



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **EL CICLO DEL NITRÓGENO. PROPUESTA PARA CICLO TRES DE EDUCACIÓN MEDIA RURAL**

**Nidia Nelly Luengas Caicedo**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Bogotá, Colombia

2014

# **EL CICLO DEL NITRÓGENO. PROPUESTA PARA CICLO TRES DE EDUCACIÓN MEDIA RURAL**

**Nidia Nelly Luengas Caicedo**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales**

Directora:

Dr. Rer. Nat. Mary Ruth García Conde,  
Departamento de Biología, UN

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Bogotá, Colombia

***Dedicatoria:***

*A Dios, que por medio de su grandeza me brindó la salud, la fuerza y la sabiduría necesaria para escalar un peldaño más en mi vida profesional.*

*A mis padres, Flor de María y Laurentino quienes con su amor y su apoyo incondicional han motivado la realización de mis metas.*

*A mi amado hijo Julián Esteban, el motor de mi vida, por su amor y comprensión.*

*A mi amado esposo Emigdio Viancha Cárdenas, quien es mi soporte emocional, por su apoyo, amor y compañía.*

*A mis hermanos, por su apoyo incondicional.*

## Agradecimientos

A la doctora MARY RUTH GARCIA CONDE docente del Departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia, quien dirigió este trabajo de grado y me acompañó a lo largo del proceso; por sus valiosos aportes al trabajo y por compartir abiertamente su conocimiento tanto disciplinar como pedagógico.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA donde he recibido toda mi formación profesional.

A los docentes de la Universidad Nacional de Colombia quienes con sus conocimientos y aportes pedagógicos me brindaron las herramientas necesarias para mejorar mi labor docente.

A la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia por abrir la Maestría en la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales en la modalidad semi-presencial, programa que me permitió cursar mis estudios de posgrado desde la distancia, aun cuando laboro en una región rural apartada al sur del Departamento del Tolima.

A mi familia por brindarme su apoyo incondicional durante esta etapa de mi vida.

## Resumen

El ciclo del nitrógeno representa un complejo sistema que conecta procesos biológicos, geológicos, químicos y físicos, y sirve como modelo para ilustrar las interacciones entre biósfera, atmósfera, geósfera e hidrósfera, todo ello mediado con una combinación de fenómenos cíclicos en unos casos, lineales en otros, reversibles e irreversibles. La apropiación por parte de los estudiantes de los conceptos básicos alrededor de este tema es fundamental para alcanzar la posterior comprensión de las interacciones que tienen lugar en los ecosistemas, del flujo de materia en el sistema, de la nutrición y del desarrollo de los organismos, incluyendo la relación ambiente - estudiante.

En este documento se presenta una propuesta de aula enfocada en la enseñanza de los aspectos relevantes del ciclo del nitrógeno en educación media, la cual se dirige a estudiantes de ciclo tres de la Institución Educativa Nuestra Señora del Rosario - Sede Rural Lagunilla; sin embargo no pretende limitar su alcance a esta población, ni exclusivamente a la población rural colombiana.

La propuesta busca el aprendizaje significativo, las estrategias didácticas se diseñaron a partir del análisis de los conocimientos previos. Igualmente, se orienta a que el estudiante desarrolle habilidades de pensamiento y reconstruya sus conceptos sobre el tema, mientras complementa, analiza y corrige sus ideas preliminares, al mismo tiempo que refuerza sus competencias ciudadanas y los valores en favor del ambiente.

**Palabras clave:** ciclo de nitrógeno, educación rural, ciclos biogeoquímicos, aprendizaje significativo, habilidades de pensamiento, educación ambiental.

## ***Abstract***

*Nitrogen cycle is a complex system that connects biological, geological, chemical and physical processes, and serves as a model to illustrate the interactions between biosphere, atmosphere, geosphere and hydrosphere, all mediated through a combination of cyclical phenomena in some cases and linear, reversible or irreversible in others. The student's appropriation of the basic concepts about this topic is essential to achieve further understanding of the interactions that occur in ecosystems, the matter's flow in the system and the organism's nutrition and development, including the environment – student's relationships.*

*This document is a classroom proposal that focuses on teaching relevant aspects about the nitrogen cycle at secondary education, which is aimed at cycle three students of basic secondary education, of Institución Educativa Nuestra Señora del Rosario – Sede Rural Lagunilla; however, not intended to limit its scope to this population or only the Colombian rural population.*

*The proposal seeks meaningful learning, teaching strategies were designed based on the analysis of previous knowledge. It also aims to develop students thinking skills and to rebuild their concepts on the subject, while complements, analyzes and corrects their preliminary ideas; simultaneously reinforcing their citizenship skills and environmental values.*

**Keywords:** *nitrogen cycle, rural education, biogeochemical cycles, meaningful learning, thinking skills, environmental education.*

