bien, Leeuwenhoek poco a poco se fue apasionando con la observación de los objetos así ampliados, desbordando el interés práctico con las telas, al punto que comienza a tallar él mismo vidrios para producir lentes de aumento (práctica en la cual terminó adquiriendo una gran habilidad).

Entonces, comenzó a observar todo tipo de cosas, por ejemplo, algunas partes de seres vivos, según consta en uno de sus primeros trabajos enviados al Royal Society de Londres⁸, donde describe la observación de musgos, abejas domésticas, parásitos que habitan en el intestino⁹ y bacterias. Por este camino, construyó una serie de microscopios, para los cuales diseñó las lentes. Menciona Jean Rostand (1894-1977), biólogo, escritor francés y divulgador científico, que Leeuwenhoek empieza a ampliar el abanico de objetos observables a través de este instrumento: gotas de sangre, gotas de vinagre, restos de piel, sarro de dentadura, polvo de diamante, branquias de tritón, cochinillas, cabello humano, semillas de naranja, telarañas, entre otros (Rostand,1945, pág.12).

El holandés se divertía muchísimo, pues hacía multitud de hallazgos, ¡desde una perspectiva visual que jamás había tenido el hombre! Finalmente, Leeuwenhoek

⁸ La sociedad científica más antigua del Reino Unido y una de las más antiguas de Europa. Leeuwenhoek fue miembro de esta comunidad a partir del año 1680. Según Rostand (1945) su última carta a la Sociedad fue en el año 1719.

⁹ Los parásitos intestinales presentes en el humano generalmente son quistes de protozoos, larvas o huevos de gusanos planos (como las tenias) que ingresan a partir de la ingestión y desarrollan su ciclo de vida en los intestinos humanos causando molestias gástricas y enfermedades.

consagra su vida a la microscopía, al punto que alcanzó a construir 550 microscopios simples, como nos informa Rostand:

Había montado doscientas cuarenta y siete lentes en microscopios, la mitad de los cuales eran de plata, y tres de oro, siendo una construcción rudimentaria. Se componían de una lente única, engarzada entre dos chapitas de metal sujetas entre sí y atravesadas por un agujerito. El objeto a observar era colocado en una aguja de metal, la cual, mediante un tornillo, podía girar sobre sí misma, subir y bajar, de forma que se acercara o se alejara de la lente según deseo del observador (Rostand,1945, pág.13).

En la ilustración-2¹⁰, podemos ver el más potente de los microscopios de Leeuwenhoek. Se halla en la Universidad de Utrecht (Países Bajos) y es de los pocos que se conservan actualmente:

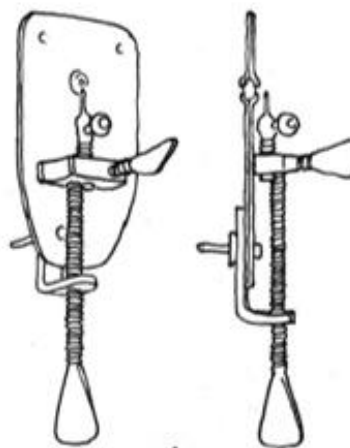


Ilustración 2.
Microscopio de Leeuwenhoek

¹⁰ Las ilustraciones 2 y 3 son tomadas de:

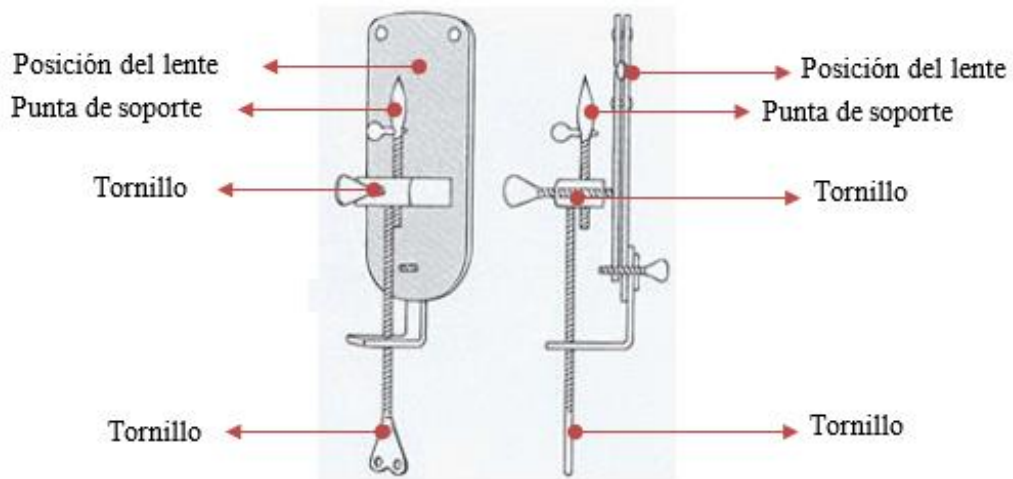
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/920/92057679005/html/index.html>

La siguiente ilustración-3 muestra la manera como se usaba el microscopio de Leeuwenhoek:



*Ilustración 3.
Forma de uso del microscopio de Leeuwenhoek*

En la ilustración-4 apreciamos la manera como está diseñado el microscopio de Leeuwenhoek; también se ubican algunas partes como la posición del lente, la punta de soporte del objeto a ser observado y los tornillos para regular la posición de la muestra¹¹:



*Ilustración 4.
Diseño del microscopio de Leeuwenhoek.*

¹¹ <http://faa.unse.edu.ar/apuntes/biol/Microsc.pdf>

En algún momento, después de haber puesto bajo las lentes de sus microscopios la mayoría de objetos y seres vivos que tenía a su alrededor, pone una gota de agua de lluvia reposada que estaba dentro de un jarro de vidrio. Así, ¡Leeuwenhoek descubrió diminutas criaturas vivientes! Las llamó *animálculos*, o sea, “pequeños animales”, de acuerdo con la etimología. Decía que eran seres más pequeños que la pulga de agua. También los llamó *átomos inanimados* o *glóbulos movedizos*.

En la carta enviada por Leeuwenhoek el 9 de octubre de 1675 al Royal Society de Londres, menciona lo siguiente:

En el año 1675, descubrí criaturas vivientes en agua de lluvia reposada, observé esta agua detalladamente especialmente porque estos pequeños animalitos eran, a mis ojos, más de diez mil veces más pequeños que los animales descritos por Swamerdam que los denominó pulgas o piojos de agua, los cuales se pueden observar vivos y moviéndose en el agua. Estas pequeñas criaturas, al estar en agua reposada por bastante tiempo, cambian al estar en la luz y extienden su cuerpo en forma alargada, pero enrollan la cola¹².

Las descripciones que realiza Leeuwenhoek siguen siendo muy interesantes, especialmente por las observaciones que realiza cuando menciona algo que sugiere que ha usado el instrumento en condiciones distintas —con y sin luz—, lo cual produce un comportamiento distinto de las criaturas (en el segundo caso, se mueven). Estos “pequeños animalitos” —que posteriormente denomina ‘glóbulos’— siguieron siendo de su interés, llegándolos a describir con detalle:

¹² Texto original en inglés, traducción mía.

El primer tipo que descubrí en dicha agua, después de bastantes observaciones, fueron unos cuyos cuerpos consistían en: 5, 6, 7 u 8 glóbulos muy claros, pero sin poder descubrir ninguna cubierta que los mantuviera reunidos o en el cual estuvieran encerrados. Cuando estos animalitos se agitaban, algunos de ellos hacían sobresalir dos pequeños cuernos que se movían continuamente. La región entre estos dos pequeños cuernos era plana y el resto del cuerpo redondeado¹³.

Se maravilló con algunos de los movimientos que estos seres microscópicos hacían (¡como mis estudiantes, que se maravillan con el movimiento de algunas muestras!) y con sus formas. Comparó sus tamaños con los animálculos que ya había podido observar inicialmente:

También descubrí un segundo tipo de animalitos, cuya figura era oval, su cabeza estaba en un extremo puntiagudo. Eran un poco más grandes que los primeros animalitos observados. Su vientre era plano y tenía varias pequeñas piernas o pies que producían movimientos increíblemente rápidos¹⁴.

En la siguiente imagen están los primeros dibujos que realiza Leeuwenhoek de sus animálculos¹⁵ (numerados del 1 al 11), los cuales describió en la carta anteriormente traducida:

¹³ Texto original en inglés, traducción mía.

¹⁴ Texto original en inglés, traducción mía.

¹⁵ La ilustración 5 se encuentra en: <https://www.gideononline.com/2020/09/17/leeuwenhoek-scientist-who-saw-animalcules/>



Ilustración 5.
Dibujo de Leeuwenhoek de los animalículos observados en
agua de lluvia reposada.

A partir de esta experiencia, empieza a poner en sus lentes algunos líquidos para poder ver mejor estos nuevos “objetos”, para que le ofrecieran mejores ángulos de visión. Una de estas experiencias fue la observación de semen de mamíferos como el perro y el conejo, logrando realizar descripciones detalladas y llegando a relacionar estos “objetos” con la función de la reproducción. A continuación, en la ilustración-6¹⁶, apreciamos los dibujos de Leeuwenhoek al respecto:

¹⁶ https://www.researchgate.net/figure/Sperm-from-rabbits-and-dogs-drawn-by-Antonie-van-Philosophical_fig4_324484207

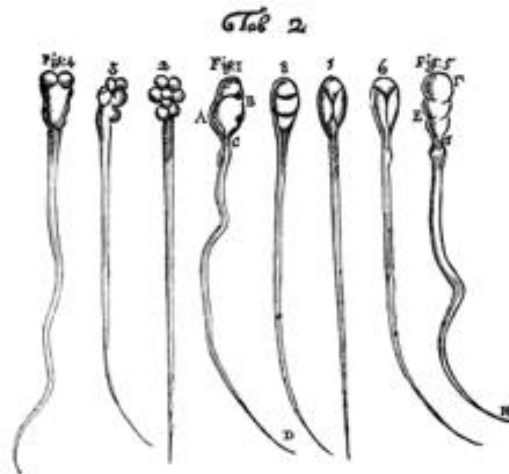


Ilustración 6.
Dibujo de Leeuwenhoek de animálculos vivos
(espermatozoides) en el semen de perro y de conejo.

El placer que tenía Leeuwenhoek por saciar su curiosidad, lo lleva a descubrir, por azar, estructuras desconocidas en las ciencias biológicas; tanto que, actualmente, se lo posiciona como un personaje fundamental en el descubrimiento de microorganismos. Gracias al microscopio, sus hallazgos brindan a la biología —es decir, a quien tiene la postura de investigador de esa disciplina— una infinidad de preguntas. Esto equivale a decir que lo que hacía Leeuwenhoek eran solamente descripciones, sin referentes teóricos.

Una de las más importantes preguntas que se podían hacer, a partir del trabajo del holandés, es la que plantea Rostand (1945): al descubrir los animálculos seminales, ¿la idea de la “generación espontánea” no quedaba en problemas? Esta teoría, postulada inicialmente por Aristóteles, y que tuvo gran fuerza hasta la mitad del siglo XIX, sostenía que los seres vivos se originaban a partir de la materia orgánica, gracias a una fuerza sobrenatural capaz de dar vida a aquello que no lo tenía. La hipótesis de Aristóteles se basaba en que, si algunas proporciones de la materia contenían un “principio activo” y se presentaban en condiciones apropiadas, entonces se podría

producir un ser vivo; esto lo explicaba con el huevo de la gallina: poseía el principio activo (energía) y, si cumplía una serie de eventos y condiciones (calentamiento, por ejemplo), podría originar un ser vivo: un polluelo.

Siguiendo este mismo ejemplo en relación con la posibilidad de interrogar la generación espontánea con lo descubierto por Leeuwenhoek, Reinier De Graaf, científico dedicado a estudiar los órganos reproductores y miembro importante en la escuela de microscopistas neerlandeses, llegaba a la conclusión de que el huevo pasaba a la trompa uterina y luego al útero donde lograba su desarrollo (Rostand, 1945, pág.18). Aunque la idea no es la que se tiene en la actualidad, se acercó a lo que verdaderamente pasaba en esta estructura y más con las observaciones de los “animálculos vivos” (espermatozoides) descubiertos por Leeuwenhoek.

Con el descubrimiento que hacen Reiner De Graaf y Leeuwenhoek —sumado a la posición científica vitalista que se tenía de la generación espontánea desde el siglo XVII hasta la mitad del siglo XIX— se empieza a dejar a un lado esa teoría y se postulan nuevas hipótesis; una de ellas es la que brinda el médico inglés William Harvey (1578-1657): “la matriz concibe el feto por efecto de un contagio que la simiente del varón le comunica, aproximadamente de la misma manera que el imán comunica al hierro su virtud magnética” (Rostand, 1945, pág. 18). Dedicado a estudiar el crecimiento y desarrollo de los pollos, Harvey realiza una teoría más, mencionando que es en el huevo donde ocurre una serie de eventos para la formación sucesiva de partes nuevas hasta llegar al embrión; esto lo llamó *epigénesis*¹⁷: cada organismo

¹⁷ Concepto expuesto por William Harvey en su publicación *Exercitationes de generatione animalium* (1651).

adquiere su forma definitiva de manera gradual mediante la acción de sustancias inductoras (que actúan en la célula para modificar la forma y la función) [Rostand, 1945, pág. 19].

Todo lo anterior abre una puerta hacia la comprensión de la reproducción (de aquella época) y es que todos los animales —incluyendo los vivíparos— engendran otros seres vivos por medio de huevos o, como lo llamaban en aquella época, por el “germen universal”. Con la descripción del animáculo (espermatozoide) toma fuerza esta teoría ya que, al realizar la observación con machos de diferentes especies, se deducía lo siguiente:

El germen pertenecería al padre y no a la madre, y el papel que éste desempeñaba sería accesorio; el huevo —allí donde existe, y no es en todos los sitios— sólo serviría de receptáculo y de alimento para el germen paterno (Rostand, 1945, pág. 20).

Todo ello permitió, en su momento, formar nuevas teorías frente a la generación en relación con los gérmenes. Se deducía que estaban esparcidos por el aire y se podían obtener a partir de la respiración o nutrición, dirigiéndose a la parte reproductiva de los machos, pasando después a las hembras, empoderándose de éstas para poder desarrollarse; al encontrarse en todos los lados dichos gérmenes, todos los seres vivos se podían reproducir entre las mismas especies. Por tanto, con el descubrimiento de Leeuwenhoek (especialmente con la observación de sus “animáculos vivos”), se empezó a analizar otro tipo de teorías que refutaron indirectamente la teoría de la generación espontánea de la vida y confirmaron que todos los animales en los que se había observado líquido seminal (conejos, perros, ratas, mejillones, entre otros) poseían estos animáculos que los ayudaban a reproducirse.

Sin embargo, éstas no eran preguntas para Leeuwenhoek; su único objetivo era observar elementos nuevos, saciar su curiosidad. No realizaba estos escrutinios buscando comprender algo, no partía de una pregunta, no buscaba representar algún conocimiento; su inquietud no hacía serie con un pensamiento sistemático, ni entraba en relación con un círculo científico. Las muestras que realizaba no tenían una secuencia lógica (por ejemplo, para identificar las partes celulares de los espermatozoides)... pero sí lúdica: se divertía.

Claramente, no estaba en la posición de encontrar un espíritu científico; es decir, en términos de Bachelard, de hacer de su experiencia un conocimiento, de ordenar acontecimientos de forma racional. Para Bachelard (1938, pág. 8), el espíritu científico se funda a partir de la abstracción, es decir, de ir llevando esa curiosidad a una formalización científica. Al observar los dibujos de Leeuwenhoek, podemos decir que no hacen sistema, no clasifican, no demuestran, no objetan alguna idea anterior... simplemente se *acumulan*. ¿Y no es ese uno de los riesgos de los actos educativos? No estamos del lado de quien objeta la educación por llegar a esas acumulaciones; pensamos que eso *no es educar*. Leeuwenhoek no obra por un “espíritu científico”, sino por el gusto particular de observar todos los elementos que estaban a su alrededor. ¿Y no podría haber algo de eso en la posición de un profesor que dispone un microscopio en clase? Además, ¿cómo sabe que el estudiante que se presta para la actividad no está en esa posición?

En términos de Bachelard (1938, pág.63), lo que hace el holandés es una acción psicológica en gran medida accidental, dada por un impulso que determinó, en definitiva, su vocación a partir de la experiencia que tuvo con las lupas y la observación de telas. Cuando decimos “un impulso”, alejamos dicha acción de un trabajo que pudiera encontrar en algún momento ese hallazgo, y lo ubicamos más bien

en la contingencia. Claro que ésta también tiene lugar en la investigación, pero en un contexto de necesidad, o sea, de lo que la disciplina sabe hasta ese momento. En el otro caso, en cambio, tenemos contingencia en medio de la contingencia.

No conocemos completamente los criterios con los que la Royal Society reclutaba a sus miembros en aquel momento, pero sabemos que en las prácticas concretas confluyen muchos criterios e intereses, por lo que es de esperar que una Sociedad como esa no sólo aplicaba criterios científicos. El caso es que Leeuwenhoek fue su miembro por la novedad de sus hallazgos “técnicos”, no por su posición frente al saber, no por aportar conocimientos a una comunidad científica... aportó, eso sí, un instrumento que los biólogos podrían *utilizar*, pero en función de sus teorías. Es un caso curioso de coincidencia, en espacio y tiempo, de una secuencia técnica y una secuencia teórica... encuentro animado por la satisfacción de un hombre.

Luego, movidos por un “espíritu científico”, los investigadores señalaron, en las ilustraciones que hacía el holandés, por ejemplo, algunas partes de los espermatozoides, como la ‘cabeza’, la ‘cola’ (o flagelo) y el ‘acrosoma’, según se muestra en la siguiente figura¹⁸:

¹⁸ <https://es.slideshare.net/Jnatalia92/gentica-y-medio-ambiente-espermatogenesis-y-el-espermatozoide>

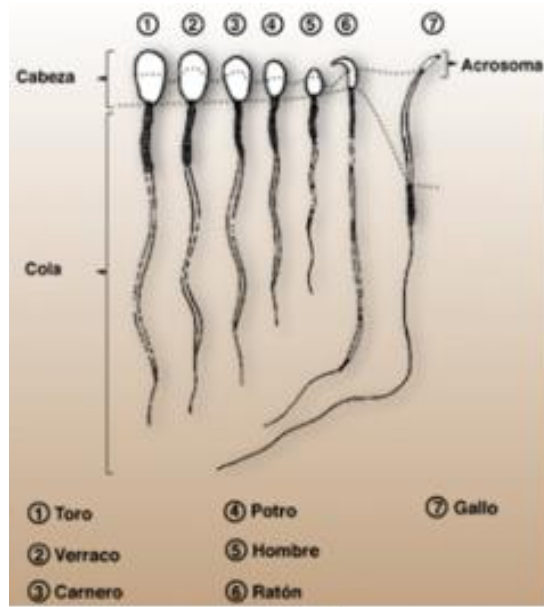
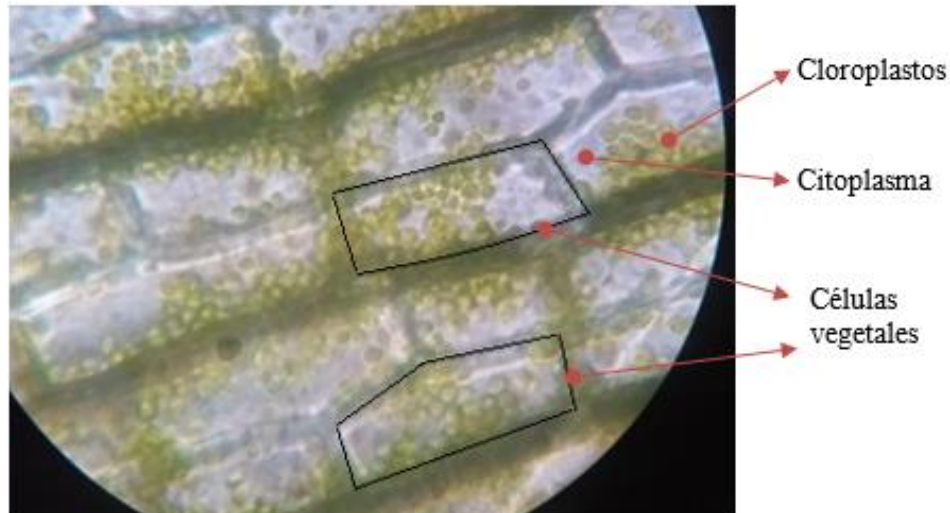


Ilustración 7.
Partes de los espermatozoides de varios animales.

