

Cianobacterias y atmósfera

Una mirada biológica y geológica a la historia de la vida en la Tierra

Andrea Etchartea | Maestra. Integrante del Equipo Técnico de Apoyo a la Enseñanza en el Área de Ciencias Naturales (IFS-CEIP). Contenidista de Ciencias Naturales de Uruguay Educa. Integrante del Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales, revista *QUEHACER EDUCATIVO*.

María del Carmen Noble | Maestra. Montevideo.

Sandra Pullol | Maestra. Formadora del Área de Ciencias Naturales (IFS-CEIP).

Al comenzar el año se resolvió realizar una unidad de trabajo sobre el tema recurrente del verano: la problemática social y ecológica generada por la presencia de cianobacterias en nuestras playas. Sin embargo, la lectura de un texto inédito¹ del Lic. Sebastián Huelmo presentó una posibilidad más interesante: abordar la temática actual, contrastándola con sus raíces en un pasado muy remoto. Para ello era imprescindible integrar contenidos. El enfoque interdisciplinar habilitaría mirar la complejidad del fenómeno desde una perspectiva temporal; los organismos que hoy son “un problema”, “ayer” posibilitaron la formación de la atmósfera.

Se seleccionaron los contenidos implicados:

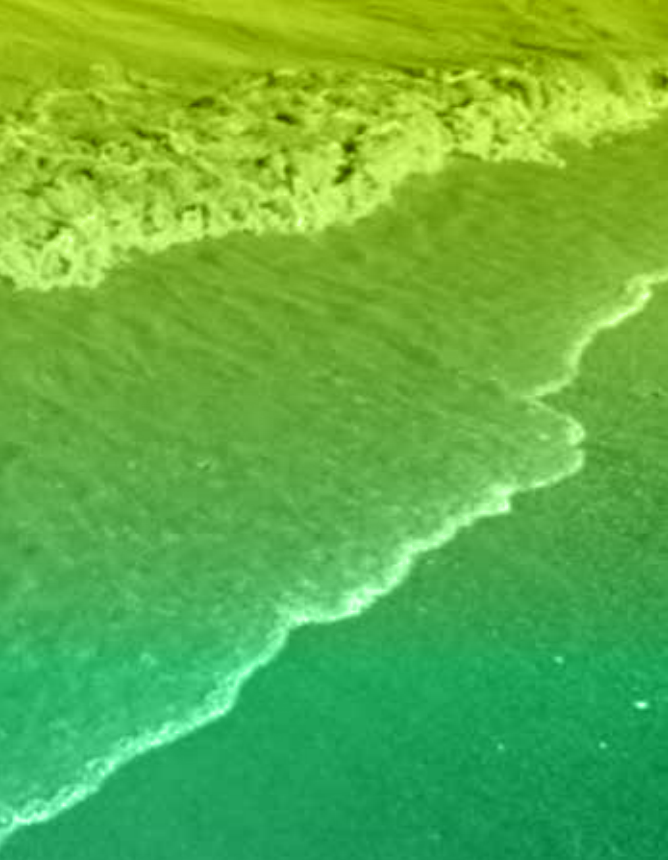
Al planificar se tuvieron en cuenta aspectos que facilitarían el avance conceptual, así como probables obstáculos originados en la experiencia, en las noticias divulgadas o en la construcción de conocimientos durante la escolaridad.

Había muchas dudas, por ejemplo: ¿haber visto cianobacterias en la playa o en fotos, permitiría conceptualizarlas como seres unicelulares?; ¿su color verde los haría pensar que son plantas o algas?; ¿su repentina aparición no los llevaría a considerar una generación espontánea?; ¿la continua referencia al exceso de nutrientes en el agua, obstaculizaría la idea de que son organismos fotosintéticos?; etcétera.

	Quinto grado	Sexto grado
BIOLOGÍA	La importancia de las plantas y cianobacterias ² en la formación de la atmósfera terrestre.	El nivel de organización celular: los seres vivos unicelulares (moneras y protistas). La nutrición autótrofa. La fotosíntesis.
GEOLOGÍA		El tiempo geológico. Las Eras geológicas. Los fósiles.
ORALIDAD		La “definición” de conceptos en la explicación de temas de estudio. La nomenclatura científica.
LECTURA		Los artículos de divulgación científica. La lectura planificada.