---

# Tabla de contenido

<b>Resumen</b> .....	5
1 Introducción.....	10
1.1 Contexto Institucional.....	11
1.2 Justificación de la propuesta.....	12
2 Objetivos.....	15
2.1 Objetivo General.....	15
2.2 Objetivos Específicos.....	15
3 Marco Teórico.....	16
3.1 Lineamientos de la didáctica.....	16
3.1.1 El aprendizaje significativo.....	16
3.1.2 Constructivismo y aprendizaje significativo.....	17
3.1.3 Estrategias de aprendizaje.....	18
3.1.4 La metacognición.....	19
3.1.5 Ambientes de aprendizaje.....	21
3.1.6 La aplicación de los conocimientos a la realidad cotidiana.....	22
3.2 Componente disciplinar.....	23
3.2.1 Las esferas terrestres.....	23
3.2.2 Los ecosistemas.....	28
3.2.3 El suelo.....	33
3.2.4 Los ciclos biogeoquímicos.....	36
3.2.5 El ciclo del nitrógeno.....	39
4 Metodología.....	53
4.1 Prueba Diagnóstica.....	53
4.2 Diseño de la propuesta de aula.....	53
5 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	54
6 Conclusiones.....	73
Bibliografía.....	74





---

## Lista de tablas

Tabla 1 Inventario global de nitrógeno en La Tierra. Adaptado de Winstanley, Demissie, & Hollinger (2008).....	40
Tabla 2 Síntesis de las respuestas 1 y 2 del instrumento diagnóstico de conceptos previos .....	55
Tabla 3 Síntesis de las respuestas 3, 4, 5, 6, 7 y 26 del instrumento diagnóstico de conceptos previos. ....	56
Tabla 4 Síntesis de las respuestas 8, 9 y 10 del instrumento diagnóstico de conceptos previos.....	58
Tabla 5 Síntesis de las respuestas 11, 12 y 13 del instrumento diagnóstico de conceptos previos. ....	60
Tabla 6 Síntesis de las respuestas 15, 16 y 17 del instrumento diagnóstico de conceptos previos. ....	63
Tabla 7 Síntesis de las respuestas 14, 19, 20, 21, 22 y 23 del instrumento diagnóstico de conceptos previos.....	65
Tabla 8 Síntesis de las respuestas 7, 18, 24, 25 del instrumento diagnóstico de conceptos previos. ....	69
Tabla 9 Síntesis de la respuesta 27 del instrumento diagnóstico de conceptos previos.....	71
Tabla 10 Síntesis de las respuestas relacionadas con la ilustración, pregunta 28 del instrumento diagnóstico de conceptos previos .....	72

## Lista de figuras

Figura 1 Distribución del nitrógeno a nivel global.....	38
Figura 2 Ciclo abreviado del nitrógeno. ....	41
Figura 3 Ciclo del nitrógeno.....	42
Figura 4 Esquema del ciclo del nitrógeno en el suelo.....	47

---

# 1 Introducción

El fortalecimiento de la educación ambiental en todos los niveles de la sociedad, tanto en el medio urbano como en el rural es imprescindible para que el ciudadano comprenda su relación con el medio, disminuya su impacto negativo sobre el planeta y contribuya a la construcción de una sociedad sostenible. En este orden de ideas, la educación ambiental va más allá de la enseñanza de conceptos ambientales; los ciudadanos deben conocer el mundo que los rodea, el territorio en el que se desenvuelven y las múltiples interacciones de nivel global que se relacionan con su entorno y con su propia vida.

Cada una de las acciones humanas tanto individuales como sociales tiene un efecto directo en el ambiente; por lo tanto, entre mejor comprensión tengan los ciudadanos de su relación con el entorno, mayores serán sus herramientas para tomar decisiones responsables al respecto, que disminuyan o mitiguen su impacto negativo. Las buenas prácticas ambientales contribuyen a mejorar la calidad de vida de las personas y a conservar los ecosistemas que proveen a la sociedad de los múltiples servicios ambientales que soportan la vida.

El aumento continuo de la población, la concentración de la misma en centros urbanos y el desarrollo de la actividad industrial han tenido un impacto muy negativo sobre los ecosistemas, a tal punto que amenaza la vida en el planeta y por lo tanto, la sobrevivencia de la sociedad humana. Se requieren medidas urgentes para conducirnos hacia un mundo sostenible.

Para el cumplimiento de este objetivo, es evidente la necesidad de ayudar a las nuevas generaciones a tomar conciencia de ese grave problema y es ahí, donde la escuela juega un papel muy importante. Al interior de la escuela, es el cuerpo de docentes quienes tienen la gran responsabilidad de potenciar la educación en valores ecológicos, para que lo que se aprenda dentro del aula trascienda los muros de la escuela y se refleje en una interacción más sostenible entre el alumno y el planeta, que se extienda hacia sus familias y hacia las generaciones venideras.

En este contexto cobran importancia los avances en el conocimiento científico de la ecología, los trabajos orientados a mejorar la comprensión de los conceptos de ecología y todos los esfuerzos en pro del perfeccionamiento de la educación ambiental.

La vida que se conoce habita el Planeta Tierra y está hecha de la materia contenida dentro del mismo; la materia prácticamente ni sale ni entra del planeta, solamente se mueve dentro del globo. El flujo de la materia al interior de los ecosistemas es un campo de estudio muy importante en ecología. La

---

comprensión de este proceso y de los conceptos básicos relacionados, es fundamental para acercarse a la comprensión de la vida y de las interacciones de los seres vivos con el ambiente. Los ciclos biogeoquímicos estudian el intercambio de los materiales químicos entre los componentes vivos y no vivos dentro de la Tierra y son, por lo tanto, uno de los pilares sobre los que se soporta la educación ambiental.

Con el desarrollo del presente trabajo se pretende proponer una estrategia para abordar el ciclo del nitrógeno en el aula rural, la cual lleve al educando a comprender de manera significativa, la interacción entre nutriente, organismo y ecosistema y la importancia de conservar la autorregulación en los diferentes componentes del sistema para mantener la función y los servicios que presta el ecosistema a la comunidad humana.