El microscopio en la escuela

Pues bien, de un lado, mis estudiantes parecen estar en una posición semejante a la de Leeuwenhoek, pues no es algo “del pasado”, ya superado, sino algo ligado a las formas de aproximación de los sujetos al conocimiento. Y, de otro lado, yo parezco estar en función de animar esa diversión, aun sin proponérmelo de manera explícita, pues ese nuevo objeto de entretención, ligado a una satisfacción ya frecuentada por los estudiantes (con la televisión, y el internet, por ejemplo), es muy difícil que se pueda ver en otro espacio que no sea la clase de biología: no es muy frecuente que niños de esa edad y en sus condiciones, tengan un microscopio en casa. Y sabemos que, de los objetos especiales que les brinda la asignatura, les llama la atención aquellos que se mueven. Para ellos, lo que está quieto sólo parece servir como telón de fondo de un movimiento posible. De tal manera, si todo estuviera quieto, sería aburrido (y así lo dicen algunas veces en los protocolos); pero, si todo se moviera, no habría forma de constatar esa agitación.

Un ejemplo del movimiento que introduzco con el microscopio es la *ciclosis*, que se puede observar en una de las hojas de la planta llamada ‘elodea’. La *ciclosis* es el movimiento giratorio de los cloroplastos en el citoplasma; la función de este movimiento es facilitar el intercambio de sustancias intracelulares e intercelulares. El movimiento varía del estado de la célula o del agente externo que lo estimula, como la luz (y, en el caso de la muestra, la luz es aportada por el microscopio). La siguiente ilustración es una elaboración propia de una observación de la *ciclosis* de esta planta, con estudiantes de grado cuarto:



*Ilustración 8.
Observación de la cicloisis en Elodea.*

En esta muestra, el telón de fondo —aquello que no se mueve— lo constituyen las células vegetales en forma rectangular (para la visualización, he delineado dos de ellas). Con este telón de fondo, se percibe el movimiento de los cloroplastos (formas verdes redondeadas), dada su función de captar la luz para realizar la fotosíntesis¹⁹. Pues bien, en este caso, es precisamente el microscopio el que causa ese estímulo luminoso, pues está provisto de una luz que se dirige al objeto observado (para detallar el movimiento, he agregado un enlace²⁰ que fue grabado desde un celular en la clase de biología).

Ya habíamos visto que Leeuwenhoek se dio cuenta de que la incidencia de la luz en una muestra de agua de lluvia reposada causaba que los animálculos se movieran. Es decir, el instrumento no está simplemente “ayudando a mirar”, sino que puede

¹⁹ Proceso en el que se obtiene hidratos de carbono a partir de la energía de la luz y del dióxido de carbono; también pueden almacenar almidón y se puede dar la síntesis de proteínas.

²⁰ Vídeo de la cicloisis observada en la clase: https://www.youtube.com/watch?v=tzHbHVv2G_Q

modificar la muestra misma; es más: la muestra es preparada *para* el instrumento, se adapta a sus características. Si esto tiene que ver con la idea de un obstáculo, estaríamos agregando a la lista de obstáculos uno de naturaleza técnica; es más, el diseño del microscopio corresponde a proporcionar imágenes aumentadas y nítidas para las personas, ya que los componentes ópticos (especialmente los objetivos y oculares) están dispuestos y alineados de manera precisa para la observación de las muestras. Ahora, detengámonos en los objetivos que son uno de los componentes más importantes del microscopio pues tienen la función de agrupar la luz de la muestra logrando proyectar una imagen nítida, real, invertida y aumentada hacia la persona que está observando en el microscopio. Resulta que, tal y como pasa con el telescopio refractor²¹ (conocido como ‘kepleriano’), el microscopio también se ve afectado por la *aberración cromática*, efecto relacionado con las variaciones en los índices de refracción de las diversas frecuencias que conforman la luz blanca visible, como se observa en la ilustración-9²²:

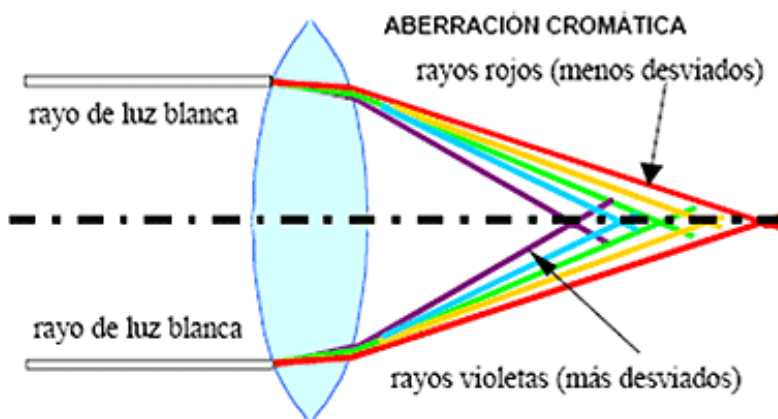


Ilustración 9.
Aberración cromática en el microscopio.

²¹ http://www.telescopios.org/tienda/telescopios_refractores.htm

²² http://www.medic.ula.ve/histologia/anexos/microscopweb/MONOWEB/capitulo3_5.htm#aberra

En el caso de los microscopios, los objetivos son elaborados para la corrección de estas aberraciones y se clasifican en tres grupos: los objetivos acromáticos que presentan corrección cromática para la luz roja y azul, objetivos semi-apocromáticos que corrigen la luz azul, roja y en cierto grado el verde y los objetivos apocromáticos que poseen el más alto nivel de correcciones frente a las aberraciones, presentando corrección cromática para los colores azul oscuro, azul, rojo y verde; dado a su alto grado de corrección poseen mayores aperturas numéricas que los objetivos acromáticos.

A continuación, en la ilustración-10²³, veremos la estructura interna de cada uno de estos objetivos enunciados en a, b y c:

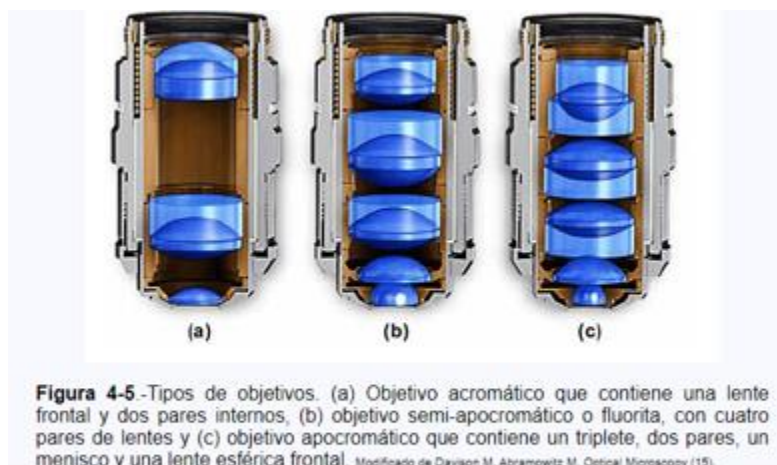


Ilustración 10.
Tipos de objetivos para corregir aberraciones.

²³ http://www.medic.ula.ve/histologia/anexos/microscopweb/MONOWEB/capitulo4_4.htm

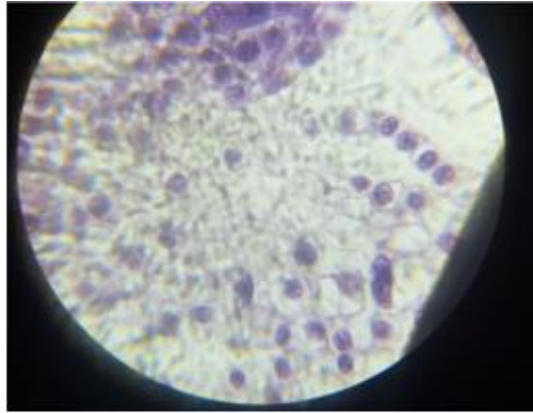
Ahora bien, cada objetivo cuenta con una nomenclatura donde se observan todas las propiedades ópticas que posee tal y como se observa en la ilustración-11²⁴:



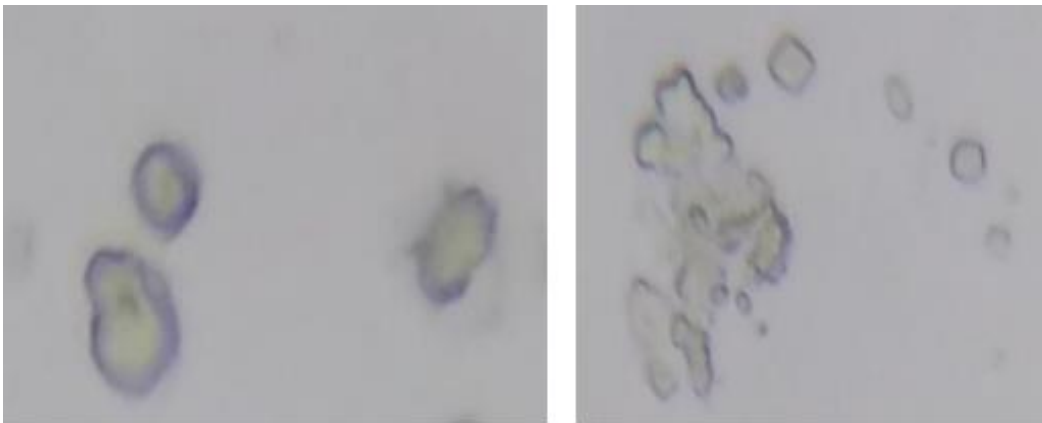
*Ilustración 11.
Propiedades de un objetivo en el microscopio.*

Cabe aclarar que, aunque estos objetivos presentan estas correcciones, en las imágenes se proyectan algunas distorsiones que también se clasifican como un grupo de aberración. Lo anterior lo puedo evidenciar en algunas elaboraciones propias que a continuación enunciaré: la ilustración-12 es una muestra observada de estructuras reproductivas en una flor de ajo con anteras y ovarios en un objetivo 100X, a la que se le incluye el aceite de inmersión. La ilustración-13 es una muestra de células epiteliales de saliva de humano, donde se observa con mayor detalle el otro tipo de aberración (distorsión) que afecta particularmente los bordes de la célula que conforman el tejido:

²⁴ http://www.medic.ula.ve/histologia/anexos/microscopweb/MONOWEB/capitulo4_4.htm

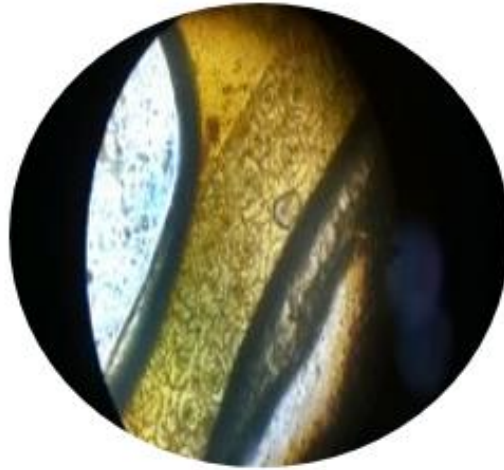


*Ilustración 12.
Muestra de estructuras reproductivas (ovarios y anteras) en una flor de ajo.*



*Ilustración 13.
Aberración cromática-distorsión en los bordes de las células epiteliales de la saliva de un humano.*

Ahora bien, sabemos que los microscopios, al ser de uso escolar, pueden presentar algún daño que requiera mantenimiento en su sistema óptico; cuando se presenta alguna dificultad “en su sistema, se dificulta totalmente la observación de la muestra en el campo visual, tal y como me pasó en un laboratorio de biología vegetal en mi pregrado, cuando observábamos los estomas... En ese momento me preguntaba cuáles eran estas estructuras: ¿las de la parte izquierda o lo verde que se ve en el centro? A continuación, evidencio lo anterior con una elaboración propia:



*Ilustración 14.
Observación de estomas.*

Con lo anterior podemos preguntarnos por lo que introduce el instrumento mismo (tanto en la investigación como en la enseñanza) y por la manera como hay que *transformar* el objeto para supuestamente “observarlo”. Sin la luz incidente, que forma parte del microscopio, la muestra sencillamente no se vería. Pero la luz puede incidir de varias formas y, en cada caso, la muestra es distinta. De otro lado, sin las sustancias de contraste, difícilmente podría diferenciarse algo del conjunto. Por ello, al aplicar estas sustancias, algunas partes se logran visibilizar significativamente. Entonces, describiré algunas prácticas realizadas con sustancias de contraste para poder brindar una mejor comprensión a lo anteriormente mencionado.

Para lograr la observación microscópica de algunas células, partes celulares o tejidos se utilizan algunas sustancias de contraste que determinan mayor nitidez a las muestras. Generalmente se utilizan los colorantes o las tinciones. El uso de los componentes y las funciones que establece la primera sustancia de contraste se explica químicamente; es algo que, por lo general, no se explica a los estudiantes. Los colorantes están constituidos por dos componentes: el primero de ellos se denomina

‘componente cromóforo’²⁵ y el segundo se denomina ‘auxocromo’²⁶: este último, cuando se une a un cromóforo, aumenta la longitud de onda, lo cual permite absorber la luz e intensificar el color. Entre más se logre el desplazamiento de los cromóforos hacia longitudes de onda largas, aumenta significativamente la intensidad y la nitidez, brindando así, al observador, mejor visibilidad de las estructuras diminutas.

También están las tinciones, que se clasifican en: ‘simples’, cuando la muestra se tiñe sólo con un tono de color (ejemplo: azul de metileno o tinta china); y ‘diferenciales’, cuando se utilizan varios tintes, como sucede con la tinción de ‘Gram’ que suele ser utilizada para observar la pared celular de las bacterias y, así, determinar si son ‘Gram positivas’ o ‘Gram negativas’. Para utilizar este tinte, se hace una preparación previa de las muestras para fijarlas, ya que no sólo se evidencia la estructura morfológica, sino también la estructura química de las células. Para esta fijación hay diferentes técnicas como la temperatura y el uso de agentes oxidantes como acetona, metanol o etanol, todo dependiendo de la estructura de lo que se quiera evidenciar.

Una de las experiencias que usualmente realizaba con mis estudiantes de grado cuarto, era la observación de las células de la epidermis de la cebolla, utilizando la tinción azul de metileno, con el fin de hacer visibles partes de las células como la pared celular, la vacuola, la membrana celular, el citoplasma y el núcleo. Yo preparaba y enfocaba las muestras y brindaba a mis estudiantes un protocolo, como he comentado: un paso a paso de cómo yo lo había realizado. En ese protocolo, los estudiantes

²⁵ Son moléculas con enlaces covalentes e insaturados que absorben longitudes de onda ultravioleta o visible; esto quiere decir que hay una región molecular donde la diferencia entre dos orbitales atómicos cae en un rango del espectro visible, generalmente están formados por dobles o triples enlaces de carbono-carbono, anillos aromáticos y grupos carbonilos.

²⁶ Son grupos funcionales de átomos con uno o más pares de electrones solitarios.

describían lo observado desde los siguientes ítems: nombre de la estructura observada, color, forma, tamaño, función; además, debían incluir el dibujo de lo observado.

La siguiente ilustración es una foto de las células de la epidermis de la cebolla observadas en clase, con un objetivo 100X. Por observarla desde este objetivo, también se le agrega a la muestra ‘aceite de inmersión’, que es un líquido viscoso y transparente que se pone en el cubreobjetos²⁷ y que posee estas propiedades: un alto índice refractivo, concentra la luz, da homogeneidad a la muestra, aumenta el poder de resolución y desvía el haz luminoso. Todo esto permite observar estructuras muy pequeñas como por ejemplo, los núcleos celulares:

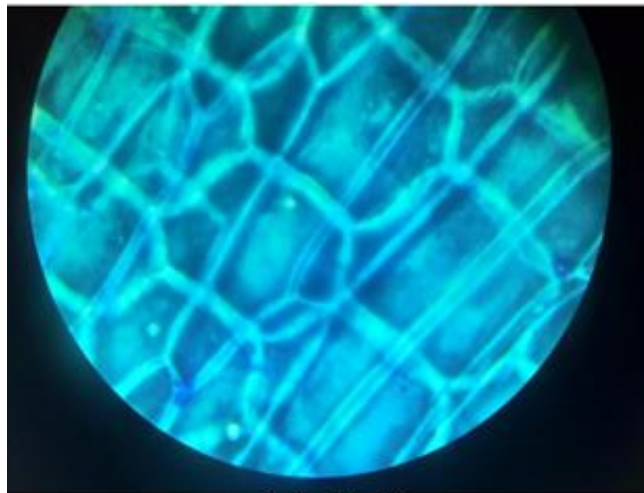
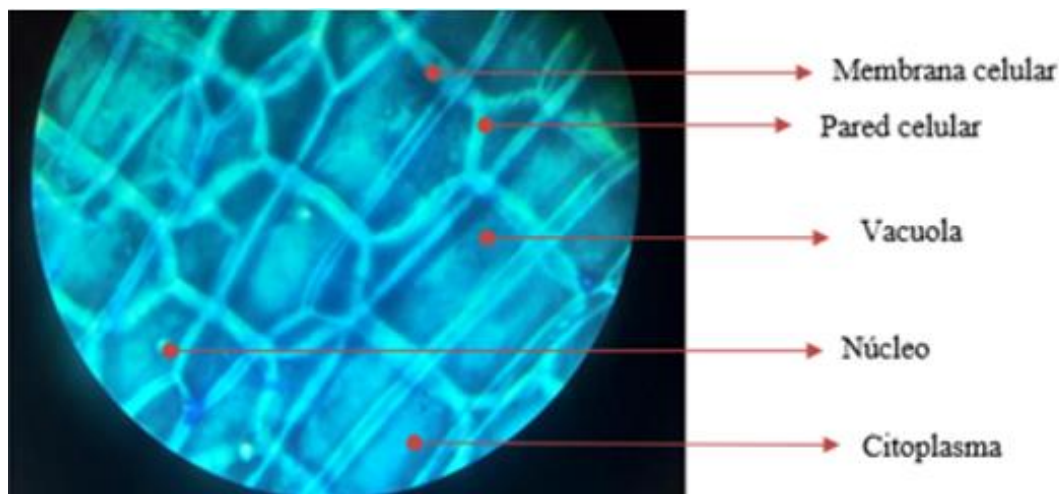


Ilustración 15.