¹ “Historia de la Tierra y de la vida: una mirada desde Uruguay”

² Se agregó “cianobacterias” al contenido programático como otro ejemplo de ser vivo fotosintético.



¿Qué son las cianobacterias?, ¿son seres vivos?, ¿por qué crees que invadieron nuestras playas?, explica tus respuestas. Dibuja una cianobacteria en su entorno natural.



Si bien por un lado se pensó que su nombre, cianobacterias, facilitaría concebir un nuevo reino, por otro quizás contribuiría a estigmatizarlas aún más, seres vivos “dañinos”, causantes de enfermedades, de mortandad de peces...

Incorporar la necesidad de descartar esta idea de seres vivos “buenos y malos” permitió resolver la planificación. Hasta este momento no se tenían respuestas a varias interrogantes: ¿Cómo superar una secuencia que solamente relacione contenidos? ¿Cómo lograr una real integración? ¿Cómo intervenir para propiciar que los niños integren el conocimiento? Se resolvió elaborar dos secuencias consecutivas; la primera sobre las cianobacterias como seres vivos, poniendo énfasis en su interacción con el medio; la segunda sobre el rol de las cianobacterias en el Eón Arcaico. Se esperaba que en la actividad de cierre, los alumnos usaran lo aprendido en ambas secuencias demostrando una real integración.

Visitantes no esperados

La presencia de las cianobacterias en la playa fue el tema de conversación obligado en los primeros días de clase. Los comentarios eran todos negativos: *estropearon las playas, no podíamos bañarnos, nos enferman, los peces mueren...*

Se comenzó con una consigna individual:

El análisis de sus respuestas mostró que consideran a las cianobacterias como seres vivos, mayoritariamente porque así lo informó la prensa o porque se mueven (“Cada día invadían una playa más”), se reproducen (“Al principio eran pocas, pero después eran muchísimas”) y comen (“Dicen que tienen mucho alimento en las aguas”). Algunos les atribuían la nominación de “bicho”; otros, de alga por ser verdes y las consideraban como una planta; y unos pocos no lograban determinar si eran seres microscópicos, algas u otros seres vivos que no podían clasificar en un reino.

Aparecieron por el calor, porque llovió mucho o porque en el agua había demasiado alimento. Repetían la información escuchada sin establecer relaciones, no pensaban en la interacción entre el ser vivo y el medio.



"Para mí son bacterias como algas. Son seres vivos porque tienen un organismo."

Se les presentó el análisis realizado para que, ante las diferentes opiniones, en pequeños grupos formularan preguntas que orientaran la búsqueda de información sobre las cianobacterias y su naturaleza. Se pusieron en común, se seleccionaron y agruparon:

Diego: -¿A qué reino pertenecen? ¿Por qué?
Thiago: -¿Cómo son, cómo están formadas?
Genaro: -¿Hay de otros colores?

Noa: -¿Dónde viven? ¿De dónde vienen?
Santi y Sofi: -¿Pueden sobrevivir fuera del agua? ¿En qué condiciones?
Anthony: -¿Pueden vivir en aguas subterráneas?
Lucía: -¿Pueden aparecer en otras estaciones del año?

Vero: -¿Producen enfermedades? ¿Cómo?
Emiliano: -¿Perjudican a otros seres vivos?

En esta búsqueda de respuestas se puso especial énfasis en las fuentes utilizadas. Al comienzo, la mayoría eligió artículos periodísticos, lo que permitió reflexionar acerca de las fuentes consultadas por el periodista. Paulatinamente fueron buscando enlaces a enciclopedias, a artículos de divulgación científica, a artículos periodísticos con entrevistas a biólogos, a pescadores artesanales...