La propuesta se enfoca en la enseñanza de los aspectos relevantes del ciclo del nitrógeno en la educación media. Se dirige a estudiantes de ciclo tres de la Institución Educativa Nuestra Señora del Rosario - Sede Rural Lagunilla; sin embargo no pretende limitar su alcance a esta población, ni exclusivamente a la población rural colombiana.

Para la realización de la propuesta se siguió una metodología basada en el aprendizaje significativo y en consecuencia se llevó a cabo una exploración de los conocimientos previos de la población objetivo y se diseñó una estrategia didáctica basada en el análisis de esa exploración; orientada a que el estudiante desarrolle habilidades de pensamiento y reconstruya sus conceptos sobre el tema, mientras complementa, analiza y corrige sus ideas preliminares, al mismo tiempo que refuerza sus valores ambientales positivos. De manera que esta reconstrucción conceptual incida en el educando rural y en las nuevas generaciones en un mejor manejo de su relación con el entorno y contribuya en el mediano y largo plazo al mejoramiento de su calidad de vida.

## **1.1 Contexto Institucional**

La propuesta está dirigida a estudiantes de la Institución Educativa Nuestra Señora del Rosario Sede Lagunilla. La Sede Lagunilla se encuentra ubicada en medio rural, en la Vereda Lagunilla, Corregimiento de La Marina, Municipio de Chaparral, Departamento del Tolima, a 20 km del casco urbano de Chaparral.

La comunidad educativa está compuesta por 120 estudiantes, 26 en primaria y 94 en secundaria, los padres de familia, en total 65 familias, 5 docentes y de manera tangencial el personal directivo que

---

coordina las actividades de la sede principal en el casco urbano. La jornada escolar empieza a las nueve de la mañana y termina a las tres de la tarde. En el colegio los estudiantes reciben un refrigerio algunos meses del año o un almuerzo, los estudiantes se desplazan a pie, a caballo o mula y en camperos que hacen líneas regulares.

Las familias son campesinas en su totalidad, la mayoría son de estrato uno, su principal actividad es el cultivo del café, algunos pocos viven en finca propia y la mayoría vive en la misma finca donde trabaja. El nivel educativo de los padres es en general bajo, hay cuatro padres de familia analfabetos, la mayoría cursó primaria, unos pocos cursaron algunos grados de secundaria, casi ninguno tiene bachillerato completo y ninguno tiene estudios universitarios.

Los docentes son profesionales en su totalidad, una docente orienta desde preescolar hasta quinto de primaria bajo el modelo de escuela nueva. Los demás docentes orientan los grupos de sexto a once, dos docentes son licenciados en español, un docente es licenciado en ciencias sociales y una docente es del área de ciencias naturales y educación ambiental.

El colegio atiende la población de preescolar y primaria de La Vereda Lagunilla y la población de secundaria de las veredas Lagunilla, Astilleros, El Guadual, La Alsacia, El Bosque, El Jardín, La Sonrisa, La Ilusión, Horizonte y Puente Verde. La población de secundaria se divide en 4 grupos, un grupo con el grado sexto, un grupo con el grado séptimo, otro grupo con los grados octavo y noveno y un último grupo con los grados décimo y once. Los estudiantes de ciclo tres son 42: 22 en sexto y 20 en séptimo; los estudiantes de sexto tienen edades entre 11 y 14 años y los estudiantes de séptimo entre 12 y 17 años. El colegio cuenta con cinco aulas de clase y un aula de informática con 7 computadores, una unidad sanitaria y una cancha. No tiene servicio de Internet y no cuenta ni con biblioteca ni con laboratorios.

## **1.2 Justificación de la propuesta**

El origen de esta propuesta tiene como impulso: la amplia crisis ecológica que se vive en Colombia; las repercusiones sociales que esta plantea; la necesidad de dar respuesta desde diferentes frentes a la misma y a la motivación ética de compartir desde el aula esta realidad. Algunos propósitos de la educación ambiental son conocer el mundo natural, relacionarse con él, entender el efecto antrópico en el medio y aprender a tomar decisiones al respecto en la vida diaria. Una de las múltiples dificultades que se presentan en el aula, consiste en que la mayoría de lo que se aprende, se aprende

---

solamente para la vida académica estrictamente escolar y es muy poco el conocimiento que se traslada al día a día.

En el sector rural colombiano y particularmente en los colegios rurales del sur del Departamento del Tolima existe una calidad deficiente en la formación de las habilidades básicas del pensamiento y desarrollo del niño. Por lo general, la capacidad de observación, la capacidad de concentración y de atención, la capacidad creativa y la capacidad analítica para resolver problemas, entre muchos otros aspectos de la formación académica, no se desarrollan adecuadamente y permanecen ausentes de la atención curricular. Adicionalmente, en el aula rural se presentan otras dificultades como la falta de infraestructura adecuada, la falta de recursos de toda índole, la ausencia de docentes especializados en el área de ciencias naturales, la poca motivación de los estudiantes y de sus familias por las actividades académicas y la falta de pertinencia del currículo con los intereses de la comunidad. Por otro lado, los índices de ausentismo y de deserción escolar son altos, especialmente durante la educación secundaria básica y media, debido en parte por la utilidad que prestan los niños y jóvenes a sus familias en la realización de las actividades agropecuarias y a que la escuela se percibe como una entidad sin sentido de utilidad inmediata para los estudiantes y sus familias. Esta realidad ha conducido a un nivel educativo bajo en el sector, que también se refleja en la educación ambiental, algo realmente preocupante, teniendo en cuenta que la comunidad campesina se encuentra en permanente interacción con los ecosistemas que les proveen a ellos y a la población urbana la mayoría de los servicios ambientales.