Epidermis de la cebolla. Se le ha agregado azul de metileno y aceite de inmersión para la observación en un objetivo 100X.

²⁷ Es una placa en forma cuadrada o rectangular muy delgada y transparente hecho de cristal o de plástico que se coloca sobre el portaobjeto. Sirve para fijar la muestra y evitar que se mueva fuera del alcance de la observación. El portaobjetos es una lámina rectangular de vidrio transparente en el cual se colocan las muestras que se observarán en el microscopio.

En este caso, la tinción azul de metileno implica un *cambio de la realidad de lo observado*; sin embargo, ni yo les informaba mis estudiantes de esta transformación, ni ellos lograban identificar las partes mencionadas. Como maestra, yo sentía insatisfacción al no poder recibir las respuestas que deseaba. La siguiente imagen, evidencia lo que yo quería que ellos identificaran en la muestra de la ilustración-15:



*Ilustración 16.
Partes celulares en la epidermis de la cebolla.*

Al momento de evaluar el escrito de los estudiantes, obtenía respuestas como: “veo líneas”, “veo azul” o “no veo nada”. Estas respuestas no eran las que esperaba, ya que en las clases trataba de dar definiciones, ejemplificar con fotografías, daba ejemplos... y, aun así, ¡no obtenía este tipo de respuestas! Leyendo a Bachelard encontré una posible explicación a lo que ocurría: no he logrado explorar *las nociones-que-se-imponen* (dadas en la relación que el niño tiene con el conocimiento) y me he quedado en definiciones estáticas, en *núcleos de inconsciencia* que Bachelard (1938) define como el cansancio del espíritu sobre las falsas combinaciones que surgen a partir de la falta de reflexión (pág. 54) y que, según creo, no producen efecto formativo. Ahora bien, es importante reconocer este tipo de prácticas en mi formación como licenciada en biología, lo cual me permite reflexionar lo mencionado por Bachelard. Durante mi

primer semestre en la universidad realizamos la práctica de la mitosis, evidenciada en la raíz de la cebolla. Esto permitía observar cada una de las fases: profase, metafase, interfase, anafase, telofase. Veámoslo en una elaboración propia:

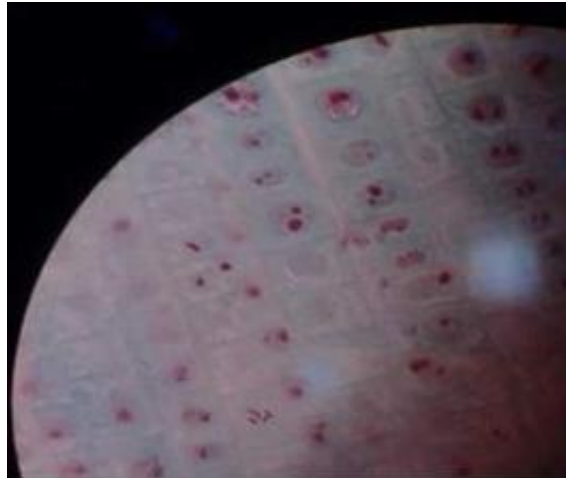


Ilustración 17.
Mitosis en la raíz de una cebolla.

La ilustración-18 es tomada de internet²⁸ desde el mismo plano de lo observado en la ilustración-17, pero más ampliado:

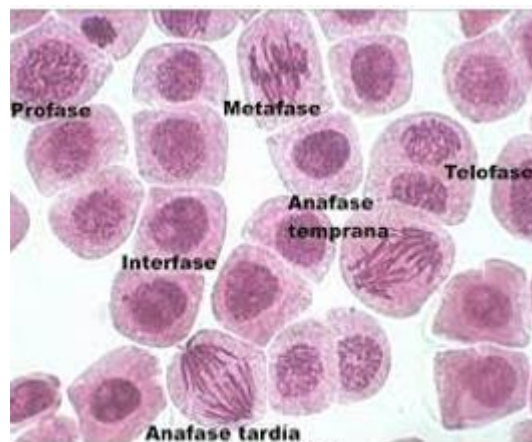


Ilustración 18.
Mitosis en la raíz de una cebolla.

28

<https://biologiadelaringbiotecnologia.jimdofree.com/app/download/10272725983/Laboratorio+Mitosis+en+cebolla.pdf?t=1503698704>

Cuando yo observaba la ilustración-17, tenía casi la misma posición que mis estudiantes: únicamente veía líneas, círculos y cuadrados. Sólo mi relación con los conceptos de la disciplina me permitió, más adelante, determinar cada una de las etapas de la mitosis, tal como se observa en la ilustración-18. ¡Mi maestro estaba haciendo lo mismo que hago con mis estudiantes!: me daba el protocolo de laboratorio donde se contemplaba una indagación previa, nos ponía a dibujar la muestra, a enfocar en un tiempo determinado y, aun cuando tenía bastantes preguntas, no se tenía el tiempo suficiente para dialogarlas. En este sentido, el laboratorio desarrollado ¿tiene efecto formativo? En cualquier caso, no se comprendió, en su momento, todo lo que pasaba a nivel biológico, químico y físico para poder observar este proceso celular... y yo traslado ese obstáculo pedagógico a los estudiantes.

Entonces, leyendo a Bachelard, pienso que son estas experiencias las que hacen retornar a la educación científica del siglo XVII, pues “las distintas actividades naturales se convierten en manifestaciones variadas de una única y misma naturaleza. No se puede concebir que la experiencia se contradiga y tampoco que se separe en comportamientos” (Bachelard, 1938, pág. 103). Cuando retornamos a la experiencia en el proceso de enseñanza, aparecen “falsos problemas”: así denomina Bachelard a la relación entre la educación científica del siglo XVII y el proceso de la experiencia en la enseñanza de las ciencias, cuando el conocimiento científico se reduce a únicas leyes que rigen la naturaleza. Por tanto, aparecen contradicciones y obstáculos epistemológicos.

De ahí que Bachelard invite a volver al mundo objetivo para evitar que esos principios que rigieron la educación científica en el siglo XVII se transpongan en el conocimiento, impidiendo “la curiosidad homogénea que proporciona la paciencia para seguir un orden de hechos bien definidos” (Bachelard, 1938, pág. 105). Se

refiriere a acciones reales, acciones materiales, no a pensamientos que infieren a la supradeterminación haciendo que nuestro espíritu no sea científico sino un espíritu confuso. Con este término de ‘supradeterminación’ Bachelard caracteriza la mentalidad de algunos científicos del siglo XVII que, por la creencia o por los signos, pensaban que había una unidad armónica en el conocimiento. Ejemplo: que los cambios de los reinos o religiones provenían del cambio de planetas de un lugar a otro; o cuando decían que los cometas eran las almas de los grandes y santos personajes que abandonaban la tierra, subiendo triunfalmente al firmamento (Bachelard, 1938, pág. 106).

Lo anterior me invita a interrogar la certeza, el protocolo y los requerimientos para que algo se vuelva observable, pues el maestro puede impedir la pregunta (sepa o no la respuesta), puede desinteresarse de la incertidumbre del estudiante que “observa” lo que se le ofrece a ver en clase. Tal vez tendemos a evadir la incertidumbre y, por eso, planeamos las clases y las prácticas, hasta el extremo de invadir ese espacio en el que el otro duda. Cuando es así, el maestro introduce obstáculos pedagógicos. Insisto: hay obstáculos epistemológicos en los estudiantes, pues es algo propio del conocer; pero, entonces, el maestro, en lugar de apuntar a la especificidad de tales obstáculos epistemológicos, introduce otros, de naturaleza pedagógica, pues no están referidos específicamente al objeto de conocimiento, sino a la manera de acceder a él que el maestro piensa que es la mejor. Por ejemplo, cuando acalla con afirmaciones las posibles preguntas. Afirmaciones que el otro puede “archivar” (y usar en las evaluaciones, por ejemplo), pero cuya génesis desconoce. Y producir un “espíritu científico” es crear las condiciones para que el estudiante entienda la génesis de las afirmaciones que responden sus preguntas.

Más que voceros de unas conquistas de la humanidad, los maestros que forman espíritus científicos crean situaciones complejas para que el otro se pregunte, para que el saber que tiene resulte insuficiente. En ese sentido, no crea “experiencias”, que resultan siendo confusas desde el punto de vista lógico y satisfaciendo otros intereses no-cognitivos, si no, más bien, *experimentos* henchidos de preguntas. Tampoco ofrece una “utilidad al conocimiento” en la vida cotidiana (como cuando decimos que la química se expresa en la cocina, o que las matemáticas se usan a la hora de recibir el cambio en la tienda, o que la biología tiene lugar cuando decimos que hay que cuidar el ambiente, etc.), pues el objeto de conocimiento va más allá, mucho más allá de esas rutinas cotidianas.

La idea es, en palabras de Bachelard, hacer un “psicoanálisis del conocimiento objetivo”, contra las consideraciones pragmáticas que apuntan a la utilidad del conocimiento, con lo cual rinden explicaciones finalistas que obstaculizan el conocimiento objetivo, el espíritu científico (Bachelard, 1938, Pág. 111). Dentro de ese psicoanálisis del conocimiento, el autor me permite reflexionar frente a cómo enseño a observar y cómo oriento la práctica de laboratorio (describir las muestras según las categorías que ya se han construido —forma, color, tamaño—). No he psicoanalizado la manera como interpretan los estudiantes (observadores); si así fuera, se harían visibles lo que Bachelard llama *explicaciones irracionales* (1938, pág. 54), que se ocultan en virtud de mi impulso a que mis estudiantes observen algo... además, de manera obligatoria. Como no se explora lo que piensan, las reflexiones que hacen, las preguntas que podrían formularse, el laboratorio se circunscribe a una experiencia básica que se juega en la inmediatez. Lo “aprendido” allí, entonces, es sensible, pasional y desde la inconciencia de los deseos (Bachelard, 1938, pág. 55).

De acuerdo con lo anterior, puedo decir que en el laboratorio mi práctica se vuelve un libreto. Por ejemplo, creo prioritario que mis estudiantes entiendan qué es lo microscópico mencionado, o sea: seres vivos o estructuras del ser viviente que se pueden observar únicamente con el microscopio. Pues bien, esto corresponde a ideas sintéticas y a reducciones intelectuales (Bachelard, 1938, pág.113) que fortalecen cierto pensamiento inconsciente mediante aglomeraciones. Así, el espíritu se hace introvertido, no se causa un conocimiento reflexivo y se da paso a la deformación del conocimiento que se produce por los núcleos de inconsciencia (Bachelard, 1938, pág. 54).

La sugerida relación teoría/práctica puede resultar contraproducente: del lado de la teoría, se dictan las definiciones de los conceptos de la disciplina; se supone que es algo correcto, pues tales conceptos los ha venido estableciendo una comunidad científica de investigadores y mal haría el docente —se supone— si espera a que tales conceptos tengan lugar espontáneamente en el estudiante. Y, del lado de la práctica, introduzco a mis estudiantes en la observación microscópica. Parece un panorama saludable de enseñanza, pues articula teoría y práctica, pero se inmoviliza el conocimiento, no se logran explorar las *nociones-que-se-imponen* a lo largo de la escolaridad; y como no se trasciende la experiencia, no se introduce el valor del experimento, con lo que la observación a través del microscopio termina siendo *ornamental*.

Para explorar las *nociones-que-se-imponen* es importante que logre reconocer a los estudiantes como sujetos que tienen experiencias y creencias relacionadas con su realidad, dando la posibilidad de que sean ellos quienes realicen las preguntas en relación con lo que observan en el microscopio y con las condiciones de observación (sobre el instrumento mismo, por ejemplo). Pero, atención: no se trata de “valorar”

esas creencias y esas experiencias, bien sea encumbrándolas como un saber con idénticos derechos a cualquier otro saber, o bien sea condenándolas por equivocadas. Si la escuela puso a la biología como una asignatura, entonces yo tendría que dar lugar a que se expresen esas posiciones y *problematizarlas*. Es un principio epistemológico la idea de que el conocimiento *objeta*, tanto la experiencia como las nociones que se tienen de entrada.

Si el docente, sirviéndose de su relación con el saber, no trata de romper el vínculo con la experiencia inmediata, las clases se vuelven un asunto efímero y poco formativo, pese a que, de un lado, los estudiantes se deslumbren con algo (por ejemplo, con el movimiento que se presenta en algunas muestras, como ocurre en mi clase); y, de otro lado, pese a que se desarrolle cumplida y exhaustivamente el programa.

Entonces, se puede decir que el reto estaría en reflexionar cómo se podría *llegar a una comprensión racional de los conceptos de la biología*. Digo “llegar a” porque, si bien la biología ha producido unos conceptos y ha hecho descripciones y explicaciones que consideramos plausibles, el docente tiene a cargo unos estudiantes que no llegarán a esos conceptos por el hecho de que se los mencionen (dado que poseen unos obstáculos epistemológicos), ni por el hecho de hacer unas observaciones de muestras microscópicas (que constituyen para ellos experiencias inmediatas que acentúan dichos obstáculos). Se supone que el maestro de biología ya “llegó” a esa lógica argumentativa de la disciplina, pero ahora tiene que crear las condiciones para que sus estudiantes tengan esa posibilidad. Eso sería la formación.

Bachelard brinda un camino posible, a través del experimento. Ahora bien, *experimento* es aquí un concepto, no obedece a la idea de que se trataría de un método

de comprobación, que es la concepción corriente (y, muchas veces, la idea del pedagogo). El experimento no podría comprobar una teoría, pues es diseñado *por la teoría misma*, y sólo ella podría entender lo que allí pasa. Entonces, acá ‘experimento’ es aquello que puede llegar a modificar la experiencia, a generar preguntas... pero no cualquier pregunta, pues sabemos que, en el uso cotidiano de la lengua, hay muchos tipos de preguntas: retóricas, de sorpresa, para suavizar órdenes, para hacer exámenes, para llenar formatos, etc. Acá no estamos hablando de suscitar preguntas como un requisito didáctico o pedagógico (impuesto por unas supuestas reglas de la enseñanza), sino de la pregunta como una expresión de que algo que se concebía ya no funciona, ya no es aceptable para el sujeto y, no obstante, éste no puede formularse todavía una explicación. Entonces, ¡hay que producir ese estado! Sin embargo, en ese punto puede llegar cualquier respuesta.

El lugar del maestro no es dar la respuesta supuestamente correcta, sino alimentar el camino al espíritu científico, sembrado de interrogantes. Propondrá respuestas, claro está, pero en el momento oportuno, suscitando nuevas preguntas. Se trata de involucrar la comprensión racional a partir de la manipulación de las variables ya que, su uso y cuestionamiento permitiría una comprensión racional, junto con el acrecentamiento de preguntas en función a lo que es susceptible de verse y se potenciarán los problemas, fomentando un verdadero espíritu científico.

La experiencia directa en clase no interroga los obstáculos epistemológicos. En cambio, el experimento —entendido como hemos dicho— va dirigido a conmover la experiencia, a introducir una acción en función de la comprensión racional:

la razón es una actividad psicológica esencialmente polítropa: ella quiere invertir los problemas, variarlos, injertar unos en otros, hacerlos proliferar. Una experiencia, para ser verdaderamente

racionalizada, debe pues insertarse en un juego de razones múltiples (Bachelard, 1938, p.48).

Un ejemplo de lo anterior es cuando, a partir de la experiencia de elodea, les explico a mis estudiantes cómo realizan las plantas la fotosíntesis. Generalmente se les dice (o más bien, se les dicta) que es un proceso natural, que le ocurre a todo ser vivo autótrofo, en el que un pigmento, llamado *clorofila* (que se encuentra en todas las partes verdes de la planta), fija el carbono y desprende oxígeno, a partir del gas carbónico presente en la atmósfera. En su momento, como maestra, creí que con este argumento teórico era suficiente, pero al momento de generar las preguntas no respondían lo que yo creía haber enseñado. Lo anterior implicó para mí, como maestra, todo un reto frente a la formalización del conocimiento desde la relación de la disciplina, la experiencia y las concepciones. ¿Qué hacer, por ejemplo, con el hecho de que en la fotosíntesis también intervienen procesos físicos y químicos?, ¿podría relacionarlo con las asignaturas correspondientes?

Para entender esta complejidad que ocurre en las clases, Bachelard me invita a propiciar la meditación profunda del conocimiento (Bachelard, 1938, pág. 59), y no concebir los laboratorios de biología (especialmente la microscopía) como una manera de manipular variables; si se lograra tal meditación del conocimiento, se encontraría un camino lógico sobre lo que se quiere comprender, pues el “saber” enunciado no constituye un camino lógico, así como tampoco la experiencia de observación empírica.

Muchas veces creí que la experimentación únicamente se desarrollaba en los laboratorios, pero en algún momento la educación científica se desarrollaba de manera diferente: “en nuestros días parece que el hombre del laboratorio puede más fácilmente desligarse de su función. Ya no mezcla su vida sentimental con su vida

científica. Su laboratorio ya no está en su casa, en su granero, en su sótano” (Bachelard, pág. 60). Es decir, si bien entiendo, en ámbitos formativos la experimentación no necesita de grandes espacios o de sofisticados instrumentos (sobre todo en la escuela), sino de un espíritu que quiera encontrar y reflexionar sobre los conocimientos. Por eso, Bachelard habla de una pedagogía “más humana” en comparación con una pedagogía intelectualista, positivista; la experimentación debe superar la tecnicidad de los elementos a utilizar:

[...] es en el trabajo mismo, en las lentas y suaves maniobras de las materias, en las disoluciones y cristalizaciones alternadas como el ritmo de los días y de las noches, donde se encuentran los mejores temas para la contemplación moral, los símbolos más claros de una escala de íntima perfección. La naturaleza puede ser admirada en extensión, en el cielo y en la tierra. La naturaleza puede ser admirada en comprensión, en su profundidad, en el juego de mutaciones sustanciales (Bachelard, 1938, pág. 61).

Hablamos de pedagogía. En cambio, en la disciplina, las exigencias son de otro tipo. Los instrumentos, por ejemplo, tienen correspondencia con las exigencias conceptuales. Podría pensarse que una institución educativa estaría mejor dotada si tiene un microscopio electrónico; pero si los instrumentos se corresponden con las elaboraciones teóricas, ¿cuál sería el nivel de elaboración para que tuviera sentido un aparato de esas posibilidades en una institución educativa? Por supuesto que las imágenes acrecentarían la precisión, pero ¿producirían el espíritu científico? ¿Serían meramente ornamentales!, no producirían, por sí mismas, mejores condiciones de posibilidad para la formación. Incluso podrían constituirse en un obstáculo pedagógico. Todos —como Leeuwenhoek— estarían dichosos de poder contemplar

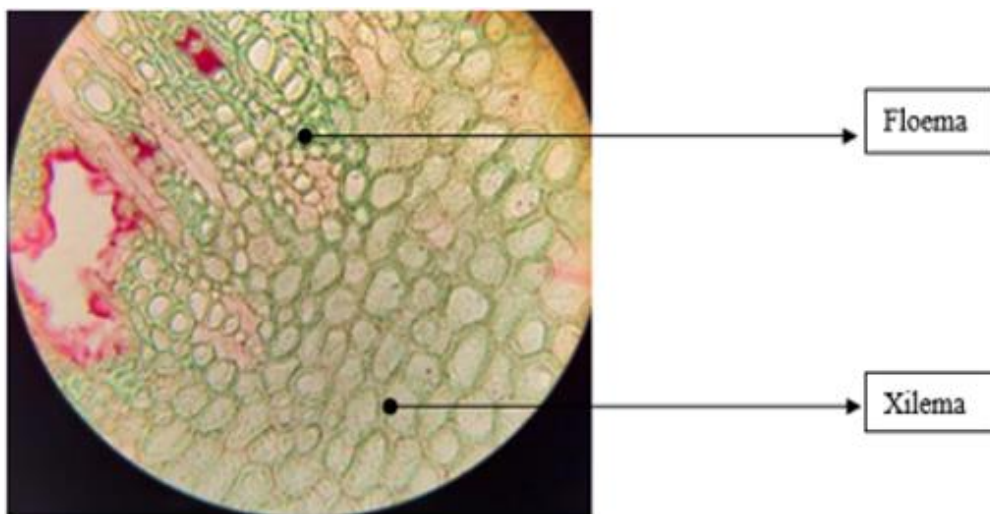
esas imágenes y, como el holandés, ya querrían poner todo tipo de objeto bajo el aparato.