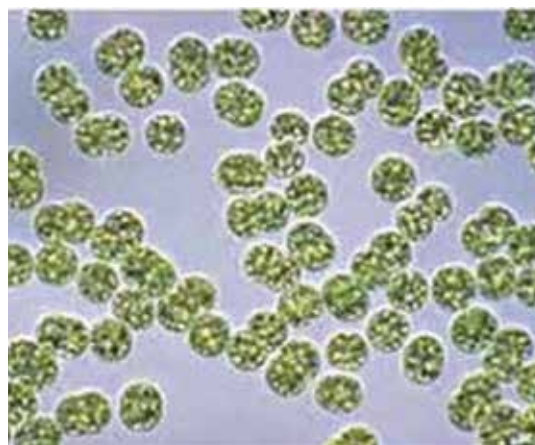
Trabajar con las practicantes la necesidad de enseñar a buscar información en Internet antes de que lo hagan libremente, fundamentalmente la importancia de analizar la fuente utilizada y cruzar la información con otras fuentes antes de validarla. Las formas de sintetizarla, organizarla y presentarla. El uso de distintos recursos para resolver las dificultades que implica el vocabulario científico; cómo detectar información implícita que se da por conocida, exceso de nitratos favorece su crecimiento, o cuyo significado no corresponde a lo cotidiano, floración de cianobacterias.

Registro docente

Realizada la puesta en común, se planteó una actividad de metacognición: volver sobre sus primeras respuestas y dibujos para ratificarlos o modificarlos de ser necesario; se pretendía hacer consciente el aprendizaje realizado.

La totalidad del alumnado modificó sus dibujos, pasó de un dibujo macroscópico de las colonias a una visión microscópica de la cianobacteria.

Saber que las cianobacterias son seres formados por una única célula generó nuevos desequilibrios. ¿Cómo se alimentan? ¿Cómo es su respiración? ¿Son todas iguales? Las fotografías microscópicas no mostraban los aparatos conocidos, eran verdes, no eran todas iguales...





De pronto, las dos secuencias fueron una

Una actividad acordada con anticipación³ presentó la integración que nos proponíamos.

Luciano: *—¿De la primera bacteria que apareció hasta la de hoy, en qué cambió su ADN?*

Dr. Claudio Martínez Debat: *—...no tenemos ese ADN (de esa primera bacteria), se perdió ya que nos referimos a 3500 millones de años atrás. Lo que sí quedó fueron algunas huellitas en algunas piedras que se llaman estromatolitos. La forma de esas bacterias es muy parecida a las bacterias de ahora, lo que nos hace pensar que el ADN no era muy diferente, pero seguramente hubo cambios.*

El impacto que generó esta respuesta fue enorme. El científico exponía sobre los cambios del ADN en el transcurso de la evolución y ante la pregunta de Luciano respondió ubicándolas como uno de los seres vivos más antiguos y que aún existen. Les resultaba increíble.

Registro docente

Luciano: *—¿Cómo es el ADN de las cianobacterias comparado con el reino vegetal?*

Dr. Claudio Martínez Debat: *—El ADN tanto en cianobacterias como en las plantas tiene en común que la información está programada o codificada para realizar la fotosíntesis.*

Nueva sorpresa. Luego de la videoconferencia, los comentarios seguían sobre las cianobacterias. “Hacen fotosíntesis.” “¿Por qué hablan del exceso de alimento? ¿Qué tiene que ver?” “¡Hacen la misma fotosíntesis que las plantas!” Y la pregunta clave: “¿Cómo pueden hacer fotosíntesis si no tienen hojas?” “Tampoco tienen cloroplastos.”

Registro docente

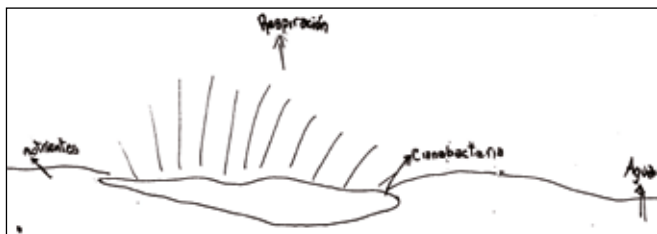
Claramente, el grupo tenía dos intereses: saber sobre esas cianobacterias tan antiguas y comprender por qué si eran fotosintéticas se hablaba de exceso de alimento en el agua.