Se seleccionó el ciclo del nitrógeno como eje temático por tres razones: por su pertinencia en la educación básica ambiental de estudiantes campesinos, por hacer parte del plan de estudios y por la complejidad didáctica que tiene. El ciclo del nitrógeno es uno de los principales ciclos biogeoquímicos, que a la vez son la base para la comprensión de las relaciones entre la materia y la Tierra, la materia y la vida, la materia y el agua y la materia y el hombre. La comprensión del flujo de la materia en los ecosistemas hace parte del marco conceptual necesario para la posterior comprensión de los procesos de nutrición, descomposición, metabolismo, contaminación, eutrofización y formación de suelos, entre otros. El Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN) incluye dentro de los estándares básicos de competencias de manera general muchos aspectos relacionados con la materia y el flujo de la misma en el ecosistema, aunque no menciona el nitrógeno específicamente, cabe resaltar que el ciclo del nitrógeno puede ser usado como ejemplo para entender esta dinámica y que el nitrógeno, además de ser un elemento constituyente de todos los seres vivos, está relacionado con múltiples problemas ambientales actuales. De acuerdo al MEN, en el ciclo tres, para los grados sexto y séptimo de educación básica secundaria, el estándar general “Identifico condiciones de cambio y equilibrio en los seres vivos y en los ecosistemas” y el estándar específico: “describo y relaciono los ciclos del agua, de

---

algunos elementos y de la energía en los ecosistemas (MEN, 2006), muestran la orientación gubernamental en el sentido de abordar este eje temático en el aula.

Desde el punto de vista didáctico el ciclo del nitrógeno como eje temático es sumamente complejo por muchas razones entre las que se destacan: implica analizar a la Tierra como un sistema y al ciclo del nitrógeno como un componente dentro de ese sistema; no se trata de un flujo lineal, sino del conjunto de numerosos ciclos entrecruzados; exige la conceptualización de numerosos contenidos científicos (el nitrógeno, estados de la materia, cambios de estado, composición de la materia, materia orgánica, conservación de la masa, solución, almacén, absorción, adsorción, esferas terrestres, suelo, aire, nutrición, descomposición y metabolismo, entre otros); incluye en su vocabulario específico palabras que no hacen parte del vocabulario cotidiano del estudiante (como nitrógeno, nitrificante, nitrato, nitrito, amonio, ión, mineralización, diazotrófico, etc.) que si no se introducen apropiadamente generan barreras de comunicación; en su descripción, usualmente se presentan fórmulas químicas sin que el estudiante comprenda los símbolos químicos; se presenta haciendo uso de diagramas que incluyen símbolos de difícil comprensión y muestran el ciclo de forma incompleta; contiene procesos que son objeto de estudio de múltiples dominios científicos; requiere de un alto nivel de análisis y de abstracción por parte de los estudiantes; contiene muchos procesos no visibles y de ideas abstractas; es un proceso donde se desarrollan factores bióticos y abióticos; contempla cambios energéticos y termodinámicos y contempla movimiento del nitrógeno hacia diferentes espacios y en diversos tiempos.

Estas dificultades se unen a otras situaciones al interior del proceso enseñanza – aprendizaje de los contenidos ambientales como las siguientes: A medida que ha ido avanzando la ciencia, los contenidos curriculares se han ampliado, sin que se modifique la intensidad horaria y esta situación ha llevado a dedicar cada vez menos tiempo a cada contenido, lo que conlleva la poca profundización de los conceptos. Muchos de los temas relacionados con las ciencias de la tierra, básicos en la comprensión de los ciclos biogeoquímicos, fueron suprimidos del programa académico de ciencias naturales y educación ambiental y algunos, trasladados al programa de ciencias sociales, donde dejaron de ser prioritarios y se estudian fuera del contexto ambiental. Cuando se diseña el plan de estudios de ciencias naturales y educación ambiental, usualmente se priorizan los contenidos relacionados con fisiología humana y se dejan para el final los temas ecológicos; estos últimos se trabajan con limitaciones de tiempo y en ocasiones se dejan de trabajar. Tal es el caso de los ciclos del nitrógeno y del azufre, que usualmente se abordan con limitaciones de tiempo, después del ciclo del agua y del carbono. En ocasiones los docentes no tienen el suficiente dominio disciplinar e introducen en los estudiantes errores conceptuales, muchos de los cuales se encuentran plasmados en los textos escolares o en el material didáctico relacionado. Esta situación se agrava en el contexto rural, en los modelos de

---

posprimaria y telesecundaria, donde es el mismo docente quien orienta todas las áreas del conocimiento y quien generalmente ha sido formado en otras áreas. En la enseñanza de las ciencias en educación básica, es común presentar los temas en forma aislada, cuando se enseñan los ciclos biogeoquímicos, tampoco se integran con otros contenidos de ciencias o con situaciones de la vida cotidiana, generando en el estudiante poca motivación y un aprendizaje no significativo. Por último, las dificultades particulares de la educación rural se unen a las anteriormente mencionadas.

Las contribuciones que permitan superar alguna de las dificultades anteriormente descritas, justifican la realización del presente trabajo.