En la cita anterior, Bachelard no sólo menciona la observación sino que analiza la importancia de la contemplación del conocimiento desde la reflexión y profundidad, no viéndolos desde un plano lógico-experimental, sino sobre un plano de intimidad personal en la experiencia psicológicamente concreta. Según el epistemólogo francés, la experimentación relaciona la experiencia psicológica y la experiencia material. En este sentido, el experimentador se puede entregar por completo, se puede entregar con amor, entendiendo esto como una fuerza secreta de la “perfección moral” (Bachelard, 1938, pág. 63). La experimentación puede poner el pensamiento en expectativa, pero si se crean hipótesis apoyadas sobre fuertes convicciones y no se da la posibilidad de ahondar sobre ellas, aparece un “conocimiento” científico impositivo.

Los que han pasado por la escuela con seguridad vieron en algún momento una célula dibujada en el tablero: “Ésta es la célula”, se decía, a pesar de que también se afirmaba que era microscópica. Y entonces se describía: membrana, dentro el plasma, en cual está el núcleo, etc. A propósito, dice Zuleta (1985, pág. 21): “Si el maestro aceptara que el niño o el joven es inteligente, y que puede enfrentarse con problemas complejos, entonces, en lugar de tanta figurita, tendría que exponer el concepto de célula; no presentar la imagen, porque la imagen no es el concepto, así se apoye o no en un dibujo, lo cual es secundario”. Hoy, además del dibujo, que supuestamente se hace “pedagógica” o “didácticamente” necesario, podríamos tener —como es mi caso— el microscopio en la clase. Pero se trata de una imagen que no produce, por sí misma un “espíritu científico”. La célula que concibe la biología no es el dibujo en el tablero, ni la imagen en el microscopio. ¡Es un concepto! Continúa Zuleta:

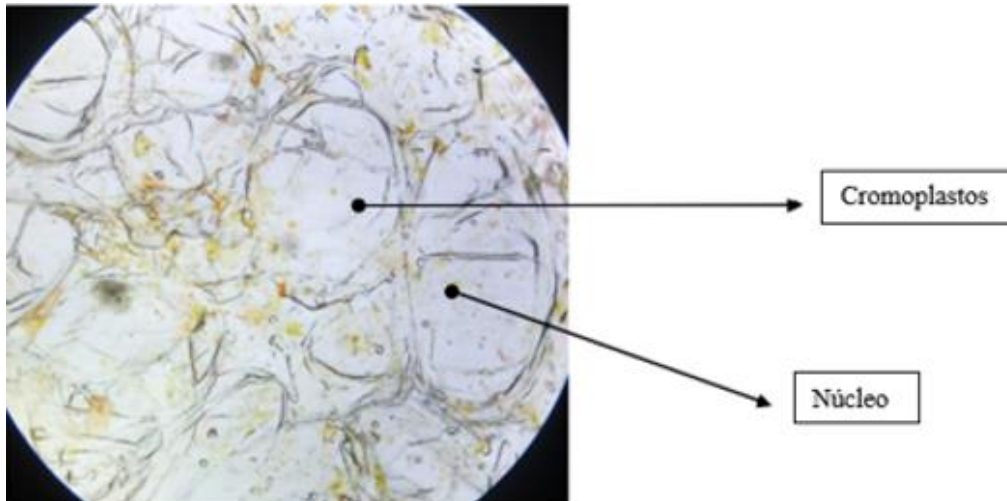
Imaginémonos esta gran complejidad. La membrana es una piel que es al mismo tiempo una boca, un ano, un gran ojo, y el sistema sensitivo de la célula. El niño quedaría asombrado de saber que es todo eso a la vez y posiblemente no lo olvidaría y sería fuente de muchas preguntas e inquietudes. Más adelante sería más fácil explicarle que las células se van especializando en una boca, en un ojo, en una piel, en un ano, etc. (1985, pág. 22).

Lo mencionado por Zuleta, se materializa en una de las prácticas de laboratorio con mis estudiantes denominado “laboratorio celular”, donde se inicia con la observación de diferentes muestras de células animales y vegetales. Yo tomaba la foto en mi celular desde el microscopio, luego la subía a la plataforma institucional, señalando cada parte observada. Las siguientes imágenes son elaboraciones propias, la primera corresponde a las células vegetales que conforman los tejidos conductores (Xilema y Floema) en un tallo de naranjo:



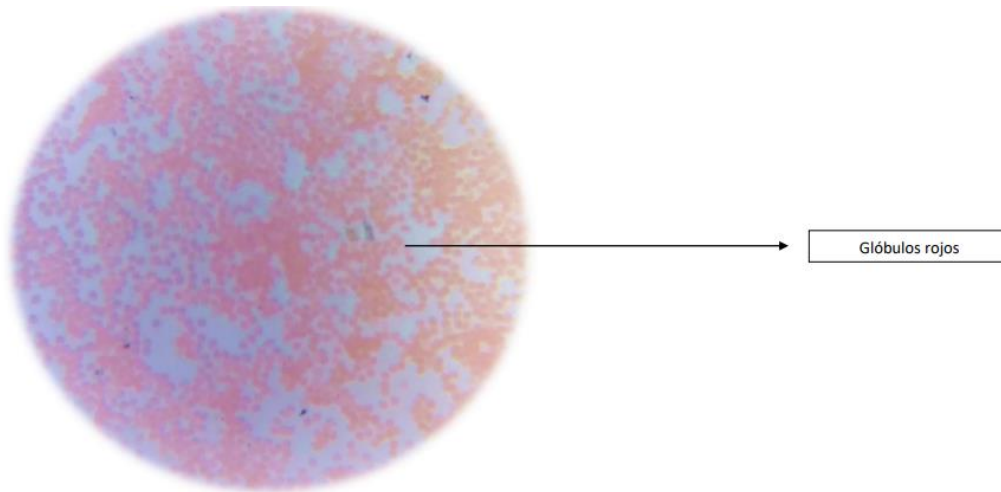
*Ilustración 19.
Células que forman los tejidos conductores Xilema y Floema.*

La segunda muestra corresponde a una estructura celular denominada cromoplastos, los cuales cumplen la función de almacenar pigmentos vegetales:



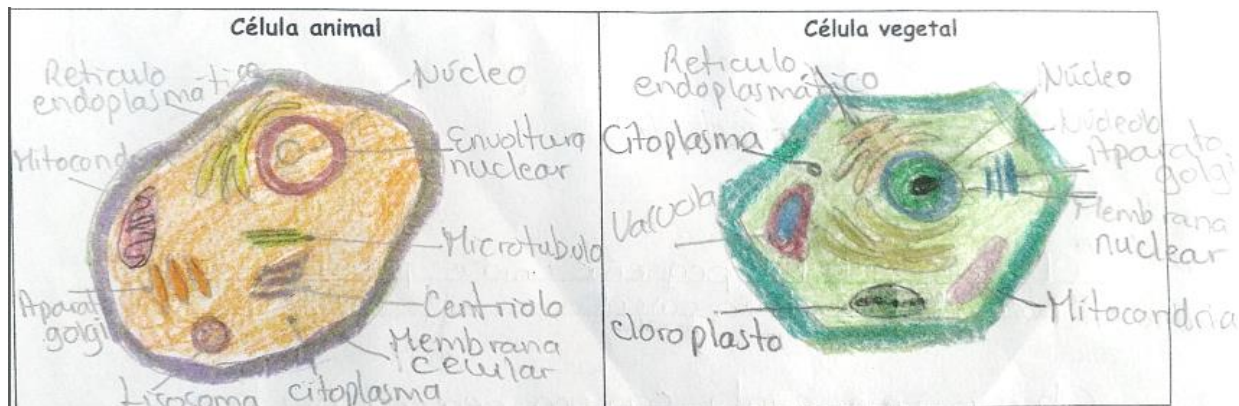
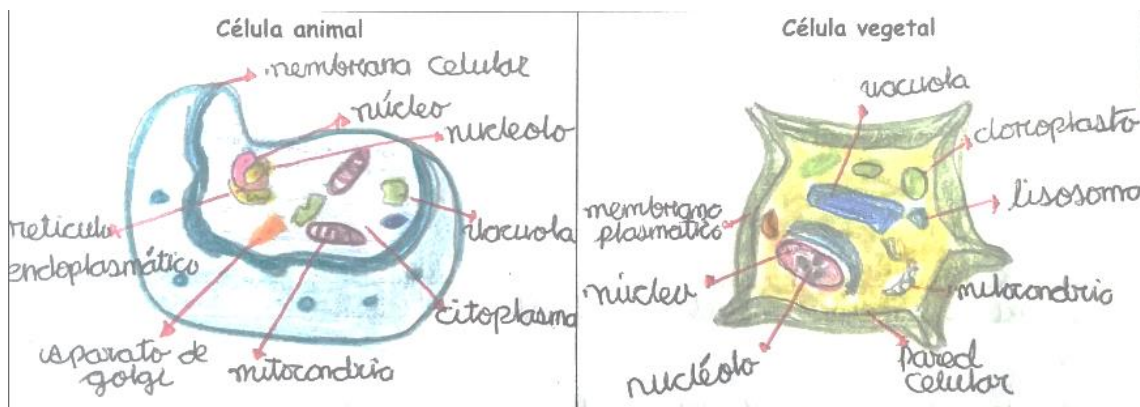
*Ilustración 20.
Cromoplastos del tomate.*

La tercera muestra corresponde a los glóbulos rojos presentes en un humano:



*Ilustración 21.
Glóbulos rojos presentes en un humano.*

Aun cuando se les mostraba la diversidad de células que hay en los organismos vegetales y animales, los estudiantes dibujaban la típica célula que aparecen en los libros de texto y en internet (en el buscador Google). A continuación, muestro los dibujos de tres estudiantes:





*Ilustración 22.
Dibujos de las células animales y vegetales realizadas por estudiantes de grado cuarto.*

Y es que estas imágenes han persistido en la historia de la enseñanza de la biología en la escuela, ¡como si esta célula fuera la única en los organismos animales y vegetales! En este sencillo ejemplo, nos damos cuenta de los núcleos de inconsciencia que han acumulado los estudiantes en sus años anteriores y lo difícil que puede llegar a ser que se desprendan de esta única imagen... ¿Por qué no dibujarán otras células como aquellas que constituyen los huesos, los músculos o el cerebro? Con este sencillo ejemplo, nos damos cuenta de cómo los maestros, al ser replicadores de un supuesto conocimiento, vamos formando nociones estandarizadas en los estudiantes, sin introducirlos a la complejidad, a la pregunta o a la incertidumbre, sino a la homogenización de un conocimiento que han ido adquiriendo desde pequeños a lo largo de su vida escolar. Por tanto, no es extraño que, al momento en que los estudiantes pasan al grado siguiente, no recuerden “lo aprendido”. Y el profesor se pregunta: ¿qué hice mal para que no aprendieran? Como dice Bachelard (1938, pág. 20): “Frecuentemente me ha chocado el hecho de que los profesores de ciencias, aún más que los otros si cabe, no comprendan que no se comprenda”.

Entonces, en la enseñanza de la biología es importante entender qué ocurre con toda la teoría para introducir a los estudiantes hacia la complejidad de la vida desde la microscopía. Si se recurre al dibujo o a la observación a través del microscopio, creyendo que eso equivale a la conceptualización, entonces no habrá formación, sino “ilustración”. Todos más o menos contentos, pero nada de formación. Y nada se soluciona “dictando” lo que es la fotosíntesis, como decíamos.

[...] los métodos audiovisuales, o las imágenes, crean en el estudiante la ilusión de que sabe qué es una célula, pero lo que ve es una raya en el tablero y un conjunto de nombres. Una célula es un conjunto de funciones que habría necesidad de explicar e interrelacionar. Se cree que con la magia de los nombres y de las imágenes el alumno entendió un concepto del cual no se ha apropiado efectivamente. De nada le va a servir lo que no ha entendido (Zuleta, 1985, pág. 22).

A los métodos audiovisuales de los que habla Zuleta en la cita anterior, podríamos agregar la observación de muestras en el microscopio (y quién sabe cuántas “prácticas” que introducimos los profesores), y la idea continuaría vigente. El valor de los gráficos, de la utilización de instrumentos (como el microscopio), no se mide por sí mismo, sino en función de las condiciones efectivamente creadas para que haya “espíritu científico”. Es decir, en principio no son “buenos” o “malos”, sino que su valor depende de la lógica en la que se inscriban... sin embargo —como señala Zuleta— tenemos la tendencia a utilizarlos de una manera que obstaculizan el pensamiento.

Cuando ponemos a un estudiante a observar algo en el instrumento, indefectiblemente “verá” algo. Por ejemplo, verá lo *pintoresco*: este término lo menciona Bachelard (1938, pág. 40) para referirse al conocimiento lejos de su esencia, como imagería

que divierte a los espíritus, produciendo estragos en el camino de la formación. Es el caso del movimiento, en mi caso. Forzosamente, algunas cosas le llamarán más la atención que otras al estudiante. Puede ser que en clase se le muestre algo para distraerlo, para tenerlo ocupado, para “motivarlo”, como se dice usualmente en ámbitos escolares. Si es así, pues seguirá viendo lo que ve (que no es espontáneo), y seguirá prestando más atención a ciertos aspectos de lo observado. Este acto “educativo” alimentará las experiencias vividas, como también las elucubraciones que las acompañan. Pero ¿para esto se necesitaría la escuela?; con actos así la escuela materializaría un dispositivo de reproducción del contexto, así presente células bajo el microscopio.

Algo más introduce la teoría. En este caso, la biología. Desde ahí, llega un momento en el que hay que ir *más allá de la imagen*. Las relaciones, por ejemplo, no son visibles (cf. por ejemplo, el caso de la fotosíntesis). Un docente así orientado iría —de la buena manera— en contra, tanto de la afectividad que siente el estudiante al ver el movimiento o ciertos fenómenos; como de la rápida simbolización de la que son objeto algunos elementos observados que lucen interesantes o indiferentes. ¿No podrían ser determinantes algunos puntos que no parecen dignos de ser vistos? ¿No podrían tener menos valor del que aparentan tener ciertos puntos (como el movimiento)? Por eso, dice Bachelard que “[...] no debe pues asombrar que el primer conocimiento objetivo sea un primer error” (1938, pág. 65).

Cuando brindo ‘definiciones generales’, ‘teorías’ y ‘leyes’ en mis clases, en realidad no introduzco un conocimiento científico (lo cual sería de gran envergadura), ni siquiera las condiciones de posibilidad para ir en esa dirección. Dadas las propiedades del conocimiento humano, la idea de “conocer en su totalidad” el objeto de conocimiento es inadmisibile. Pero veamos lo que afirman los *Estándares básicos de*

competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas (2006) del Ministerio de Educación Nacional (MEN): “la formación en ciencias naturales en la Educación Básica y Media debe orientarse a la apropiación de unos conceptos clave que se aproximan de manera explicativa a los procesos de la naturaleza” (MEN, 2006, pág. 101).

Las ‘definiciones generales’ en realidad tienden a bloquear el pensamiento, a bloquear las preguntas (en el sentido ya definido). Bachelard evidencia esto con dos ejemplos: cuando en óptica el maestro habla de “la ley general de la dirección rectilínea del rayo luminoso”, define al mismo tiempo la palabra “recta” y la palabra “rayo”; el segundo ejemplo es el de la “ley general del crecimiento y la muerte de los seres vivos”, que define la palabra ‘vida’ en una especie de *pleonasm* (Bachelard, 1938, pág. 68). Otro ejemplo de nuestra cosecha es el de la “ley de la flotación”, explicada en nuestros colegios, pese a que la descripción de la relación entre un cuerpo y un líquido en el que se sumerge explica tanto la flotación como el hundimiento. Es como si flotar fuera mejor que hundirse.

Según Bachelard, con “leyes” como esas todo se pretende aclarar e identificar, pero es ahí donde se comprueba la inercia del pensamiento que se satisface con definiciones, se satisface con la generalización y no siente la necesidad de estudiar de manera cercana la óptica o la vida, o la relación entre objetos y fluidos... Por ejemplo: ¿no depende la trayectoria de la forma del espacio?, ¿hay muerte cuando en, cierta forma de reproducción, una misma célula se divide una y otra vez?, ¿son constantes las relaciones entre objetos y fluidos cuando variamos la naturaleza de éstos (agua, alcohol, aceite)? Entonces, en la educación no se trata principalmente de la objetividad posible, sino sobre todo de la relación de los sujetos con el conocimiento (Bachelard, 1938, pág. 68), pues se trata de posibilitar el “espíritu científico”.

Si bien el pensamiento científico produce generalizaciones, no es ese su estado permanente. Mostrar que la búsqueda de la ciencia termina cuando llega a fórmulas o a algoritmos, es distinto a mostrar que la fórmula es un punto momentáneo, que no sólo está en discusión por parte de los que le tributan a la disciplina, sino que tiene que dar cuenta de la singularidad de los fenómenos, los cuales suelen ofrecer aspectos no aprehendidos por la teoría. Y, además, en el caso de “enseñar ciencias”, se agregan nuevas dificultades: otras prácticas, otro público, otros objetivos, otros escollos. Es asunto de la ciencia establecer las condiciones de aplicación de los conceptos (como dice Bachelard [1938, pág. 73]); mientras que es asunto de la formación crear las condiciones de posibilidad para que emerja el “espíritu científico”. La riqueza de los conceptos no es la misma en la ciencia que en la escuela. La escuela puede permitir que algunas personas se dediquen a la ciencia, y sólo entonces habrá cesado la relación educativa para dar inicio a una nueva relación con el saber.

En la educación científica del siglo XVII, según Bachelard, se hace referencia a experiencias no precisadas, formando una relación demasiado rápida con la aplicación que se le podría dar a un conocimiento. Dos ejemplos: el primero es el del animismo, que trae a cuento Bachelard, en el que la rápida clasificación y aplicación del principio de identidad no permite precisar, no encuentra un orden de las formas y causa cierta valoración en los conocimientos. El otro ejemplo es el de los *Estándares básicos...* del MEN para el área de Ciencias Naturales:

En la concepción que orientó la formulación de los estándares de esta área, las herramientas conceptuales y metodológicas adquieren un sentido verdaderamente formativo si le permiten a las y los estudiantes una relación armónica con los demás y una conciencia ambiental que les inste a ser parte activa y responsable de la conservación de la vida en el planeta (MEN, 2006, pág. 101).