No fue sencillo convencerlos de que íbamos a comenzar por el segundo aspecto. En realidad, las razones eran didácticas, el conflicto entre ser autótrofas pero que la población creciera por exceso de nutrientes en el agua permitiría mejorar y ganar complejidad en su conceptualización sobre la fotosíntesis. Como sucede todos los años, seguramente tendrían ideas “erróneas” muy arraigadas: la fotosíntesis se realiza en la hoja; es una forma de respiración al revés u otra forma de respirar; las plantas se alimentan de nutrientes y agua que obtienen del suelo a través de la raíz, etcétera.

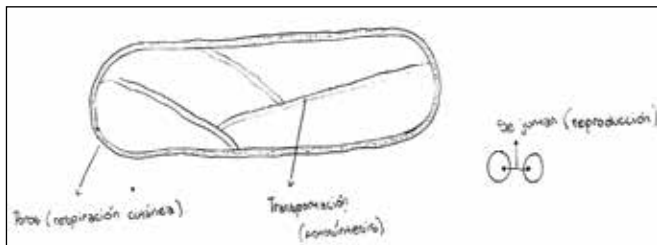
Registro docente

A partir del trabajo en pequeños grupos nos acercamos a las ideas que tenían sobre la nutrición de las cianobacterias: *¿cómo creen que pueden realizar la fotosíntesis?, ¿cómo respiran?*

³ ¿Qué es el ADN? Científicos en el Aula. Plan CEIBAL en coordinación con el PEDECIBA.



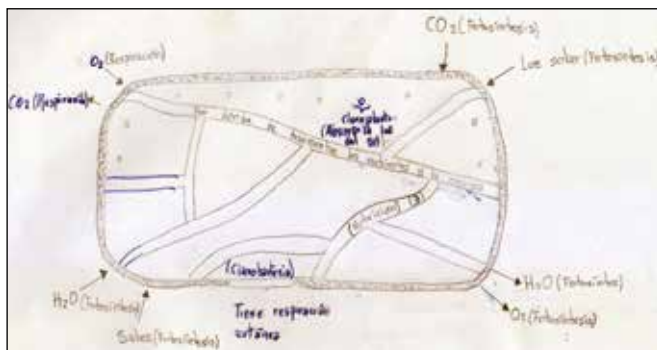
"Hay nutrientes en el agua, se alimentaba de los nutrientes y después hacía la fotosíntesis y soltaba hacia afuera los nutrientes y generaba oxígeno, como hacen los árboles y las plantas." (Mateo, Chiara y Brisa)



"Pensamos como si fuera una planta, recordamos que las plantas absorben el nutriente y lo pasan a las hojas... y lo pasamos a la cianobacteria: como no tiene hojas pensamos en otro medio. Que absorbe los nutrientes y los transporta en su estructura y después libera algo hacia afuera." (Neroa y Sara)

Se planificaron algunas actividades sobre fotosíntesis, centradas básicamente en su historia. Conocer el largo camino recorrido por diferentes científicos les ayudó a dimensionar la complejidad del fenómeno fotosintético y cómo se va elaborando el conocimiento. La incorporación de los nutrientes al proceso no fue sencilla, apenas una aproximación que intentó dilucidar el conflicto que se habían planteado.

Se les pidió que volvieran sobre sus registros y los modificasen si fuera necesario. Se pudieron observar varios cambios en sus conceptualizaciones, aunque no tantos como se esperaba.



Revisión de Brisa y Sara

Otras ideas permanecieron en varios niños, por ejemplo, la de que "la respiración de las bacterias es cutánea". Esto lo explicaban con el argumento de que lo que usan para respirar son los poros de la parte de afuera, que es "como la piel".

La clasificación de las distintas formas de respiración en animales, típicamente trabajada en la escuela, está muy arraigada en los niños. Ellos entienden que la respiración se clasifica por el órgano que realiza la ventilación. Tema potente para discutir con los practicantes de la escuela. Si trabajamos la respiración solamente analizando el órgano con el que se realiza el intercambio gaseoso estamos acotando mucho la posibilidad de los niños para seguir construyendo este concepto.

Registro docente

Si viven todo el año, en agua y en tierra, si son fotosintéticas, fabrican oxígeno, entonces "no son tan malas". Poco a poco, los niños empezaban a cambiar su opinión. Era el momento de acercarlos la importancia que tuvo la función fotosintética de las cianobacterias en la modificación de la composición de la atmósfera primitiva, la aparición del oxígeno, gas que no se encontraba en ella, y su incidencia en el desarrollo de nuevos seres vivos.