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivo General

Construir una propuesta didáctica que contribuya a la comprensión del ciclo del nitrógeno, dirigida a estudiantes de ciclo tres de educación básica rural.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Identificar los referentes disciplinares y epistemológicos del ciclo del nitrógeno.
- Proponer y aplicar un diagnóstico de exploración de conceptos previos esenciales para la comprensión del ciclo del nitrógeno a la población objetivo.
- Diseñar una propuesta de aula que favorezca el aprendizaje significativo de los procesos biológicos, químicos y físicos involucrados en el ciclo del nitrógeno.

## 3 Marco Teórico

### 3.1 Lineamientos de la didáctica

#### 3.1.1 El aprendizaje significativo

La concepción de Aprendizaje Significativo es una teoría que se planteó originalmente por el psicólogo estadounidense David Paul Ausubel entre 1963 y 1968. Este autor dejó de ver el aprendizaje como un cambio de conducta y lo estudió como un cambio en el significado de una experiencia, que no sólo implica pensamiento sino también la afectividad; además consideró sus planteamientos como una teoría psicológica del aprendizaje en el aula. Él construyó un marco teórico que pretende dar cuenta de los mecanismos por los que se lleva a cabo la adquisición y la retención de los grandes cuerpos de significado que se manejan en la escuela. Con su teoría del aprendizaje Ausubel explicó el modo en que se aprende, los límites del aprendizaje, las razones por las cuales se olvida lo aprendido y los factores que contribuyen a que ocurra el aprendizaje. Él consideró que dentro de un marco psico-educativo, el proceso de enseñanza aprendizaje tiene tres elementos: 1. los profesores y su manera de enseñar, 2. la estructura de conocimientos que conforman el currículo, incluyendo su modo de producción y 3. El entramado social en el que se desarrolla el proceso (Ausubel, 1976). Se considera a ésta una teoría psicológica porque se ocupa de los procesos mismos que el individuo pone en juego para aprender y enfatiza sobre lo que ocurre en el aula cuando los estudiantes aprenden; en la naturaleza de ese aprendizaje; en las condiciones que se requieren para que éste se produzca; en sus resultados y consecuentemente en su evaluación (Ausubel, 1976). Esta teoría plantea que el aprendizaje del alumno depende de la **estructura cognitiva** previa, la cual se relaciona con la nueva información. Se entiende por estructura cognitiva, al conjunto de conceptos organizados que tiene un individuo sobre determinado campo del conocimiento y por **concepto**, a las ideas y proposiciones estables y definidas. De manera que el factor más influyente en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe; por esta razón en ningún caso de aprendizaje se parte de mentes en blanco (Moreira, 1997).

Un aprendizaje es significativo cuando los contenidos nuevos se relacionan o conectan con los conceptos preexistentes; sin embargo, se requiere que haya claridad en los conceptos previos y que éstos estén disponibles en la estructura cognitiva del individuo, de manera que funcionen como anclaje del concepto nuevo. La característica más importante del aprendizaje significativo es que tiene lugar cuando hay una interacción entre los conocimientos más relevantes de la estructura cognitiva y las nuevas informaciones, de modo que éstas adquieren un significado y son integradas a la estructura



---

cognitiva de manera no arbitraria y sustancial, favoreciendo la diferenciación, evolución y estabilidad de los conceptos preexistentes y permitiendo la adquisición de significados, la retención y la transferencia de lo aprendido.

Para que el aprendizaje sea significativo el material debe tener una estructura organizada en una secuencia lógica; de manera que facilite una construcción significativa que complemente o modifique la estructura cognitiva del aprendiz. Cuando el significado potencial se convierte en contenido cognoscitivo nuevo, diferenciado e idiosincrático, el concepto adquiere un significado psicológico que perdura en el individuo. Adicionalmente se requiere de una actitud favorable del alumno al aprendizaje significativo; ya que si el alumno prefiere la memorización arbitraria y literal, entonces se produce un aprendizaje mecánico, que no permanece en el tiempo. Esta disposición depende del estado emocional del alumno y de la habilidad del docente para facilitar la disponibilidad de los conceptos previos relacionados. (Ausubel, Novak, & Henesian, 1983). De acuerdo con la teoría del aprendizaje significativo se requiere de la participación activa del estudiante en la construcción autónoma de su propio aprendizaje, se deben abrir espacios de retroalimentación productiva para guiar al estudiante en el proceso cognitivo y el uso de estrategias de aprendizaje adecuadas y contextualizadas, dentro de un ambiente de familiaridad, ayudan a generar la motivación intrínseca requerida (Ballester, 2002).

### **3.1.2 Constructivismo y aprendizaje significativo**

La teoría del constructivismo es una posición compartida por diferentes tendencias de la investigación psicológica y educativa. Entre ellas se encuentran las teorías de Piaget (1952), Vygotsky (1979), Ausubel (1963) y Novak (1988) (citados por Carretero, 1997); aun cuando no todos ellos se denominaron como constructivistas, sus ideas y propuestas claramente ilustran las ideas de esta corriente (Carretero, 1997). El Constructivismo es la teoría que procura explicar la naturaleza del conocimiento humano. Asume que el conocimiento previo da nacimiento a un conocimiento nuevo y sostiene que el aprendizaje es esencialmente activo. Una persona que aprende algo nuevo, lo incorpora a sus experiencias previas y a sus propias estructuras mentales. Cada nueva información es asimilada y depositada en una red de conocimientos y experiencias que existen previamente en el sujeto, es un proceso subjetivo, que cada persona va modificando constantemente a la luz de sus experiencias (Carretero, 1997). Durante el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias el alumno aprende y desarrolla sus capacidades cognitivas, en la medida en que puede construir significados relevantes en su estructura mental; dicha construcción de conocimiento parte de los conocimientos previos, de la

---

motivación, de la participación activa del educando en la adquisición de nuevos y mejores conocimientos (Sánchez M. , 2002).