En esta cita del MEN hay una confusión de niveles de análisis. Se pretenden resolver todas las dificultades ante una visión generalizada, mas no desde una visión particular del conocimiento. La formación de un espíritu científico en ciencias naturales no coincide con la formación de una “conciencia ambiental”. Esos dos aspectos no son concomitantes, aunque tampoco sean excluyentes. Esta “utilidad” que pretende el MEN no está atada a una comprensión que emane de la biología, sino de otro campo (y no está mal que en la escuela confluyan tales campos, pero el problema es que la idea está anunciada como estándares de Ciencias Naturales). ¡En por eso que se puede convertir en un obstáculo pedagógico!, por ejemplo cuando se “animan” los fenómenos correspondientes: “Mujeres y hombres como guardianes y beneficiarios de la madre Tierra”, según afirma el documento de estándares (MEN, 2006, pág. 120). La valoración no le pertenece a la ciencia, sino a los sujetos que hacen ciencia. El saber puede tener una utilidad práctica (que casi nunca es inmediata), pero eso se da en otro ámbito social. De manera que poner el objeto de conocimiento en función de la utilidad práctica se convierte en un obstáculo epistemológico que, cuando es portado por el enseñante, se convierte en un obstáculo pedagógico. Y ni se diga del tiempo que antes se dedicaba a la disciplina, que ahora queda dividido —en el mejor de los casos— entre la biología y los propósitos morales... pero ¿se cumplen tales propósitos?

La acumulación de imágenes generalizadas y la construcción de núcleos sin relaciones obstaculizan la visión abstracta de los problemas reales, no producen una red del saber. Por tanto, la propuesta de un psicoanálisis del conocimiento objetivo llama a interrogar estas imágenes ingenuas, a construir una red conceptual, pues “sólo más allá del concepto, añadiendo un poco de color sobre los rasgos esenciales, puede ayudar al pensamiento científico” (Bachelard, 1938, pág. 93). Se trata de no caer en

una imagería básica (el sentido común) de la que están llenas las asignaturas escolares.

El “espíritu científico”

Si suponemos que el sujeto se relaciona con las cosas a partir de la experiencia, es necesario aclarar que esa experiencia no es simplemente una relación para satisfacer las necesidades, pues los seres humanos, por estar inmersos en la cultura, hemos pasado la necesidad por el filtro de la sociedad; dicho de otra manera, nuestras necesidades son sociales, por eso no deshacen el hambre de misma manera un bonobo y un humano (tan cercanos genéticamente). Imposibilitados de velar por nosotros mismos cuando recién hemos nacido, durante mucho tiempo dependemos del otro, que está inserto en una formación social. Al comienzo de nuestra vida, el otro se ve obligado a “adivinar” lo que necesitaríamos: ¿está incómodo?, ¿tiene hambre?, ¿tiene sed?, ¿algo le pica?, ¿tiene calor?, ¿tiene frío?, ¿algo le molesta por dentro?, ¿tiene sueño?... Y, cuando ya podemos hablar, nos toca *demandar* a los otros los objetos de lo que ahora nos constituye como seres sociales. Y bien, sabemos que los niños “piden por pedir”, es decir, no piden principalmente un objeto sino sobre todo una *relación*. Entonces, la experiencia que nos permite la relación con “las cosas” no es sencillamente un contacto directo (como sí podríamos predicarlo para los animales), sino una mediación con otro que representa lo social.

Esto tiene implicaciones para la educación, pues ésta no consistiría sencillamente en “poner en contacto con la realidad” (mostrar la célula en el microscopio, por ejemplo). Por eso, producir el “espíritu científico” es una transformación de la experiencia en dirección a conceptos abstractos; en otras palabras, es otorgar, a esa inevitable relación mediada, nuevos elementos, además de aquellos con los que la afrontamos

de entrada. Nuevos *espacios de configuración*, dice el pensador francés (Bachelard, 1938, pág. 7), o sea, otras construcciones para ese espacio en apariencia meramente “sensible”. La energía que se consume en el imperativo al movimiento es casi total: ¡los niños llegan asiendo y empapados en sudor después del recreo! Si pasamos de eso a, por ejemplo, una práctica de lectura placentera, es porque hubo una transformación. Una transformación que va de un uso exclusivo de la fuerza aplicada sobre objetos “sensibles”, a una fuerza aplicada a otro tipo de objetos, como aquellos que producen la cultura y la vida social. Del empuje a hacer algo que conmueva el cuerpo con objetos sensibles, a las ganas de construir algo con los instrumentos de la cultura.

La complejidad no puede ser reducida a la materialidad de las cosas: los niños tienden a jugar con objetos reales; los convierten en sendos instrumentos de su acción lúdica. Una idea fantástica se asienta en objetos que han de tener esa posibilidad: una caja de cartón puede ser un carro, si se inscribe en la lógica del juego de un niño. Y para quien puede asumir —al menos en algunos momentos— el lugar del espíritu científico, una cosa puede pasar a ser un condensado de muchas determinaciones, un haz de relaciones. Tanto la caja en la que el niño ve un carro, como el color verde de las hojas —para poner en ejemplo de la asignatura que me corresponde— están transformadas en otra cosa. La primera le tributa al imperativo de hacer (el juego), la segunda le tributa a la posibilidad de pensar (y entonces aparece el concepto de *fotosíntesis*); en este segundo caso también hay un hacer, pero “leve”, para poder expandir el espacio del pensamiento.

Por estas razones, para Bachelard es importante saber sobre las cuestiones psicológicas del desarrollo cognitivo. Por eso habla de “espíritu” (científico), del “alma” (Bachelard, 1938, pág. 12). ¡No hace alusión al saber en sí, sino al saber *en*

tanto susceptible de ser sabido por alguien y desde una perspectiva! Pues bien, la escuela puede o no posibilitarlo. El saber humano se hereda *culturalmente* y, por eso, los que nacen tiene que ponerse en esa posición de saber, para que el saber vuelva a existir. Y también por esa razón hay escritura.

Al analizar las modalidades de comprensión del sujeto, que sólo en apariencia son espontáneas, se pueden caracterizar diferencias con el espíritu científico. El autor plantea, por ejemplo, tres estados: en el *estado concreto*, el espíritu “se recrea con las primeras imágenes del fenómeno y se apoya sobre una literatura filosófica que glorifica la Naturaleza, y que, extrañamente, canta al mismo tiempo a la unidad del mundo y a la diversidad de las cosas” (Bachelard, 1938, pág. 11). En el *concreto-abstracto*, “adjunta a la experiencia física esquemas geométricos y se apoya sobre una filosofía de la simplicidad. [...] se mantiene todavía en una situación paradójica: está tanto más seguro de su abstracción cuanto más claramente esta abstracción está representada por una intuición sensible” (Bachelard, 1938, pág. 11). Y en el *abstracto*, “emprende informaciones voluntariamente substraídas a la intuición del espacio real, voluntariamente desligadas de la experiencia inmediata y hasta polemizando abiertamente con la realidad básica, siempre impura, siempre informe” (Bachelard, 1938, pág. 11).

A continuación, intento ubicar estos elementos en una tabla, para comparar las características de los tres estados:

	Concreto	Concreto-abstracto	Abstracto
Fenómeno	Primeras imágenes	Esquemas geométricos	Más allá de la experiencia inmediata
Filosofía	Glorificación de la Naturaleza	De la simplicidad	Sin intuición del espacio real
Paradoja	Unidad del mundo + diversidad de las cosas	Abstracción representada por una intuición sensible	Polémica con la realidad básica

Tabla-1

Si uno ve desde la perspectiva de la ciencia los estados concreto y concreto-abstracto, encuentra que esas diferencias son obstáculos, obstáculos epistemológicos, obstáculos al saber. Pero desde su propia óptica, se trata de maneras de inscribirse en la vida social e individual; maneras que le procuran a sujeto una satisfacción. Por eso, Bachelard pone estos estados en relación con intereses, de manera que la formación del espíritu científico tendría que desplazarlos (1938, pág. 11). Así, llama “almas” a esas posiciones: *pueril o mundana*, “animada por la curiosidad ingenua, llena de asombro ante el menor fenómeno instrumentado, jugando a la física para distraerse, para tener el pretexto de una actitud seria, acogiendo las ocasiones de coleccionista, pasiva hasta en la dicha de pensar” (Bachelard, 1938, pág. 12); *profesoral*, “orgullosa de su dogmatismo, fija en su primera abstracción, apoyada toda la vida en los éxitos escolares de su juventud, repitiendo cada año su saber, imponiendo sus demostraciones, entregada al interés deductivo, sostén tan cómodo de la autoridad” (Bachelard, 1938, pág. 12); y *en trance de abstraer y de quintaesenciar*, “dolorosa, librada a los intereses inductivos siempre imperfectos, jugando el peligroso juego del pensamiento sin soporte experimental estable; trastornada a cada instante por las objeciones de la razón, poniendo incesantemente en duda un derecho particular a la abstracción [...]” (Bachelard, 1938, pág. 12).

A continuación, intento ubicar estos elementos en una tabla, para comparar sus características de las tres almas:

	Pueril	Profesoral	En trance de abstraer
Objeto	Fenómeno	Primera abstracción	Objeciones de la razón
Implicación	Curiosidad ingenua	Dogmatismo, repetición, imposición	Experimento sin soporte estable
Método	Intuición	Deducción	Inducción
Implicación	Coleccionista, pasiva. Seria en apariencia	Autoritarismo	Sin derecho particular a la abstracción

Tabla-2

Entonces, cuando hablamos de “comprensión espontánea” no es en el sentido de “libre”, sino en el sentido de que es la realización específica de una relación estructurada con el saber (por ejemplo, de *desconocimiento*, como en el caso del estado concreto y su correspondiente alma pueril). Es en función de esta “comprensión espontánea” que los niños de mi curso piden muestras móviles cuando usamos el microscopio. O sea que no es algo espontáneo, sino algo *determinado* (hasta cierto punto): “primeras imágenes del fenómeno”, “curiosidad ingenua”, “pasiva hasta en la dicha de pensar”. Así, para esa modalidad de satisfacción con el saber, tal demanda se hace necesaria. En consecuencia, hacer eco de ella (por ejemplo, escogiendo sólo muestras que se muevan bajo el microscopio) es cohonestar con esa modalidad de desconocimiento. Es la respuesta de mi parte, caracterizada en estado concreto-abstracto: seguro de una abstracción que, sin embargo, representa en una intuición sensible.

Pero ese estado concreto no se puede sencillamente desconocer o eliminar, pues el sujeto está apegado a ella; por eso, la educación crea unas condiciones para que tal modalidad de satisfacción se realice en otro contexto: el de la formación. ¡De ahí que

la formación sea una pugna! Cuando la escuela quiere formar y ubica el saber —la biología, por ejemplo— como centro del trabajo, es porque le apuesta a que es posible una relación con el saber que no es espontánea en el niño, que no es propia de su contexto, que no viene automáticamente en un desarrollo físico o psicológico. Forma que, además, tiene réditos culturales: nos permite insertarnos de cierta forma en la vida social y cultural. Y, por el lado del docente, la manera de salir del estado concreto-abstracto es... estudiando, manteniendo constantemente una relación con el saber. El alma profesoral, apoyada en los éxitos escolares de juventud, y repitiendo cada año su saber, no tiene relación con el deseo de saber, sino que satisface otros asuntos individuales.

Cuando enarbolamos una educación que considera el juego como propio del niño, no diferenciamos entre 1.- un imperativo a hacer, volcado sobre sí mismo, que excluye al otro, que maneja reglas *ad hoc* y cuya actividad no tiene comienzo ni final claros; y 2.- un juego con reglas explícitas, que ha de ser llevado a cabo con el otro, con comienzo y final claros.

Esta última actividad está determinada socialmente; este juego es ya una modificación cultural del imperativo a hacer. Pues bien, lo que introduce la escuela es del segundo tipo, pues si bien usa el imperativo a hacer, lo modera, lo pone a funcional socialmente, no individualmente. ¡Todos éstos son principios de la formación! O sea que el niño puede ceder algo de la satisfacción que obtiene en la primera modalidad, para encontrar una nueva forma de satisfacción en la segunda... eso sí, a condición de ser conquistado para realizar la segunda. En términos de mi ejemplo, pasar de divertirse con las muestras móviles, a divertirse con el “juego” de la biología. En términos de Bachelard, no recrearse con las primeras imágenes del fenómeno, no glorificar la Naturaleza... pero esto sólo a condición de remover el alma

correspondiente: la curiosidad ingenua, el asombro ante el menor fenómeno instrumentado (¡como el que facilito con el microscopio!). Es decir, el cambio de una modalidad de satisfacción por otra.

Es por todo esto, en principio el niño se resiste: no va a sacrificar su satisfacción por algo en lo que no sabe satisfacerse. En esto, la satisfacción es profundamente conservadora. Y es que los obstáculos epistemológicos aparecen por una necesidad funcional (o sea que no son fortuitos), por maneras de operar que —de quedarse ahí la persona— estaría limitada para construir el conocimiento científico. Entonces, tiene que haber un punto donde el sujeto admite negociar una parte de la satisfacción, a cambio de otra. De no ser así, sería imposible mover a un estudiante de su sitio y no tendría razón de ser la escuela. Según esto, ha de concluirse que hay ciertas prácticas docentes que generan esa permanencia, incluso a nombre de la “actividad”, como cuando me ocupo de que no decaiga su interés por la actividad con el microscopio, y entonces busco muestras móviles... ¡con lo que me convierto en una persona que *distrae* a los estudiantes, no que los forma! También hay, por supuesto, otras prácticas docentes que van en el sentido de remover el alma ingenua.

Si se puede hacer esa negociación de modalidades de satisfacción, entonces la formación es posible. De tal manera, la formación

- no sería “entregar conocimientos” por los que los estudiantes no se han hecho una pregunta, pues, como dice Zuleta (1977, pág. 34): “[...] lo esencial es hacer sentir la necesidad de saber algo y no enseñar algo al que no siente la necesidad de saberlo”;
- ni tampoco “entretener” a los estudiantes, pues permanecerían en su compulsión a hacer y en el marco de su alma pueril o mundana.

La formación sería, más bien, crear condiciones que pongan en crisis las características que tiene su manera “espontánea” de conocer, o sea, los obstáculos epistemológicos, las *causas de inercia*, como también la llama Bachelard. Una de estas causas, la primera, según el autor, es el “pensamiento empírico”. Lo más importante de esta modalidad de pensamiento no es que otorgue “saberes”, sino que le otorgan un lugar al sujeto: allí él se siente representado, se siente perteneciendo a algo, se “estabiliza”. Por eso le encanta la glorificación de la Naturaleza.

Los “saberes” que obtenga de esa posición ya son una implicación, por lo tanto, en alguna medida están subordinados. No así su manera de conocer, que es aquella por la cual cree que ha obtenido unos saberes válidos; pero, en realidad, defiende su postura, que —como dijimos— le da un lugar. La idea de un “diálogo de saberes” en este caso podría entenderse como el hecho de que es necesario partir de ahí, pero no en el sentido de que tengan una validez intrínseca. Y como esto produce satisfacción, entendemos por qué el sujeto los asume; pero, en el sentido del saber mismo, entendemos por qué el epistemólogo los califica de “mal adquiridos” (Bachelard, 1938, pág. 15)²⁹. “El pensamiento comienza con un diálogo falto de precisión”, dice Bachelard (1935, pág. 99). En cambio, la postura que permite entrar en la lógica argumentativa de una disciplina obstaculiza la espiritualización del conocimiento. Sólo es en este sentido que los *obstáculos epistemológicos* se oponen a una *ciencia de la realidad*, como la denomina el autor.

²⁹ En esta investigación, este término no califica de negativos a los obstáculos epistemológicos, ya que ellos no pueden dejar de aparecer. Pero entonces habría conceptos “bien adquiridos”, en el sentido de *puestos en un orden conceptual*.

En el caso del espíritu científico, el saber es fuente de satisfacción en sí mismo; se trata de una comprensión que traslada el interés en sujeto, a un interés en el objeto. Si en la formación queremos encontrar el lugar del sujeto, no sería el de condescender a esos conocimientos “mal adquiridos”. ¿Dónde encontrar al sujeto de la formación? Los maestros no podemos producir el espíritu científico en nuestros estudiantes si no construimos, en primera instancia, la posibilidad de que el conocimiento formal sea una fuente de satisfacción *para nosotros mismos*; y, para eso, es necesario que esa relación con el saber disciplinar respectivo sea fuerte: ¿acaso se puede producir el espíritu científico de los estudiantes cuando el maestro tiene una relación débil con el saber, es decir, cuando no se tiene un espíritu científico, cuando sólo se tiene un alma profesoral? Y, de otro lado, el maestro de ciencias tendría que crear las condiciones (sus clases, sus actividades, su forma de evaluar, etc.) para obrar sobre las concepciones “espontáneas” de los estudiantes: ¿acaso se puede producir el espíritu científico sin remover los obstáculos del sujeto al saber científico? Pero de una manera que se abra, *para los estudiantes*, como una opción de satisfacción, no como un deber: ¿acaso se puede aceptar esa opción sin que haya algo a cambio?

Así, el primer obstáculo a superar es la experiencia básica, dada a partir de la *fragilidad de los conocimientos básicos* (Bachelard, 1938, pág. 27), o sea, de saberes

- inconsistente, o sea: no riguroso (que posiblemente mezcla criterios de prácticas distintas);
- no recurrente, es decir, que no se aplica todas las veces a los mismos casos ni de la misma forma; y
- apoyado sobre los impulsos inmediatos, por ejemplo, creyendo encontrar apoyo en lo que se cree que es una “intuición” (también se dice; un “instinto”, un “pálpito”, un “presentimiento”, etc.).

El sujeto “sabe” (cree saber) porque, de un lado, siente que son ideas “internas” y, de esa forma, serían sensaciones que no tendrían por qué mentirle; y, de otro lado, siente que son ideas apoyadas en su medio social: la “tradición”, la “costumbre”, las “creencias”... o sea, fuentes que tampoco tendrían por qué engañarlo. En esta perspectiva, la “verdad” le viene al sujeto de la relación con el otro, no del objeto, no de la lógica propia del objeto (sin desconocer que hay una comunidad de trabajo — los biólogos, por ejemplo—, pero, igual, en tanto tal, esa comunidad está consagrada al objeto). O sea que, de entrada, el sujeto se inclina por ese conocimiento amable pero frágil y, lo que es tal vez más importante, se resiste —en nombre de dicho saber— al saber de la ciencia que la escuela pretende brindar.

De hecho, como el niño ya “sabe” mirar, lo puede hacer a través del microscopio que le ofrece la escuela: no se trata de un instrumento que amenace las creencias, como cuando Galileo descubrió lunas en Júpiter gracias al telescopio y, entonces, atentó contra el lugar de los hombres en la creación divina. Además, el estudiante se siente acogido por la oferta de *mirar* a través del instrumento, le gusta mirar (instrumento privilegiado de la relación empírica), sobre todo cuando *algo se mueve*.

En ese sentido, el espíritu científico tiene lugar cuando el pensamiento del sujeto puede obrar:

- contra sí mismo: “La carencia sólo se produce cuando ya ha habido una reflexión que sea permitido por medio de una vuelta sobre sí mismo” (Zuleta, 1977, pág. 26) y
- contra algunas cosas que ha aprendido en su medio social: “formular una pregunta significa desmontar la respuesta que le había impedido formularse” (Zuleta, 1977, pág. 27).