Textos de divulgación científica "que no son para niños"

Se decidió presentar el texto sin trabajar previamente "tiempo geológico", ya que el centro estaría en la interpretación de las principales ideas presentadas en la descripción de esa Tierra primitiva.

Historia de la Tierra y de la vida

[...]

Si abordamos la historia de la Tierra desde la tabla del tiempo geológico, comenzamos con el primer Eón denominado Hádico: su inicio coincide con el origen del planeta hace casi 4600 millones de años (Ma), y finaliza 700 Ma después. La característica más destacada del Hádico es la ausencia de vida.

Durante este intervalo de tiempo, la Tierra era muy joven, la superficie estaba muy caliente; por lo tanto, la corteza era muy delgada y los volcanes dominaban por doquier, había una alta frecuencia de impacto de meteoritos y una atmósfera constituida por gases tóxicos

(metano, dióxido de carbono, amoníaco, azufre, etc.) producto de las emanaciones volcánicas que conferían al cielo tonos de colores rojizos, anaranjados y amarillos, intensa actividad eléctrica y ausencia de oxígeno. Muy al inicio, toda el agua de la superficie estaría formando parte de la atmósfera en forma de vapor de agua. En el transcurso del tiempo, dentro de este Eón, la temperatura de la superficie disminuyó paulatinamente, se conformaron las masas continentales y el vapor de agua se condensó y precipitó sobre la superficie terrestre conformando los primeros océanos.

[...]

Lic. en Geología Sebastián Huelmo

Fragmento de "Historia de la Tierra y de la vida: una mirada desde Uruguay". Material inédito escrito para QUEHACER EDUCATIVO.

En primer lugar se leyó individualmente; luego el docente lo leyó en voz alta, con la consigna de que levantaran la mano cuando no entendieran algo, atendiendo así al vocabulario disciplinar.

Como era de esperar, las dudas surgieron de inmediato:

- Tiempo geológico: se aceptó la elaboración resuelta entre los mismos alumnos a partir del título: *es el tiempo con que se mide la historia de la Tierra desde el principio.*
- Eón: se explicó que es el nombre dado a un período muy grande, de millones de años, que tiene una característica importante que lo diferencia.

Maestra: –¿Cuál es esa característica?

Muchos: –Que no había vida en la Tierra.

Mateo: –¿Por qué se llama Hádico?

Maestra: –Simplemente un nombre.

[...]

Maestra (levantando la mano): –Yo tengo una duda.

Varios: –¿Cuál?

Maestra: –Si no había vida, ¿para quién eran tóxicos esos gases?

(Risas)

Brisa: –Se equivocó el autor.

A partir de este fragmento se les solicitó que imaginaran la Tierra sin vida y la dibujaran en los dos momentos: el inicial y luego de que bajara la temperatura, formulando las explicaciones escritas que considerasen necesarias. Durante la actividad se explicitó la importancia de la imaginación como habilidad necesaria para la actividad científica, y de las analogías para explicar lo desconocido. Es interesante que algunos niños, apoyándose en las estrategias sugeridas para imaginar y construir una explicación, recurrieran acertadamente a conocimientos provenientes del videojuego Minecraft, haciendo referencia a la formación de obsidianas y a la caída de meteoritos. ↓