Los conocimientos que pueden conservarse largo tiempo en la memoria no son hechos aislados sino muy estructurados e interrelacionados de múltiples formas. El sujeto que aprende construye activamente el significado. Se comprende cuando se interpretan activamente nuevas experiencias mediante analogías; a partir de estructuras de conocimientos previos. La perspectiva constructivista sugiere que más que extraer conocimientos de la realidad, la realidad solo existe en la medida en que se construye. De esta concepción activa de la construcción de significados se deriva que la comprensión implica la existencia de expectativas y por lo tanto, desde el punto de vista constructivista, se acepta algo como significativo cuando hay encuentro entre las experiencias previas y las nuevas concepciones. La construcción del conocimiento supone al individuo como protagonista en la elaboración del conocimiento. Es la actividad del sujeto, que en interacción con el medio físico y cultural le permite al sujeto construir su propia realidad. Para ello el individuo, cuenta con un equipamiento cognitivo básico para adquirir, elaborar, interpretar y utilizar el conocimiento (Sánchez & Valcárcel, 2003).

De acuerdo con Piaget (1963) la construcción del conocimiento como proceso individual evidencia un doble propósito: el de desentrañar cómo el ser humano a lo largo de su evolución va construyendo su conocimiento del mundo y el de proporcionar una interpretación de lo que se aprende como un proceso constructivo. La génesis de la construcción del conocimiento para Piaget está en la acción, en la actividad interactiva entre el sujeto cognoscente y el objeto conocido. A partir de esa relación interactiva entre sujeto y objeto, el individuo se modifica a sí mismo al construir esquemas, que le van a permitir comprender e interpretar el mundo. Dichos constructos teóricos (los conocimientos ya construidos) que el individuo logra modificar en su estructura mental permiten encontrarle significado a un aprendizaje, que resulta de la interacción entre al aprendiente y el conocimiento (Piaget, 1963).

### **3.1.3 Estrategias de aprendizaje**

El principal propósito en el proceso de enseñanza- aprendizaje es que los estudiantes comprendan de manera significativa lo que se les enseña. Una estrategia de aprendizaje es una secuencia lógica e integrada de procedimientos y actividades, metodológicamente bien organizada, que tiene como finalidad lograr que el estudiante incorpore nuevo conocimiento en sus estructuras cognitivas y lo aplique en la exploración y solución de problemas; a la vez que comprende como aprende y desarrolla habilidades para la vida (Ballester, 2002).

El docente de ciencias tiene un abanico de posibilidades alternativo a la enseñanza tradicional. Dentro de estos enfoques se encuentran el aprendizaje por descubrimiento, la enseñanza de las ciencias basada en el uso de problemas, el profesor modelo, la orientación histórica, el cambio conceptual enmarcado en el modelo constructivista y la implementación en el aula de investigación dirigida, entre muchos otros. Estos enfoques tienen en común que los estudiantes desempeñan un papel activo en clase y son consistentes con las teorías cognitivas al acatar las recomendaciones que se desprenden de las mismas; como la importancia de los conocimientos previos y la motivación intrínseca de los sujetos. Estos enfoques, sin excepción, demandan más tiempo que la enseñanza tradicional; cambian el papel del docente en el aula, fomentan el debate de las ideas, dándole más valor al poder explicativo que a la fuente de la misma; fortalecen los procesos metacognitivos y la autonomía del estudiante en su proceso educativo (Campanario & Moya, 1999).

La estrategia de aprendizaje significativo busca desarrollar la destreza para hacer algo y facilitar el aprendizaje; es un medio para la construcción de un nuevo conocimiento, a partir de unas preconcepciones, del análisis e interpretación de un nuevo saber, del desarrollo del pensamiento crítico y de la reflexión del proceso de enseñanza-aprendizaje o el desarrollo de las capacidades meta cognitivas del educando. Si el estudiante no concibe este conocimiento como algo alcanzable y real, será imposible construir en él un aprendizaje verdaderamente significativo (Campanario & Otero, 2000).

Una estrategia de aula bien estructurada debe estar acorde a las necesidades del contexto, tener en cuenta los conceptos previos del estudiante, obedecer a los objetivos y estar sujeta a un proceso de evaluación. Adicionalmente, requiere tener en cuenta en el análisis el qué, el cómo, el porqué y el para qué del proceso cognitivo que se pretende desarrollar en el individuo (Ballester, 2002). Las estrategias de aprendizaje deben considerar que en el aprendizaje significativo, las capacidades metacognitivas se reflejan en la capacidad del estudiante de aprender a aprender.