¿Cómo lograr esa vuelta contra sí mismo? Esa es la clave de la formación. Por eso, afirmando que el espíritu científico se resiste a la inmediatez, Bachelard piensa que la formación obra contra esa especificidad del sujeto, en tanto eso es posible. El autor brinda un ejemplo: la “educación científica” de los siglos XVII y XVIII: recurre únicamente a la observación y a la experiencia. Transmite un conocimiento inmóvil: en libros de texto, haciéndose pasar como conocimiento natural y brindando adhesiones inmediatas a observaciones particulares, cotidianas. Los libros se referían a la ciencia como una teoría del conjunto (que no se puede saltar en capítulos), tanto que “los fenómenos naturales están hoy desarmados porque están explicados” (Bachelard, 1938, p.29), es decir, una generalización del conocimiento donde el libro es quien plantea las preguntas o, como menciona Bachelard, es quien “manda” sin atender a los cuestionamientos del lector, aunque deja, para las experiencias subjetivas, un enfoque utilitario. ¿Un poco como el protocolo de la actividad en ciencias naturales?

Entonces, el pensamiento científico sólo se puede formar desde *el sentido del problema* (Bachelard, 1938, pág. 16). Para ello, es necesario intervenir para que el sujeto pierda el apoyo que cree tener en la observación básica. Bachelard pone un ejemplo:

Una vez admitido el misterio de la electricidad —y es siempre muy rápido admitir un misterio como tal— la electricidad dio un lugar a una ‘ciencia’ muy fácil, muy cercana a la historia natural y alejada de cálculos y de los teoremas que, después de los Huygens y los Newton, invadieron poco a poco a la mecánica, a la óptica, a la astronomía” (Bachelard, 1938, pág.35).

Entonces, las ciencias se empiezan a enmarcar en fórmulas que lograron permear la escuela, formando un “*empirismo coloreado*” (Bachelard, 1938, pág.36) que es algo evidente y no necesita de comprensión. Cuando las personas de este siglo se empiezan a dedicar en ocupaciones serias (como ser “científicos”) se aumentaba, según Bachelard, lo pintoresco del conocimiento, llevándose a cabo una sensación de asombro y diversión, especialmente cuando se acudía a los laboratorios... Llevando este caso desde mi experiencia como profesora de biología con estudiantes entre edades de 9 y 10 años, trataba de que en cada experiencia de laboratorio, los estudiantes se sintieran asombrados y se logaran divertir a partir de muestras de agua en las que los seres microscópicos se movieran o se desplazaran por la acción de la luz. Claramente, resulta un ejercicio divertido para ellos. Pero —como hemos dicho más atrás— no pasa lo mismo con la observación de muestras en las que los organismos o las estructuras están completamente estáticas: al ver este tipo de muestras, se apaciguan la emoción y la diversión. Quizá, como menciona Bachelard, se acumulan *contradicciones empíricas* (1938, pág. 41), es decir, aquello que deja de asombrar por no tener los encantos coloridos y la magia; estas experiencias atraen la inercia del conocimiento y se da como un obstáculo para la comprensión de fenómenos. Se trata de verdaderas regresiones del espíritu científico que “a veces divierten, pero no instruyen” (Bachelard, 1938, pág. 43).

Hemos sostenido que la escuela es un lugar que intenta crear condiciones de posibilidad para la formación en relación con el saber (que nuestro autor llama “espíritu científico”). Por eso en la escuela se enseña, por ejemplo, biología. Se supone, entonces, que los profesores involucren al espíritu en otras maneras de analizar. Que esto se haga en función de las edades de los estudiantes no quiere decir que se pierda el horizonte de crear un espíritu científico. Sin embargo, caemos en la inercia del conocimiento con prácticas experimentales que resultan pintorescas y

divertidas, pero que no logran cuestionar la posición de los estudiantes, justamente esa que se constituye en obstáculo epistemológico. Efectivamente, se puede realizar una práctica experimental divertida, pero si no se orienta en el sentido de fortalecer el espíritu científico, quedará solamente como una diversión, que arraiga al sujeto en su manera de operar. Aceptar las imágenes es ser “víctima de las metáforas. Por eso el espíritu científico debe incesantemente luchar en contra de las imágenes, en contra de las analogías, en contra de las metáforas” (Bachelard, 1938, pág, 45). Pero, en la escuela, generalmente se presta más atención a los acontecimientos dados de manera pintoresca, dejando atrás el fenómeno esencial que se quiere analizar.

Ahora bien, en la escuela, las experiencias demasiado vivas aparecen, en su gran mayoría, por las prácticas del profesor. Como si no fuera suficiente el *obstáculo epistemológico* en el estudiante, le agregamos el hecho de que el docente “monta” centros de interés no científicos, es decir, *obstáculos pedagógicos* (Bachelard, 1938, pág.20), impedimentos al aprendizaje que se producen por el mismo proceso de enseñanza. Este es un punto muy difícil, pues el maestro hace un esfuerzo por recontextualizar el saber (sobre todo en atención a la edad de los aprendices, y muchas veces en función de ciertos contextos); pero, a largo plazo, podría dificultarle la construcción de una relación con el conocimiento fundamentado.

La idea, por ejemplo, de “ayudar al estudiante a salir de una dificultad” es ya un problema, pues el saber científico es difícil y el espíritu científico no se puede constituir con la idea de realizar una tarea fácil. Dice Bachelard (1940, págs.23-24): “En lo que concierne al conocimiento teórico de lo real, es decir, a un conocimiento que vaya más allá de una simple descripción [...] todo lo que es fácil de enseñar es inexacto”. Desde esta perspectiva, habría que replantear esa idea de que la pedagogía “hace fácil lo difícil”. La pedagogía orientada a formar un espíritu científico introduce

en la dificultad, complejiza los fenómenos. Lo difícil es hacer de esto algo que atraiga al estudiante. Pero caer en la tentación de atrapar esa atracción en sí misma puede hacer que las prácticas educativas materialicen una serie de *obstáculos pedagógicos*. En sí, éstos provienen de la enseñanza del maestro y se definen como aquellos problemas que se presentan en el proceso de formación del estudiante por la falta de reflexión sobre los conocimientos construidos, esto sucede cuando el maestro:

- da por entendido un proceso de comprensión: basta con enunciar para que el estudiante entienda;
- orienta las enseñanzas a partir de la experiencia inmediata y en relación con aquello en lo que ellas podrían contribuir: una enseñanza basada en la “utilidad” del conocimiento;
- se dirige a la emocionalidad del niño, con lo que no hace más que reproducirla: es lo que muchas veces se conoce como “motivación”: el juego, la distracción, etc.

Protocolo y evaluación

De un lado, explico el protocolo que diseño para los estudiantes cuando usamos el microscopio, así como las implicaciones de este recurso. Y, de otro lado, la relación entre la evaluación de los estudiantes y la formación del espíritu científico.

Protocolo

Para introducir el microscopio en la clase, les hago a los estudiantes una indagación previa, con unas preguntas orientadoras. Al momento de llegar al laboratorio, les pido ubicarse por grupos, en completo orden y silencio. Para que logren recordar las reglas del laboratorio y las indicaciones al momento de observar la muestra, les hago entrega de la siguiente ficha la cual se pega en el cuaderno de biología:



1. Debes estar con tus implementos de laboratorio (bata, guantes de Nitrilo, tapabocas), si no tienes estos implementos no puedes entrar al laboratorio.

2. Observa muy bien las diferentes muestras en los objetivos.

Ilustración 22.

Ficha entregada a los niños antes del laboratorio.

Posteriormente, les explico el protocolo del laboratorio y se procede a la observación de la muestra (por ejemplo, una hoja de elodea, como vimos en la ilustración-8) que está ya dispuesta y enfocada en el microscopio. Me esfuerzo por preparar y enfocar las muestras; pero como conozco la inquietud del niño (manipular el microscopio, en este caso), me aparece una nueva preocupación: que el niño no mueva la muestra, que no la desenfoque. Prácticamente el maestro —lo puedo generalizar— quiere que los estudiantes estén ausentes de su propio movimiento, de la inquietud por curiosar en el aparato; entonces, se hace cargo de todo el proceso que conlleva la determinación de la observación. “Encargarse de todo” es, entre otras, no dejarle un espacio al otro. De tal manera, ¿quién se satisface en esa escena? ¡Pues el maestro! Es él quien se satisface con que “todo esté bien”. Sin embargo, ¿es esa la lógica del aprendizaje?, ¿es algo lineal, predecible, ordenado?

Uno de los puntos de mayor inquietud en este proceso es el *enfoque*: “¡No me desenfocuen la muestra!”. Ese “*me desenfocuen*” tiene que ver con lo que decíamos antes: es algo para el maestro, no tanto para el estudiante. Y bien, en términos coloquiales, el enfoque es la distancia necesaria entre el lente y la muestra para que ésta se vea nítida. Es algo que se puede conceptualizar en la óptica (rama de la física), pero de eso no se habla en la clase de biología: se da por presupuesta. La petición —o la orden— que no *nos* desenfocuen la muestra, ¿tiene un horizonte formativo?, ¿no valdría la pena hacer de ese asunto un motivo de interacción educativa?, ¿es importante que el estudiante comprenda la importancia del enfoque en las muestras en el microscopio?, ¿no sería relevante dar lugar a otros campos de saber (como la física, en este caso) para comprender la multiplicidad de cuestiones que están en juego cuando observamos una muestra en clase de biología? Finalmente, al estar involucrado el aparato en los recursos propios de la disciplina, ¿no es formativo que los maestros —ajustados al contexto, por supuesto— también nos ocupemos de

asuntos técnicos? Es más: ¿conocemos los maestros todos estos aspectos?, ¿sabemos de las mediaciones que tiene nuestro saber?

Como hemos comentado, en el momento en que el niño observa los movimientos de los cloroplastos (¡gracias a la luz *del microscopio!*), se emociona. Esto no es de extrañar, pues los niños son fuentes de movimiento y reflejan esa misma pasión por las muestras móviles. Como maestra, me satisface esa emoción —tal vez por creer que están aprendiendo algo, que se está produciendo un efecto formativo—. Pero esa satisfacción puede obnubilar y no dejar saber si, de acuerdo con la idea de *formación* que retomo de Bachelard, se está transformando la posición del niño frente al objeto de conocimiento (representado en las muestras microscópicas), a sabiendas de las mediaciones (el agente externo que, en este caso, es el microscopio) y con una comprensión —no con un impulso— frente a la relación entre quietud y el movimiento. Un microbiólogo también se emociona con una muestra, pero en esa emoción también cuenta el saber necesario para comprender lo que se está “viendo”.

A continuación, muestro un ejemplo de cómo tres estudiantes dibujan lo que “están viendo”:

- la primera corresponde a la estudiante que observó células de la epidermis de la cebolla;
- la segunda corresponde a la estudiante que observó agua de florero;
- y la tercera corresponde a la estudiante que observó agua de charco:

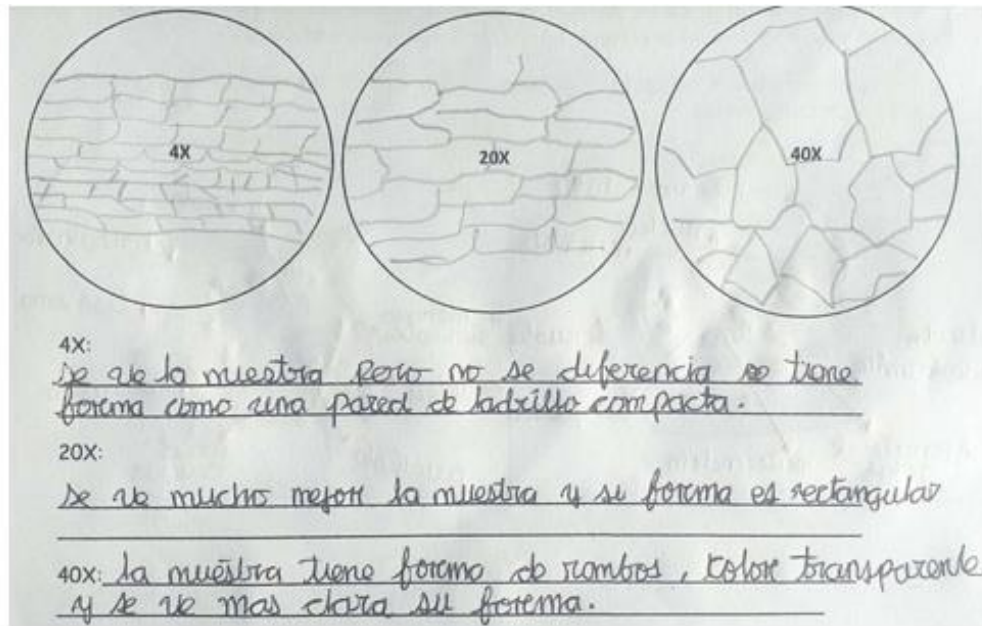


Ilustración 23.

Dibujo y escrito realizado por estudiante de grado cuarto en la observación de las células de la epidermis de cebolla.

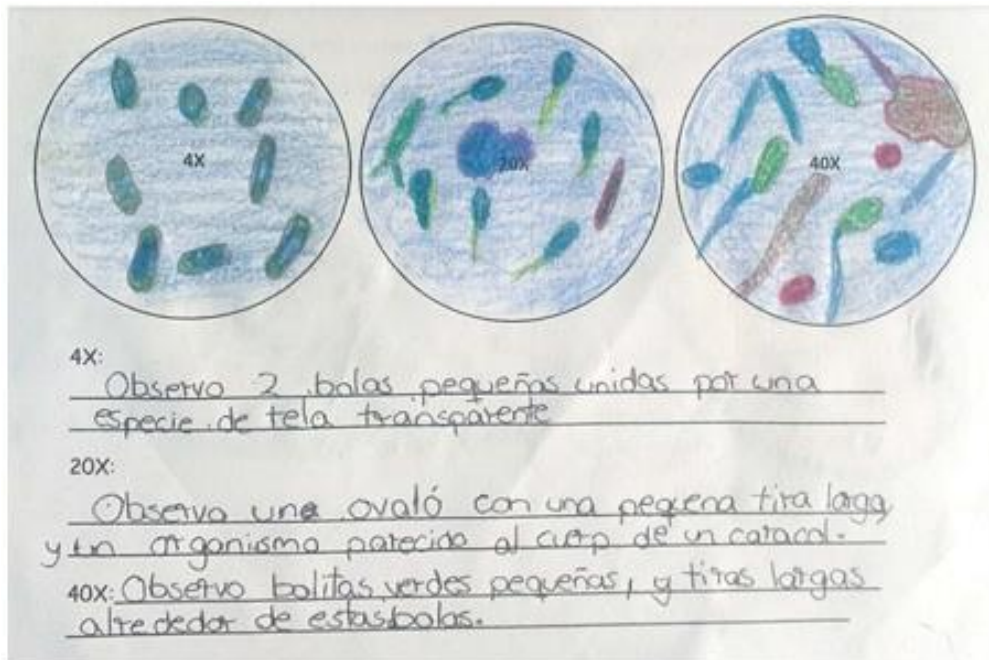
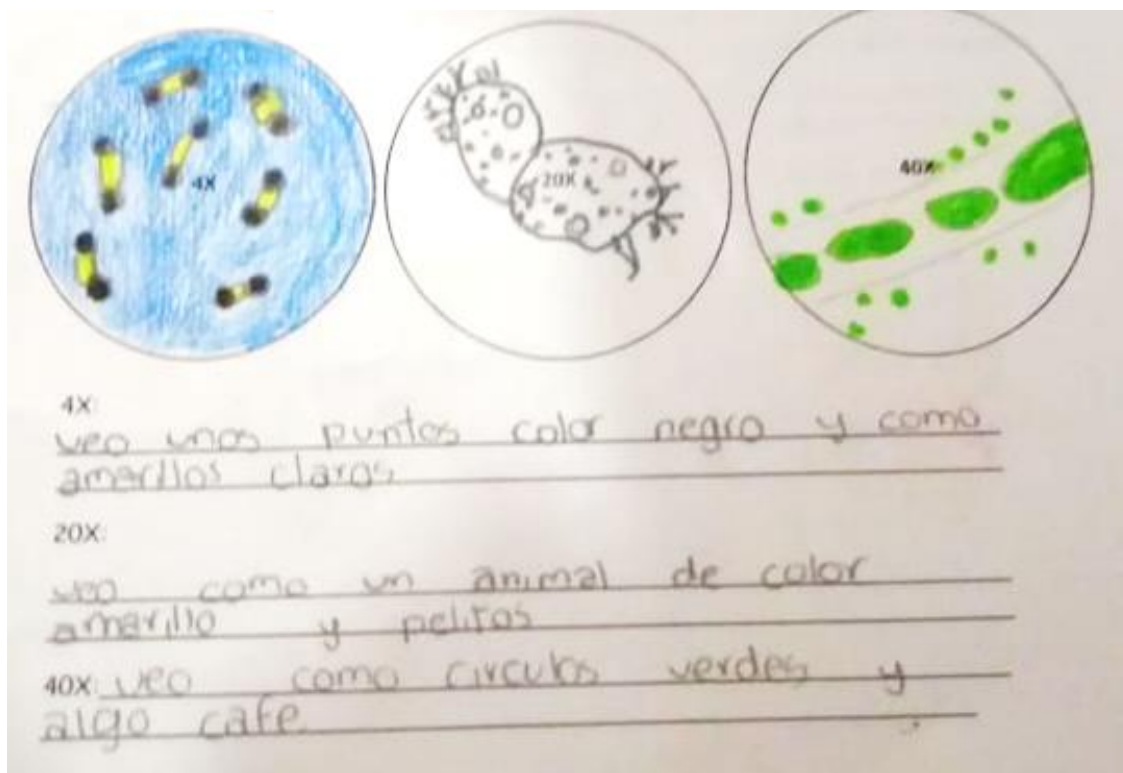


Ilustración 24.

Dibujo y escrito de la estudiante al momento de observar una muestra de agua de florero.



*Ilustración 25.
 Dibujo y escrito de la estudiante al momento de observar una muestra de agua de charco.*

Al momento de recibir estas guías, lo primero que hacía era detallar cómo estaban observando las muestras y señalarles, en sus mismos dibujos, las estructuras que estaban viendo (no eran preguntas que se hicieran en ese momento), y en las observaciones, les hacía correcciones. Por ejemplo, en la ilustración-25, la estudiante menciona que en el objetivo 40X ve círculos verdes y algo café; pero, en ese momento lo que estaba enfocando era una microalga, por lo que yo esperaba que en su respuesta me mencionara este organismo pues, además, se veían claramente los cloroplastos.

Ahora veamos la ilustración-23: la estudiante escribe palabras que yo mencionaba en clase; era una analogía para referirme a la epidermis de la cebolla: “como una pared de ladrillo”. Claramente, no le di la oportunidad de cuestionar lo que observaba, mucho menos generé el espacio para que sobresalieran las preguntas o la curiosidad

y esta última sí que es importante para fomentar el espíritu científico, ya que “la curiosidad da lugar a la esperanza de crear” (Bachelard, 1938, pág. 8).

Ahora bien, hablando propiamente del instrumento microscopio, se puede decir que los niños tienen en sus clases de biología microscopios ópticos “relativamente simples” en el modo de uso, como los que vemos en la siguiente ilustración (elaboración propia):



*Ilustración 26.
Microscopios de consumo escolar.*

Cuando a un colegio le es posible adquirir microscopios, son como los de la ilustración anterior. Ahora bien, no deja de ser curioso que aparatos como estos son principalmente *de consumo escolar*. Es decir, ya materializan una adaptación pedagógica (una recontextualización), pese a que los maestros podemos verlos, y con mayor razón los estudiantes, como propios de la ciencia biológica. En otras palabras, no están hechos *para* la investigación en biología, la cual *hoy* requiere aparatos mucho más complejos y, en consecuencia, mucho más costosos. Y el hecho de que sean costosos y delicados impide que se usen en algunas instituciones educativas. Claro que microscopios como los de la ilustración-26 superan a los que utilizaban los investigadores del siglo XVIII. Pero hoy son, como digo, de consumo escolar³⁰.