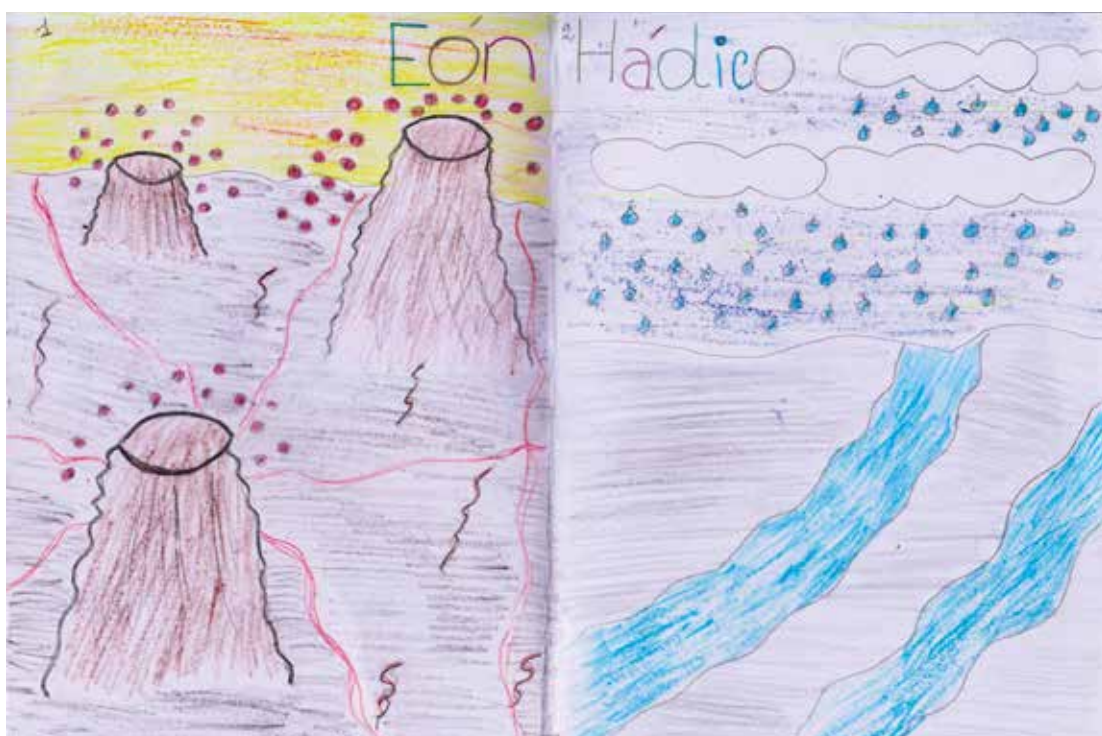
"Para mí, con el meteorito se hizo una grieta que hizo que saliera la lava. El meteorito se secó y se partió, rompió la Tierra y salió más lava."

"Después llovió, se secó la lava y se fue formando el océano. La Tierra se hundió y el agua se dispersó por todo el mundo." (Agustín)



"Dibujé volcanes que emitían gases y lava. Muchos meteoritos que impactaban en la Tierra. Los colores que usé en la tierra y en el cielo son por las altas temperaturas."

"Están apagados, el agua está a baja temperatura y dibujé obsidiana, porque la lava al tocar el agua fría forma obsidiana." (Patricio)



"Voy a explicar los colores que usé. El cielo con tonos amarillos, naranjos y rojos por el calor que hacía. Los meteoritos rojos porque estaban muy calientes. El piso negro porque tiene cenizas, con grietas de lava. Las líneas curvas que salen de los volcanes son los gases tóxicos."

"Cambia el color del cielo al bajar la temperatura. Hice nubes porque sin nubes no puede llover. El suelo es de roca. Hice más océanos que tierra porque creo que es así." (Renata)



"La Tierra no tiene vida, no tiene vegetación. Las grietas las forman los meteoritos."

"La lluvia apagó los volcanes." (Diego)

A partir de estos dibujos, compartiendo la idea de Neus Sanmartí (cf. Etchartea y Gesuele, 2018) de que "evaluar es aprender", se reconstruyó el eón, validando los aspectos coincidentes con la visión expresada por el texto y revisando algunas ideas expuestas.

El siguiente texto, mucho más complejo por su densidad conceptual, fue leído e interpretado primeramente en su globalidad, para luego profundizar en dos puntos: caldo primigenio y la transformación de la atmósfera.

El origen de la vida

[...]

El origen de la vida marca el límite entre Eón Hádico y Eón Arcaico, hace aproximadamente 3800 Ma. Las características de la superficie terrestre durante estos dos eones eran similares. La abundancia de fuentes hidrotermales en el fondo oceánico, la intensa actividad eléctrica en la atmósfera primitiva y la ausencia de oxígeno son las condiciones bajo las que se originó la vida de acuerdo al modelo del "caldo primigenio".