### **3.1.4 La metacognición**

Hablar de metacognición es hablar de ganar conciencia sobre los procesos cognitivos involucrados en el aprendizaje; el objetivo del desarrollo meta-cognitivo es ayudar al estudiante a auto-regular o auto-dirigir su proceso (Novak & Gowin, 1988). Finalmente, se trata de entregar el proceso de aprendizaje a su actor más importante, el estudiante. Aprender a aprender implica la capacidad de reflexionar en la

---

forma en que se aprende y actuar en consecuencia, auto-regulando el propio proceso de aprendizaje; por lo tanto, es necesario usar estrategias flexibles y apropiadas que se transfieren y adaptan a nuevas situaciones. Aprender a aprender implica que el estudiante juegue un papel activo en su compromiso de educarse, que sea un aprendiz libre, autónomo, independiente y disciplinado. La práctica docente debe llevar al aprendiz a convertirse en iniciador, gestor y evaluador de su proceso porque solamente en la medida en la que él aprenda *cómo* aprender, adquirirá independencia del profesor y podrá avanzar en su proceso formativo por sí mismo. Por tal motivo es indispensable dotar a los estudiantes de herramientas o instrumentos cognitivos, que faciliten el aprendizaje a lo largo de toda su vida y que le sirvan para enfrentar situaciones diversas en contextos diferentes a los que se les presenta en su cotidianidad. (Ballester, 2002). Díaz y Rojas (1997) consideran que la estrategia se basa en la idea de que los contenidos y los procedimientos se aprenden progresivamente en un contexto interactivo y compartido; estructurado entre el enseñante y el aprendiz. En dicho contexto el enseñante actúa como un guía y provoca situaciones de participación guiada con los estudiantes. De esta forma la tarea del docente es ayudar a que el alumno construya una estructura cognitiva lógica haciendo uso de estrategias de aprendizaje, en un ambiente de apoyo y andamiaje, el cual se debe ir modificando de acuerdo a las capacidades que demuestre el educando para utilizarlo (Díaz Barriga & Rojas, 1997).

Específicamente en la enseñanza de las ciencias, es relevante considerar la importancia de la motivación intrínseca de los estudiantes en el proceso de aprendizaje y tener en cuenta que uno de los rasgos más importantes que definen el interés intrínseco por una tarea o un contenido es la aplicabilidad del mismo y su utilidad para resolver o entender problemas o situaciones de interés, ya sea en contextos enmarcados dentro de su realidad cotidiana o en otros contextos académicos (Campanario & Moya, 1999).

Díaz y Rojas (1997) comentan varias técnicas concretas de estrategias de aprendizaje, que pueden ser utilizadas de forma combinada, como las siguientes: La ejercitación, que consiste en que el alumno de forma repetitiva utilice la estrategia aplicada previamente por el docente en diferentes situaciones; el modelado, en donde el docente le indica al alumno la forma de utilizar determinada estrategia y luego el alumno imite su uso; el análisis y discusión meta-cognitiva, en la cual el estudiante es capaz de indagar sus propios procesos cognitivos al ejecutar una tarea de aprendizaje y de esta forma reflexiona sobre la eficacia de la metodología utilizada y la modifica ante quehaceres similares y la auto-interrogación meta-cognitiva, que consiste en que el educando se plantea preguntas antes, durante y después de las tareas realizadas con la finalidad de mejorar el uso de la estrategia utilizada. El rol del docente en el desarrollo de aprendizaje significativo debe estar orientado a innovar y remplazar las prácticas tradicionalistas por prácticas de aula transformadoras, que despierten en el educando el

---

interés, la motivación y deseos de aprender. El éxito en la enseñanza de estrategias depende en gran medida de la habilidad del maestro para debatir el aprendizaje con sus educandos, enseñar las estrategias de enseñanza- aprendizaje a los estudiantes, de manera que éstos las apropien y lograr en ellos la toma de conciencia de su propio proceso de aprendizaje (Díaz Barriga & Rojas, 1997).

### **3.1.5 Ambientes de aprendizaje**

Los ambientes de aprendizaje son espacios educativos donde se realiza una interacción social, el ambiente debe trascender entonces la mera generalidad de espacio físico, como entorno natural y abrirse a las diversas relaciones humanas que aportan sentido a su existencia. Desde esta perspectiva se trata de un espacio de construcción significativa de la cultura. El ambiente es concebido como construcción diaria, reflexión cotidiana y singularidad permanente, que asegura la diversidad y con ella la riqueza de la vida en relación. La expresión ambiente educativo induce a pensar el ambiente como sujeto que actúa con el ser humano y lo transforma. Son espacios propicios para el desarrollo de habilidades, destrezas, capacidades meta-cognitivas, y el alcance de aprendizaje significativos. En los procesos cognitivos los ambientes de aprendizaje son escenarios donde se construye el conocimiento, en el cual el individuo aprende; a través de un proceso activo, cooperativo, progresivo y auto-dirigido que surge, en la medida de lo posible, de las experiencias auténticas y realistas de los estudiantes (Ospina, 1999).

Los ambientes de aprendizajes educativos no se limitan únicamente al espacio físico, al aula de clase, a los materiales ni a las relaciones simplistas entre maestro y alumno. Por el contrario se involucran todas aquellas experiencias, vivencias, acciones que comprometen el crecimiento íntegro de los educandos, actitudes, relaciones socio-afectivas, infraestructura y todas aquellas relaciones multidireccionales que se sucedan entre enseñante-aprendiz. En éste orden de ideas, la escuela permeable se caracteriza porque se concibe abierta, lo más arraigada posible a su medio, con fronteras no claramente delimitables y relaciones con el conocimiento y entre los individuos que buscan establecer vivencias culturales cruzadas por prácticas democráticas altamente participativas (Duarte, 2003).