Las transformaciones del instrumento ‘microscopio’ han sido significativas a lo largo de la historia. En alguna medida, ¿no habría que ocuparse de esto en clase de ciencias naturales? Aunque no lo hagamos, la “actualización” técnica lo hace “por sí misma”: es el caso de cierto uso del software de “presentación” (PowerPoint, por ejemplo), pues tiende a reemplazar el saber por la eficacia, versatilidad y facilidad del programa, así como por la belleza de los “diapositivas”. Y, entonces, se convierte en un obstáculo. Recordemos lo que decía Zuleta (1985, pág. 21): “La ideología de la información ha producido una revolución en el campo educativo que es prácticamente una peste. Es allí donde queda más radicalmente reprimido el pensamiento como actividad”. Eficacia, versatilidad y facilidad son útiles para quien vende software, pero no necesariamente para quien busca producir un espíritu científico en sus estudiantes.

³⁰ Otra cosa sería en el caso de las universidades.

Entonces, la actualización técnica no forzosamente contribuye a la formación. Hoy es posible tener, en las instituciones educativas, microscopios como los de la ilustración-26, pero ¿qué pasaría si utilizáramos microscopios como los que construía Leeuwenhoek?³¹, ¿se alteraría negativamente la formación? De entrada, no son tan delicados, no son tan sensibles, serían muy baratos. Incluso podría ser que la institución facilitara su construcción *in situ*. Pero, lo que es más importante: ¿se estaría reconstruyendo la historia de su hallazgo para la biología, en las manos de los mismos estudiantes! Asistir al nacimiento de los conceptos, no a su exposición como terminados, forma parte de la formación de un espíritu científico. Y pienso que asistir al desarrollo de los instrumentos que se le han ido asociando a las disciplinas, también podría ser parte de esa formación. ¡Es muy importante establecer la incidencia que ha tenido el avance técnico en el desarrollo de la disciplina biológica!

Sería muy distinto si, después de haber *manipulado* un microscopio como los que construía Leeuwenhoek, los estudiantes pueden acceder a un aparato como el de la ilustración-26. Tal vez ya no habría que insistir en “¡no me desenfocuen la muestra!”, quizá la inquietud habría pasado por unos filtros previos (de orden cognitivo), posiblemente la curiosidad se habría *cualificado*. El estudiante *nos daría* a ver muestras (no nosotros a ellos)... y quizá nos pediría que no la desenfocáramos.

Ahora me parece dudosa la afirmación —que se oye mucho entre docentes— de que la curiosidad es el motor del espíritu científico. La curiosidad también puede ser el motor de una posición *contra* el pensamiento científico. Esto no quiere decir que haya que eliminar la curiosidad (además, creo que es imposible), sino que es necesario

³¹ Ilustraciones 2, 3 y 4 de este trabajo.

orientarla hacia la formación de un espíritu científico. Como maestros, es fácil quedar en ese lugar de interpelar la curiosidad; pero es mucho más difícil darle otra orientación, justamente en dirección al espíritu científico. El microscopio de Leeuwenhoek en clase podría satisfacer el curioso del niño, y el profesor se relajaría frente al acontecimiento inevitable de mover, ajustar, enfocar la muestra. El microscopio binocular, por su parte, es más complejo de utilizar, pues se ha transformado con base en las demandas que le ha hecho la comunidad científica... ¡que no son las mismas de la formación de los estudiantes!

Si se cambiara la modalidad de relación que el niño establece con el instrumento (así fuera con la posibilidad de tenerlos ambos microscopios), el maestro podría permitir que el niño curioseara con el instrumento y que fuera él mismo quien valorara la posibilidad de la quietud, con el fin de poder observar una muestra en el aparato.

Se necesita, entonces, la combinación de la quietud y del movimiento. El niño está impelido al movimiento. ¿No es por eso que tenemos tipificada la “hiperactividad” como una modalidad de estar de los niños en el salón de clase? Al niño no le interesa el lugar (una postura, una actitud), sino el sitio (allí donde juega, donde rivaliza con los otros). En ese sentido, quien tiene un *lugar*, encuentra rápidamente su *sitio* en cualquier parte. El biólogo, por ejemplo, tiene su lugar: una manera de aprehender el mundo y de investigar. Por eso, bajo el microscopio no prefiere una muestra móvil o una muestra estática (y no por eso deja de experimentar una satisfacción). Quien no tiene esa postura, en cambio, quiere que las cosas se muevan. ¡Claro: es mejor una película que una foto!

Entonces, ¿por qué le satisface al estudiante la experiencia de observar seres animados a través del microscopio? Parece como si ese movimiento realizara su propio

imperativo a moverse. Tal vez por eso la escuela tiene momentos en los que los niños dejan cierta quietud de la clase para realizar formas del movimiento:

- por excelencia, en el recreo;
- en una asignatura como “Educación física”;
- en cierta posición asumida para llevar a cabo las asignaturas, conocida como “lúdica”; y
- en una práctica llamada “dinámica”, en la que —sin importar la asignatura— el profesor suspende la clase y dispone la realización una serie de movimientos gimnásticos.

Tal vez por eso relacionamos la pedagogía infantil con el juego. Parecen inseparables las ideas de niño y de actividad (entre ellas el juego). El juego es una actividad que no produce ningún beneficio práctico, hemos dicho, sino la propia satisfacción (corporal, en gran medida). Ahora bien, para formar el “espíritu científico” —asunto mismo de la formación escolar en ciencias naturales— hay que hacer algo con este imperativo al movimiento. Pero ¿reproducirlo tal cual, en función de sus propias características? Tal vez no, pues entonces no se producirá un espíritu científico, sino más de lo que ya hay: sentido común... y la escuela no sería necesaria. Y “fomentar” esa inquietud es justamente lo que hacen los obstáculos pedagógico y técnico. Tampoco sería sencillamente “potenciar”, pues se puede potenciar el sentido común.

Evaluación

Ya hemos afirmado que, para que el profesor esté en condiciones de propiciar el espíritu científico, es fundamental que tenga una fuerte relación con su saber. Ahora bien, sé que dentro de mi práctica he introducido obstáculos de naturaleza

epistemológica y pedagógica. Durante mi formación como licenciada en biología, era explícito en mis clases de ‘pedagogía’, ‘gestión educativa’ y ‘práctica pedagógica’, el hecho de que, al momento de ejercer mi profesión, ‘debería’ estar en constante dirección con lo que planteaban las instituciones en sus Proyectos Educativos Institucionales (PEI). En este sentido, si el PEI se enfocaba desde un modelo pedagógico ‘constructivista’, un modelo pedagógico ‘activo’ o demás “apellidos” que asume la pedagogía en la universidad, yo me debería orientar bajo estas directrices.

Esto cobraba vital importancia al momento de evaluar los contenidos que se pretendían enseñar durante el año escolar. Basil Bernstein (1924-2000), sociólogo y lingüista británico, considera que la evaluación es un código para regular las relaciones comunicativas del estudiante y del maestro. Por eso la define básicamente como una realización válida y certificada (que se aprende/que no se aprende), para enmarcar el conocimiento desde el currículo, los planes de estudio y demás (Bernstein, 1990, pág.94).

Pongamos un ejemplo: los estándares básicos de competencias en ciencias naturales (MEN, 2006) proponen que uno de los conocimientos de las asignaturas del entorno vivo es enseñar la célula, entendida como una unidad básica del ser vivo... Pero, para tratar de enseñar *la célula*, ¿no habría que abordar la historia de las ciencias con algunos postulados para que los niños reconozcan de donde surgió este concepto y no de enseñarlo con una definición generalizada? Así responde Zuleta a lo anteriormente manifestado:

Además del problema de enseñar resultados, sin enseñar los procesos del conocimiento, existe un problema esencial: en la escuela se enseña sin filosofía y ese es el mayor desastre de la educación. Se

enseña geografía sin filosofía, biología sin filosofía, historia sin filosofía, filosofía sin filosofía, etc.

Entiendo por filosofía la posibilidad de pensar las cosas, de hacer preguntas, de ver contradicciones. Asumo el concepto de filosofía en un sentido muy amplio, en el sentido griego de amor a la sabiduría. (Zuleta,1985, pág. 8).

Es ese amor a la sabiduría, al conocimiento que constituye un reto en los maestros: no enseñar bajo definiciones concretas, tratar de fomentar en nuestros estudiantes —y en nosotros mismos— la pregunta, la incertidumbre... Si no es así, contribuiríamos a seguir incrementando los núcleos de inconsciencia y la inmediatez, sin crear un ámbito para los problemas del conocimiento; por ello, Bachelard afirma que cuando el maestro no contribuye a la formación del espíritu científico, su pedagogía aparece “para comprobar la inercia del pensamiento que acaba de satisfacerse con el acuerdo verbal de las definiciones” (Bachelard, 1938, pág.68).

Las definiciones dadas por el maestro constituyen una falsa doctrina de lo general (Bachelard, 1938, pág. 66) y es por eso que se convierten en un obstáculo para el pensamiento científico, que detienen la experiencia y contribuyen a las seducciones de la facilidad... Las definiciones pueden ser “verdaderas”, en el sentido de que serían acuerdos de la comunidad científica piensa en ese momento (excluimos la dimensión tensional dentro de esa comunidad, pues ese punto sería para los que *hacen* ciencia, no para los que la *enseñan*). Pero la formación del espíritu científico no se hace sencillamente enunciando verdades.

Entonces, cierta evaluación podría estar materializando una “seducción de la facilidad”, como dice el epistemólogo francés. Por ejemplo, las evaluaciones que se

estructuran para que el estudiante responda falso/verdadero, para que elija una única respuesta entre otras... Esto no parece ser formativo, no parece crear una relación con el saber, sino con cierta información. Esta evaluación, a luz de las ideas de Bachelard que hemos comentado aquí, sería una generalización estructurada y rígida del conocimiento (1938, pág. 67). Y, entonces, ¿cómo sería una evaluación de acuerdo con las ideas del pensador francés? Eso es parte de lo que me queda como tarea; en todo caso, iría más en el sentido de conocer las maneras como el estudiante entiende los asuntos de la vida (hablo de la asignatura que regento), de poner en crisis dichas maneras, de indagar por las experimentaciones que el estudiante propondría a manera de “demostración”...

Volviendo a mi práctica, cuando hago evaluaciones, hasta ahora sólo he verificado que los estudiantes respondan la opción correcta; y me digo, como muchos profesores, que ¡no hay más opciones!, que ¡no hay tiempo para preguntar!, que ¡no hay tiempo para cuestionar! Son temas que ellos desconocen y que yo conozco, de manera que tendrían que aprenderlas en la medida en que yo las enuncio. ¿Acaso pueden esperar los padres, el colegio, la educación del país... a que los estudiantes las deduzca por sus propios medios? Todos respondemos que no. Y el único al que no le preguntamos es al estudiante. No digo preguntarle explícitamente, sino considerar lo que decía Zuleta en la cita anterior: la posibilidad de pensar las cosas, de hacer preguntas, de ver contradicciones, pues *eso* es lo formativo. Lo otro es informativo y ya conocemos el clamor, en todas las instancias, sobre el fracaso de nuestros estudiantes a la hora de leer con sentido, de entender las herramientas formales, de pensar por su cuenta los asuntos que portan las asignaturas.

Calificar al estudiante es relativamente fácil: se señalan con un ‘chulito’ las respuestas acertadas y con una ‘X’ las incorrectas, y luego se suma y se resta. Es más, se utilizan

plantillas para calificar rápidamente, o se utilizan los formatos que ya se han aplicado con otros estudiantes en años anteriores. Es así como la evaluación se vuelve cómplice del maestro... no me detengo a escuchar o analizar qué preguntas tienen los estudiantes acerca de algún concepto de la disciplina, me quedo, como lo menciona Bachelard, en ‘sanas doctrinas’ y me conformo cuando veo que el estudiante me ha brindado la respuesta que yo creo correcta. Cuando me refiero a sanas doctrinas, lo relaciono con esos conceptos de la disciplina que supuestamente han estado definidos a lo largo del tiempo, pero vaya uno a saber si han estado en los textos escolares, en las decisiones curriculares del MEN, en las preguntas del examen del ICFCES para ingreso a la Universidad, en los programas de las licenciaturas. Dice Bachelard (1938, pág. 67):

Aristóteles enseñaba que los cuerpos livianos, humos y vapores, fuego y llama encontraban en el empíreo su lugar natural, mientras que los graves buscaban naturalmente la tierra. En cambio nuestros profesores enseñan que todos los cuerpos caen sin excepción. He ahí fundamentada, creen ellos la sana doctrina de la gravitación.

En el ejemplo queda establecido que, independientemente de la perspectiva (científica o no), el problema no son los contenidos, sino el procedimiento.

Entonces, la evaluación es un mecanismo de la inmediatez del conocimiento³² que tiene el profesor para aplicar rúbricas. Es una institucionalización del saber que se da a partir de currículos, planes de estudio e implementación de guías, asuntos todos muy “tranquilizadores” para maestros, instituciones y administradores de la educación

³² Desde Bachelard lo interpreto como la relación del conocimiento con la certeza dada desde los conceptos, las definiciones, experiencias muy ilustradas y pintorescas.

pública: todos quedan con la satisfacción del deber (burocrático) cumplido. Pero no logra problematizar el saber... *¿Acaso se problematiza cuando se responde A, B, C O D? ¿Acaso se problematiza con preguntas estructuradas que solicitan una definición de un concepto?* Sabemos que hay otras evaluaciones en las cuales se pide la opinión del estudiante o que diga “en sus propias palabras” lo que piensa. Esta forma parece aproximarse más a lo que venimos caracterizando como formación del espíritu científico. Pero, concedores del contexto en el que esa forma se aplica debemos decir que tampoco contribuye a la formación, porque, en este caso, se ha dejado caer la verdad, para darle lugar a la opinión. Desde lo que venimos sustentando, no es que haya que dejar caer el saber, sino que hay que ponerlo en clave de la formación; o sea, no se enuncia simplemente el saber, sino que sirve justamente para objetar las opiniones (que se acentúan en la segunda forma de evaluación) y como marco que orienta la actividad del docente.

El saber no es un camino pavimentado. Por eso, cuando en posición de maestros repetimos estrategias, conceptos y evaluaciones, no estamos en relación con el saber, sino que lo recontextualizamos... a veces ni siquiera de las fuentes, sino de otras recontextualizaciones, como los textos escolares, los estándares. Y, entonces, resulta muy fácil calificar lo que dice un estudiante, pues no se le contrasta con el proceso de formación del espíritu científico, sino con lo “supuestamente enseñado”.

Por tal razón menciona Bachelard que “no aconsejaremos bastante al profesor de pasar de inmediato de la mesa de experiencias al pizarrón, para extraer lo más pronto posible lo abstracto de lo concreto” (Bachelard, 1938, pág. 47). Eso sería desconocer totalmente el espíritu científico, que no se produce por comunicar en el aula lo conseguido la “mesa de experiencias”, sin determinar la posición que tiene la problematización. Quien hace eso, ¡parece desconocer su propio proceso formativo!

¿Pero acaso está establecido que hubo formación? Muchos profesores de ciencias naturales solemos vivir esas “experiencias” (los “laboratorios” que se imparten en la licenciatura) y, de una vez, pasamos al pizarrón, sin pasar por la racionalización. Y nos sentimos autorizados a evaluar, con un formato que mide el aprendizaje (el de la institución o, a semejanza, el de las pruebas estandarizadas o, en su defecto, aquel con el que me evaluaban a mí).

Entonces, la evaluación se vuelve mi “cómplice” en el sentido de que, si el estudiante saca un desempeño alto o superior, sobresaliente o excelente, es porque aprendió — gracias a que yo le enseñé bien— y eso me hace sentir complacida; y si el estudiante saca un desempeño bajo, deficiente, regular, es porque no logró adquirir esos conocimientos... que era su responsabilidad. Si damos una información (conocimiento generalizado) que no se relaciona con los problemas y que no logra vislumbrar esos núcleos de inconsciencia de los estudiantes, obstaculizamos el camino de la formación, y la evaluación que va en esa misma dirección resulta siendo una manera de auto representación del maestro para manifestar ante la comunidad educativa que su trabajo está “bien hecho”. Y, por ende, la institución hace una marca más en su lista de chequeo.

Biología y ámbito técnico: algo de historia

Uno de los pilares de la biología ha sido la pregunta de qué es y qué conforma la vida: en su libro *Así es la biología* (1995), Ernst Mayr (1904-2005), biólogo evolutivo, taxónomo e historiador de ciencias, sugiere que la biología explica los procesos fundamentales y características que pueden definir a los sistemas vivientes. ¿Qué tiene que ver el ámbito técnico con esto? Para entenderlo, es importante analizar los hechos y las ideas que se han construido a través de la historia.

Desde el origen del pensamiento humano, o sea, desde el origen del hombre, hay ideas en relación con la vida. Aristóteles, por ejemplo, relaciona la vida con alguna sustancia o fuerza vital. El filósofo griego era gran conocedor de algunos géneros animales de la cultura griega y basaba su conocimiento biológico en el alma, mencionando que era aquella que orientaba las sensaciones e instintos para la supervivencia. Bajo las postulaciones anteriores, en *De Partibus Animalium* lleva a cabo la clasificación de los animales a partir de la observación de estructuras morfológicas, empezando a construir analogías³³ entre los seres vivos. Esto le permitió determinar, por ejemplo, las estructuras que le permiten a los peces absorber y expulsar los elementos constitutivos del agua; y, por otro lado, la composición de los seres vivos mencionando partes como los huesos, la carne y los tendones. También menciona que:

³³ Es un término que actualmente se utiliza para determinar si los orígenes evolutivos entre las especies son independientes, pero se pueden parecer superficialmente por tener la misma función. Ejemplo: las alas de los murciélagos y las alas de las aves.

Efectivamente, los antiguos que primero investigaron filosóficamente sobre la naturaleza fijaban su atención en el principio material y en el tipo de causa, cuál y cómo era, cómo el mundo entero nace de ella, y cuál es el motor, por ejemplo la discordia o el amor, o la inteligencia o el azar (*De Partibus Animalium*, I, 640b5).

Lo anterior permite identificar que el pensamiento aristotélico se enfocaba en términos de propiedades, facultades o potencias asociadas al alma. Esta manera de aproximación al conocimiento de la naturaleza se basaba en algunos principios del filósofo que están más explícitos en el libro 6 de *La ética a Nicómaco*. Allí menciona que la parte razonadora y calculadora del ser humano era una subdivisión de la parte racional del alma; en esta última explica tres principios fundamentales: sensación, entendimiento e instinto. Este último contribuye a los actos de entendimiento, los cuales desempeñan dos acciones: la afirmación o la negación. Para Aristóteles, el alma contribuye a un instinto inteligente que ayuda a discernir lo que los sentidos encuentran en el mundo. Con lo anterior, considera el alma como un ente inteligente y las disposiciones morales como virtudes superiores para conocer la verdad.

Lo anterior, lo establece a partir de la relación alma-ciencia, definiendo esta última como un hábito ligado a los principios demostrables y racionales; también habla de la relación personal con el conocimiento científico de la siguiente manera: “En efecto, uno tiene conocimiento científico cuando tiene una cierta convicción y le resultan conocidos los principios. Pues si no tiene de ellos mayor convicción que de la conclusión, tendrá conocimiento por concurrencia. Pues bien, quede así definido acerca de la ciencia” (*Ética a Nicómaco*, VI, 1139b3). Aquí tenemos una lección milenaria para nosotros los docentes: si desconocemos los principios y llevamos al aula las conclusiones, estaremos haciendo uso de un conocimiento “por concurrencia” y, concluyo, no podríamos formar un espíritu científico porque no lo somos.