Las primeras formas de vida eran bacterias, quimiosintéticas [...] El siguiente paso en la evolución de la vida fue el desarrollo de la fotosíntesis. Los primeros organismos fotosintéticos fueron cianobacterias agrupadas en colonias: los estromatolitos, "estructuras

macroscópicas generalmente calcáreas y formadas por la acreción de sucesivas capas de cianobacterias".

En Uruguay existen evidencias de la presencia de estas cianobacterias arqueanas, aparecen como estromatolitos en rocas próximas al Cerro de Villalba en el departamento de Lavalleja. Estas rocas fueron datadas y su edad es de 2750 Ma; constituirían, según afirman los científicos, los fósiles más antiguos de Sudamérica.

Para el final del Arcaico, los organismos fotosintéticos (cianobacterias) eran tan abundantes que la producción de oxígeno aumentó significativa y rápidamente, concentrándose en la atmósfera y en la hidrósfera. Fue "la primera contaminación atmosférica" por parte de los seres vivos y transformó la atmósfera. Este episodio se denomina **la Gran oxidación** o transformación de la atmósfera, y marca el final del Eón Arcaico y el comienzo del Eón Proterozoico, hace aproximadamente 2500 Ma., en el que se conforma la atmósfera rica en oxígeno, se forma la capa de ozono, el cielo comienza a verse de color azul y la vida evoluciona lentamente en el medio acuático.

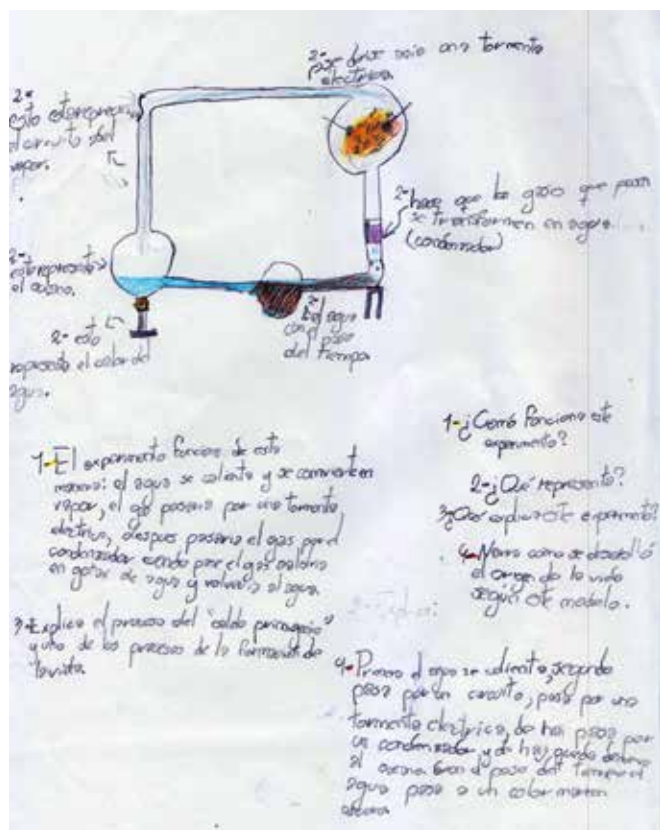
[...]

Lic. en Geología Sebastián Huelmo
Fragmento de "Historia de la Tierra y de la vida: una mirada desde Uruguay". Material inédito escrito para QUEHACER EDUCATIVO.

El caldo primigenio permitió trabajar dos aspectos importantes en la enseñanza de las ciencias: la modelización y la historia de la ciencia. Se abordó la idea de modelo, haciendo referencia a diferentes modelos científicos conocidos por los niños (Sistema solar y ADN), para luego centrarse en el del Caldo Primigenio. Se visionó, a partir de 0:55, el video ¿Qué fue el experimento Miller-Urey?⁴, utilizando tanto los aportes conceptuales como los referentes a la elaboración del conocimiento científico: el requerimiento de “poner a andar” el modelo para validarlo, la importancia de las evidencias y las limitantes de todo modelo para explicar.

Fue interesante la comparación hecha entre los elementos del experimento y la estructura del planeta.

Patricio: –No muestran cómo nace la vida, sino cómo se pueden haber formado las primeras moléculas originarias de la vida.



El segundo tema era primordial desde nuestro propósito, la transformación de la atmósfera por la fotosíntesis de las cianobacterias.

Maestra: –¿Qué habrá pasado en las bacterias quimiosintéticas, para que aparecieran las fotosintéticas?

Renata: –Yo creo que las bacterias quimiosintéticas evolucionaron y se hicieron fotosintéticas.

Emiliano: –Tal vez los nutrientes con los que hacían el proceso desaparecieron y tuvieron que reemplazarlos por otros.

Maestra: –Huelmo no lo explica, seguramente no se sabe por qué aparecen seres fotosintéticos, pero aparecieron. ¿Cómo se sabe que sí existieron?

Agustín: –Por los estromatolitos o algo así.

Pía: –Porque encontraron fósiles de cianobacterias.

Maestra: –¿De una?

Pía: –No, de colonias, de muchas.

Diego: –¿Qué quiere decir acreción?

Maestra: –Que se fueron acumulando capa tras capa de colonias de cianobacterias. Acá les traje fotos. Fijense cómo se ven las capas, los estromatolitos quedaron dentro de la roca.



Estromatolitos fósiles del Arcaico, Formación Cerro de Villalba (Lavalleja)



Estromatolitos cónicos corte transversal, Grupo Mina Verdún

⁴ En línea: <https://youtu.be/qdvp8TYrCmg>



Estromatolitos cónicos corte longitudinal, Grupo Mina Verdún



Estromatolitos actuales

Fuente: http://www.investea.org/ambiental-hitos/data/media/224/WEST1_052.jpg

Maestra: –¿Qué habrá pasado en esa Tierra primitiva cuando las cianobacterias comenzaron a realizar fotosíntesis?

Emiliano: –Para mí empezó a haber oxígeno y nuevos nutrientes para que se desarrollaran nuevas especies y procesos hechos por estos nuevos componentes.

Maestra: –Hay algo que quiero que me expliquen. Las cianobacterias vivían en el océano, en la hidrósfera. ¿Cómo es que el oxígeno llegó a la atmósfera?

Luciano: –Eran tantas las cianobacterias y tanto el oxígeno que eliminaban que se empezó a escapar del agua, ¿como burbujas?

Maestra: –¿Hoy podría pasar lo mismo?

Varios: –Sí, claro.

Maestra: –El 70% del oxígeno de la atmósfera actual proviene de organismos fotosintéticos del océano, entre ellos de las cianobacterias. Entonces...

Pía: –Son muy importantes, si vuelven este verano no me voy a quejar.

Maestra: –No todo es blanco y negro, vamos a pensar un poquito más.

[...]

Los avances en los conocimientos construidos por los niños realmente nos sorprendieron. Hicieron referencia a la evolución, a la necesidad de adaptación tanto a la presencia de oxígeno como a la de otros nutrientes.

Compartir para seguir pensando juntos

Enseñar a analizar la realidad desde las ciencias es un proceso complejo, pero vale la pena. Implica múltiples enfoques disciplinares que se van entrelazando, supone abordar distintos niveles de conceptualización dentro de esa trama, lo que les posibilita comprender la situación.

Desde lo metodológico es interesante analizar la importancia de la replanificación constante, de atender las construcciones mentales que se van logrando y de la realización de diversas actividades no planificadas previamente; todo ello hace al avance conceptual hacia los objetivos planteados. Sin esta mirada, aun con las mejores intenciones, las intervenciones docentes estarían alejadas de los aprendizajes, los que podrían quedar en la acumulación de vocabulario y frases coherentes desde lo discursivo, pero sin consistencia conceptual.

La incorporación de la lectura de un texto académico sobre Geología para profundizar en lo disciplinar es posible, es de esperar que desarraigue la idea instaurada respecto a que los escolares solo pueden manejar textos de divulgación científica para niños.

Por último, nuevamente se señala la importancia de una constante revisión de los aprendizajes por parte de los mismos alumnos; se pretende que sean conscientes de ellos y valoren los procesos realizados para lograrlos. ■

Referencia bibliográfica

ETCHARTEA, Andrea; GESUELE, Cecilia (2018): "Evaluar es aprender. Si no cambia la evaluación, no cambia nada..." en *QUEHACER EDUCATIVO*, N° 151 (Octubre), pp. 79-85. Montevideo: FUM-TEP.