Pero va a ser en el siglo XVI que las reflexiones humanas apuntan a la construcción de una reflexión científica sobre la vida. En ese período aparecen las corrientes mecanicistas y vitalistas. Para los mecanicistas, los seres vivos no eran diferentes a la materia inanimada y, entonces, explicaban la vida desde los principios de la física y la química; en cambio, los vitalistas aseguraban que los seres vivos tenían propiedades que no existían en la materia inerte y que poseían características propias (lo que se podría determinar como códigos genéticos).

Con el paso del tiempo, de un lado, se fueron socavando las creencias culturales en “espíritus” o en la “magia”; y, de otro lado, se dieron los adelantos tecnológicos —al comienzo del renacimiento— que empezaron con el uso de relojes y otras máquinas. Todo esto abre paso a una nueva manera de contemplar la vida, denominada “*la mecanización de la imagen del mundo*” (Mayr, 1995, pág. 9).

Con esto, empezaron a basar el conocimiento en leyes concretas, llegando a decir que todos los organismos eran máquinas... excepto el humano. Al introducir estos rasgos de la modernidad, a partir de la mecanización, se amplía el abanico de conocimientos referidos a la fisiología y la anatomía comparada. Por otro lado, hacia 1865 se crean instrumentos más precisos para realizar mediciones, pretendiendo explicar mecánicamente los procesos que lleva a cabo un ser vivo (como la división celular). Finalmente, algunas teorías vitalistas postulaban y aseguraban que la vida se podía manifestar como materia en movimiento relacionada con una sustancia llamada *protoplasma*, que se entendía como una sustancia dadora de vida. Sin embargo, con la invención del microscopio electrónico se elimina este concepto en la biología, gracias al conocimiento obtenido de la célula.

La invención del microscopio fue crucial. Sin embargo, como hemos visto, es un instrumento inventado a partir de avances propios del campo técnico, ajeno al biológico, que echan mano también de la física (de la óptica). Con todo, el microscopio permitió establecer —y cada vez con más detalle— la composición de “la materia viva”. Así, se dejó a un lado la idea del protoplasma y se empezó a relacionar la vida en términos de macromoléculas y niveles de organización.

Mayr (1995, pág.24) menciona que la invención del instrumento ayudó a liberar a la mente humana de las supersticiones y de la metafísica. Además, posibilitaba que la mente humana lograra representaciones más coherentes para entender la naturaleza, en correspondencia con el desarrollo instrumental que culturalmente iba ganando cierta posición con las “innovaciones” técnicas. Las comunidades científicas de aquella época insistían en que la ciencia se desarrollaba cumpliendo algunos requisitos como la relación entre los hechos y la teoría. Y, en consecuencia, nuevos “fines productivos” se empiezan a pensar en función del conocimiento para aportar a la sociedad de entonces.

Entonces, según Mayr (1995, pág. 10) es Galileo quien constituye la ciencia mecánica (que incluía la astronomía) y que junto con la matemática constituía una marca distintiva en lo que se denominó “la verdadera ciencia”. Así, la ciencia comienza a hacer exigencia al campo instrumental, con lo que algunos instrumentos se empiezan a modificar gracias a esa demanda. Demos un ejemplo. Hans Lippershey fue fabricante de lentes e inventos. Uno de sus inventos fue disponer estos lentes en un

tubo el cual llamo “Looker”³⁴: una llamada ‘objetivo’ (por estar más cercano al objeto) y otra llamada ‘ocular’ (por estar más cercano al ojo humano). Nombres que en la actualidad se mantienen para algunas partes del instrumento microscopio.

Pero fue el científico y astrónomo Galileo Galilei quien lo elevó 45°, pues ya no le interesaba ver el horizonte (para avistar enemigos que venían por mar, por ejemplo), sino los cielos, que cabían en el marco de sus investigaciones físicas. Por eso Galileo rediseña el “Looker” para fines astronómicos. La sola propiedad de acercar y alejar objetos distantes mediante la refracción de luz a través de la lente no es suficiente para dar lugar a la astronomía galileana. Son las preguntas de “filosofía natural” (o sea, de *física*) de Galileo las que le permiten crear la física —hoy llamada ‘clásica’— y servirse del instrumento de Lippershey. Su rediseño, mejoró la tecnicidad y rendimiento del instrumento lo que le permitió registrar detalles de astros y planetas.

Todo esto está a la base de la invención del microscopio, para conocer el mundo “invisible”. Mayr (1995, pág. 4) menciona que se intenta llevar la complejidad de los sistemas vivos a niveles más pequeños, esto de cierta manera es apoyado por Rostand (1945) cuando menciona que:

Uno de los hechos sobresalientes del siglo XVII científico fue la aplicación del microscopio a la observación de la naturaleza. Y no, como muy bien dice Guyénot, porque esta ampliación del poder de la investigación diese en seguida los resultados que eran lógicos de esperar. El espíritu aún no estaba maduro para interpretar correctamente las imágenes que los cristales de aumento ponían

³⁴ Atención a la denominación: ‘observador’, que da cuenta de la inquietud, muy cercana a la de Leeuwenhoek con su microscopio. Después va a tomar un nombre más “neutral”: telescopio.

delante de los ojos. Se vieron células mucho antes de estar en condiciones de comprender qué era la célula... Por tanto, el microscopio planteó primero más problemas nuevos, que viejos solucionó, y en determinados puntos, incluso contribuyó a llevar la imaginación hacia callejones sin salida. (Rostand, 1945, pág.10)

Esta interpretación es muy interesante, pues no dibuja una concordancia entre la reflexión y técnica: al menos hasta ese momento, vienen por caminos diferentes. Y cuando se dice que “El espíritu aún no estaba maduro para interpretar correctamente las imágenes que los cristales de aumento ponían delante de los ojos”, me hace pensar en los estudiantes: ¿están maduros para interpretar correctamente las imágenes del microscopio en clase? Según Rostand. ¡primero hay que madurar los espíritus! O sea, en términos de Bachelard, formar el espíritu científico. De hecho, Rostand sostiene que el advenimiento de esas imágenes sin estar preparados “contribuyó a llevar la imaginación hacia callejones sin salida”. ¿No es eso lo que ocurre con los estudiantes? Es otra forma de decir “obstáculo pedagógico”.

Y claro que las observaciones se pueden poner en relación con preguntas, pero también hay que establecer desde dónde se hacen esas preguntas. Recordemos que Leeuwenhoek no crea el microscopio con un fin científico, sino para divertirse, para curiosear. Desde una postura científica, el microscopio fue decisivo:

[...] condujo rápidamente hacia numerosos descubrimientos de detalle, y revelando una variedad y una complejidad inesperadas de las estructuras orgánicas, estimuló vivamente la curiosidad de los investigadores, al propio tiempo que les acostumbraba a la observación paciente, minuciosa, continua (Rostand, 1945, pág. 10).

Es decir, el instrumento sació la curiosidad de algunos, pero también generó nuevos descubrimientos para quienes iban más allá de la curiosidad (o sea que también tenían curiosidad, pero la subordinaban al espíritu científico).

Con el tiempo, el razonamiento sobre la vida se fue transformando en teorías que se orientaban a racionalizar el conocimiento, independientemente de las creencias o de la dimensión sobrenatural y claro... la invención de algunos instrumentos ópticos como lo mencionaba anteriormente ayudó a esa transformación, tal y como lo menciona Rostand:

la antigüedad conocía, desde luego, las propiedades del aumento de las lentes de vidrio o de cristal y, ya en el siglo XIII, la lupa era corrientemente utilizada por todos aquellos a quienes su profesión obligaba a manejar objetos pequeñísimos (relojeros, joyeros) y por los mercaderes de tejidos, para contar los hilos de los paños. Pero a comienzos del siglo XVII los sabios hicieron servir las lentes para sus investigaciones (Rostand, 1945, pág. 10).

Es decir, no sólo basta con la invención de instrumentos ópticos. En el artículo *La influencia de las concepciones filosóficas en las teorías científicas* (1954), menciona Koyré que el saber de la filosofía para la evolución del conocimiento científico fue fundamental, no sólo por la construcción de una base teórica, sino por la reflexión que la filosofía aporta para crear conocimiento, pues la construcción de las teorías científicas no se basan únicamente en el número, la ecuación o, en este caso, el instrumento; también se relaciona con el pensamiento filosófico, con la imaginación; menciona también que no se reduce ante la técnica, ya que este es uno de los campos que puede brindar explicaciones de los fenómenos para dar confianza a lo sensible. Por tanto, para Koyré el pensamiento científico “nunca ha estado separado

enteramente del pensamiento filosófico” (Koyré, 1954, pág. 51), de manera que “Las grandes revoluciones científicas siempre han sido determinadas por conmociones o cambios de concepciones filosóficas”. El marco del pensamiento científico es de naturaleza filosófica (Koyré, 1954, pág. 51-52).

Entonces, es la historia de la ciencia en relación con la filosofía la que proporciona un sentido profundo al conocimiento, la cual no se puede reducir a la técnica que se ha implementado para la comprensión de este mismo, entonces es necesario volver a los “impulsos creadores”³⁵. Recordemos que es el pensamiento científico del siglo XVII, el que trae consigo varias consecuencias en la construcción del pensamiento filosófico como el de Aristóteles con sus teorías del mundo finito y ordenado en jerarquía, después se evidencia una sustitución de este tipo de pensamiento por la “identidad” de elementos y leyes, y es así como se empieza a sustituir los espacios concretos — aquellos sustentados por Aristóteles— en espacios abstractos desde diferentes teorías.

La ciencia moderna claramente no tiene en cuenta estos postulados, pues surge como oposición a este tipo de pensamiento metafísico y se preocupa más bien, por los juicios de valor que determinan cuál conocimiento es legítimo. Ella empieza a surgir desde la experiencia como un pilar, siendo menos precisa, mostrando la existencia de “algo” y siendo enseñada de manera rigurosa con términos absolutos. Por tanto, es importante tener en cuenta lo que menciona Koyré:

No son las condiciones del saber las que determinan las condiciones
del ser fenoménico de los objetos de esta ciencia —o de los entes—

³⁵ Término que menciona Koyré para referirse a aquellos primeros pensadores que lograron una reflexión metafísica del conocimiento científico.

sino, al contrario, la estructura objetiva del ser lo que determina el papel y el valor de nuestras facultades del saber (Koyré, 1994, pág. 61).

Por tanto al omitir el sentido metafísico en las ciencias, Koyré menciona que se reveló una ciencia inestable y precaria —pues con la ciencia moderna no se logra una interpretación de la historia— que formó las bases para dialogar, por ejemplo, de lo que ahora se concibe en biología como ‘sistemática’ o en la física como ‘gravedad’, dando lugar a interpretaciones y análisis positivistas, los cuales insisten en la explicación del conocimiento a partir del experimento, en búsqueda de leyes y en el abandono del sentido de la pregunta.

Bachelard en su libro *La filosofía del no: ensayo de una filosofía del nuevo espíritu científico* (1940) menciona que los hombres de ciencia juzgan inútilmente una preparación metafísica pretendiendo aceptar en forma inmediata las lecciones de la experiencia si trabajan en las ciencias experimentales, y los principios de evidencia racional si trabajan en las ciencias matemáticas.

Tanto Koyré como Bachelard, mencionan la importancia de analizar el conocimiento desde una filosofía de las ciencias, ya que es aceptar de manera inmediata las lecciones y los principios racionales, llegando hasta tal punto de creer que la experiencia objetiva basta para explicar la coherencia subjetiva, por tanto, Bachelard invita a formular condiciones del saber.

Para cerrar (y continuar)

La investigación a que dio lugar esta tesis —siguiendo, principalmente, la obra de Bachelard— apenas da comienzo a una perspectiva de investigación a largo plazo.

A continuación extraigo unas breves conclusiones. Cuando en clase de biología pongo muestras bajo el microscopio para que mis estudiantes observen, convergen al menos tres ámbitos: 1.- epistemológico, 2.- educativo y 3.- técnico. El epistemológico, referido al saber, es donde aparecen los *obstáculos epistemológicos* de los que habla Bachelard. El educativo, referido a la pedagogía, es donde aparecen los *obstáculos pedagógicos* (mencionados brevemente por el autor francés). Y el técnico, referido al instrumento (en este caso el microscopio), es donde aparecen los *obstáculos técnicos*.

En ese sentido, la formación del espíritu científico consiste en la remoción de tales obstáculos.

- La remoción de los obstáculos epistemológicos va en dos sentidos: los del profesor, que se vencen estudiando, investigando, poniéndose en contacto con la comunidad científica (al respecto no vale quejarse de las condiciones sociales y políticas); mientras que el inicio de la remoción de tales obstáculos en el estudiante se realiza mediante una pedagogía que objete las explicaciones “espontáneas”, que introduzca la formalización, la experimentación (y que no introduzca, a su vez, obstáculos pedagógicos).

- La remoción de los obstáculos pedagógicos se materializa en el esfuerzo del profesor de entender lo que su práctica introduce y que puede fundamentar obstáculos epistemológicos. Por ejemplo, no introducir el microscopio como “motivación”, sino cuando corresponda a una objeción a las creencias de los estudiantes sobre la vida como objeto de la biología.

El posible camino para vencer los obstáculos pedagógicos en los maestros es la investigación y la pasión que el maestro tiene para su disciplina. Es importante aclarar que, en la perspectiva de esta tesis, la investigación no se refiere simplemente al empleo de metodologías o a la aplicación de formatos, sino a la relación que el maestro va obteniendo en su camino de formación que es continuo, nunca acaba.

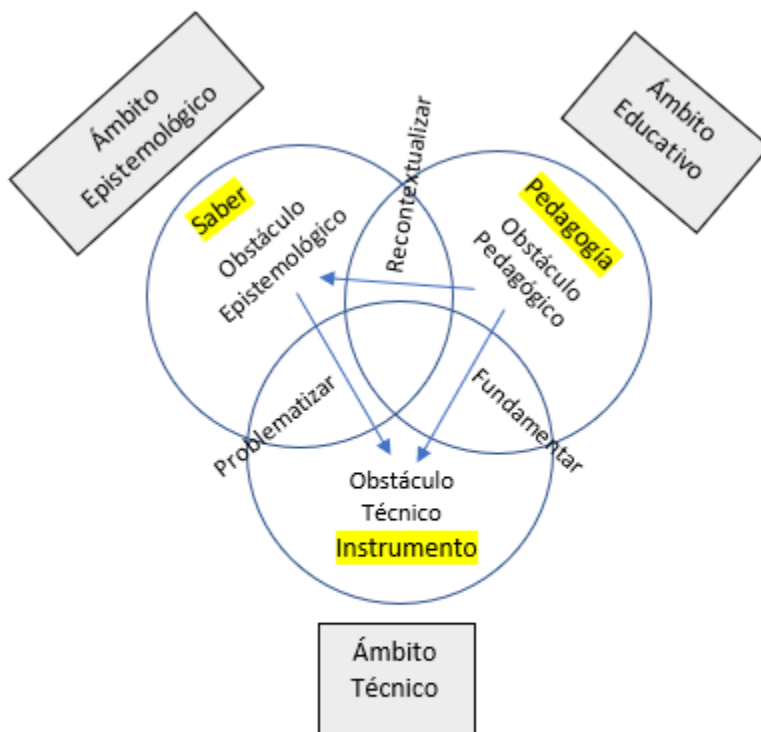
Al momento de indagar y buscar las actividades realizadas con los niños acerca de la microscopía, de los trescientos veintisiete niños que aproximadamente tuve a mi cargo en tres años dentro del área de ciencias naturales y educación ambiental, no conservaron sus cuadernos, anotaciones e ilustraciones. Este hecho me permite seguir afirmando la importancia de que los maestros empleemos sólidas estrategias para formar en la disciplina, creando relaciones fuertes con los conceptos que enseñamos. Con lo anterior, no estoy queriendo decir que el conocimiento se refleje en los cuadernos, pero sí en el hecho de que en algún momento esos cuadernos sean tal tesoro del conocimiento, que los estudiantes anhelan conservarlo para seguir fomentando la pregunta y la incertidumbre.

- La remoción de los obstáculos técnicos es algo que exige el conocimiento, de parte del maestro, del estatuto cognitivo del instrumento y de las determinaciones internas que introducen elementos suplementarios a aquellos que se quieren aprehender (como el caso de la aberración cromática).

Las intersecciones que se ven en la figura-27 son las siguientes:

- Entre los ámbitos educativo y epistemológico está la recontextualización, pues el maestro pone el saber (en realidad: su relación con el saber), en función del contexto escolar, lo que implica una serie de transformaciones a ese saber.
- Entre los ámbitos epistemológico y técnico está la problematización, pues el instrumento se usa para interrogar al pensador, para problematizar los alcances conceptuales.
- Entre los ámbitos técnico y educativo aparece la idea de fundamentar la práctica educativa mediante el uso de instrumentos técnicos. Como en mi caso: el microscopio para fundamentar la enseñanza de la dimensión microscópica relacionada con la vida.

Todo esto queda expresado en la siguiente ilustración (propia):



*Ilustración 27.
Articulación de ámbitos en el espacio educativo.*

Bibliografía

- ARISTÓTELES (2000). *Partes de los animales* (trad. E. Jiménez y A. Alonso). Editorial Gredos.
- ARISTÓTELES (2001). *Ética a Nicómaco* (trad. J. Calvo). Alianza editorial.
- ARDILA, Esteban (2017). «Máquinas inútiles. Uso, juego y cotidianidad». Trabajo de grado para optar por el título de Maestro en Artes Visuales. Bogotá: Universidad Javeriana.
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/39848/180308%20Esteban%20Ardila%20Trabajo%20de%20Grado.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- BACHELARD, Gastón (1935). «Idealismo discursivo». En: *Estudios*. Buenos Aires: Amorrortu, 2004.
- BACHELARD, Gastón (1938). *La formación del espíritu científico*. Argentina: Argos.
- BACHELARD, Gastón (1940). *La filosofía del no*. Buenos Aires: Amorrortu, 1984.
- BERNSTEIN, Basil (1990). *Poder, educación y consciencia. Sociología de la transmisión cultural*. Barcelona: el Roure editorial S.A.
- COMENIO, Juan Amos [1632]. *Didáctica magna*. Madrid: Akal, 2012.
- KOYRÉ, Alexandre [1954]. «La influencia de las concepciones filosóficas en las teorías científicas». En: *Pensar la ciencia*. Barcelona: Paidós, 1994.
- MAYR, Ernst (1995). *Así es la biología*. Editorial Debate, S.A
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL [2006]. *Estándares básicos de competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas*. Bogotá: MEN.
- ROSTAND, Jean. (1945). *Introducción a la historia de la biología*. Editions Gallimard.

RUEDA, Ana (2005). Contribución al estudio de la historia de la optometría en España. Trabajo para aspirar al grado de doctor. Facultad de farmacia. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/3795/1/T18588.pdf>

ZULETA, Estanislao [1977]. *Lógica y crítica*. Cali: Univalle.

ZULETA, Estanislao [1985]. «La educación, un campo de combate» [entrevista con Hernán Suárez]. En: *Educación y democracia. Un campo de combate*. Medellín: Hombre Nuevo y Fundación Estanislao Zuleta, 2001.