Redimensionar los ambientes educativos en la escuela implica no solo modificar los espacios físicos, dotar de materiales y recursos educativos los establecimientos, sino que exige que el docente cambie sus prácticas pedagógicas implementando nuevas estrategias de aula: dinámicas, flexibles y abiertas,

---

que faciliten la integración de nuevos y mejores saberes en el aula. Se puede afirmar que estrategias de aula bien planteadas con ambientes de aprendizaje adecuados a las necesidades del educando garantizarán el alcance de aprendizajes significativos en nuestro quehacer pedagógico (Duarte, 2003).

### **3.1.6 La aplicación de los conocimientos a la realidad cotidiana**

Para que se sucedan aprendizajes realmente significativos en los educandos es necesaria la aplicación de estos conocimientos al contexto donde se desarrolla el individuo. La aplicación de los conceptos y principios a situaciones cercanas a la realidad cotidiana de los estudiantes garantiza por sí misma un avance significativo en la construcción del conocimiento. Con esta orientación se favorece que los estudiantes tomen un papel activo y comiencen a pensar por sí mismos en la aplicación de lo aprendido al contexto cotidiano. Además, con ello se contribuye a la motivación de los estudiantes y a fomentar actitudes positivas hacia las diferentes disciplinas. Esta orientación ayuda a que los estudiantes desarrollen ideas más adecuadas sobre el conocimiento recientemente adquirido, como algo cercano y aplicable a la realidad cotidiana. En esta dimensión radica fundamentalmente el potencial meta-cognitivo de este tipo de actividades (CEEP, 1998) (Campanario & Moya, 1999).

Se entiende por **habilidades del pensamiento**, a las capacidades mentales que permiten al individuo construir y organizar su conocimiento para aplicarlo con mayor eficacia en diversas situaciones. Son un tipo especial de procesos mentales que permiten el manejo y la transformación de la información (Johnson, 2003). Para lograr que los estudiantes alcancen aprendizajes a largo plazo, es necesario que desarrollen una serie de habilidades y destrezas que garanticen la consecución de un aprendizaje significativo, dicho en otras palabras el alumno debe desarrollar una serie de conexiones cognitivas donde a partir de unas preconcepciones reconstruya un nuevo conocimiento a través de procesos de pensamiento y acción. Algunas habilidades lógicas o intelectuales generales para el aprendizaje son las de observar, describir, comparar, inferir, clasificar, ordenar, categorizar, explicar, identificar, argumentar, valorar, analizar, etc.; las cuales son necesarias para que quien aprende logre convertir los preconceptos en saberes debidamente estructurados, que le sirvan para explicar fenómenos que se suceden a su alrededor y comprender el mundo en que él vive (Johnson, 2003).

## 3.2 Componente disciplinar

### 3.2.1 Las esferas terrestres

#### Estructura de la Tierra.

La Tierra es el tercer planeta del sistema solar y el único planeta con vida que se conoce. La Tierra en sus orígenes, era una esfera incandescente de materiales fundidos que al girar se estratificaron de acuerdo a su masa, los más pesados se ubicaron hacia el centro y los más livianos en las zonas más externas del globo. Por esta razón, el modelo más común con el que se representa la estructura de la Tierra es el de una esfera achatada en los polos, formada por una sucesión de capas o esferas concéntricas. Del interior al exterior hay tres grandes capas: la geósfera, la hidrósfera y la atmósfera, cada una de las cuales presenta unas características específicas y se subdivide, a su vez, en varias subcapas (Díaz de Terán, 2011).

#### 3.2.1.1 La geósfera

La geósfera abarca desde el centro del planeta hasta la superficie terrestre, tiene un radio aproximado de 6470 km y en esta capa, a medida que aumenta la profundidad se incrementa gradualmente la temperatura, la presión y la densidad. De acuerdo con su composición, la geósfera se subdivide en tres capas: el núcleo, el manto y la corteza:

- El núcleo o endosfera es la esfera más interna de la Tierra, constituye el centro de la misma, está compuesta principalmente por hierro, allí se registran la temperatura y la presión más altas del planeta, se calcula que el núcleo alcanza una temperatura cercana a los 6700°C y una presión tres millones de veces superior a la presión atmosférica. El núcleo tiene un espesor aproximado de 3486 km y con base a sus características físicas se divide en núcleo interno que es sólido, debido a las fuertes presiones y en núcleo externo, en estado líquido, el cual se mueve constantemente y genera el campo magnético terrestre.
- El manto se encuentra por encima del núcleo y por debajo de la corteza, ocupa el 82% del volumen de la Tierra, tiene un espesor de 2900 km aproximadamente, alcanza temperaturas hasta de 4500°C, está compuesto de magnesio, silicio e hierro, especialmente como silicatos. La roca en esta capa se encuentra en estado sólido, transmite ondas sísmicas pero fluye plásticamente. El manto se compone de manto inferior o mesósfera y manto superior o astenósfera.

- 
- La corteza es la capa superior de la geósfera, está formada por rocas en estado sólido, está constituida por silicatos ligeros, carbonatos y óxidos, tiene un espesor entre 3 y 70 km, se subdivide en corteza oceánica y corteza continental. La corteza continental es más antigua y más gruesa alcanzando los 70 km bajo algunas cordilleras, en ella predominan los granitos. Por su parte la corteza oceánica, sumergida bajo los océanos, está constituida principalmente por basaltos y tiene un espesor entre 3 y 20 km. El suelo y los sedimentos sobre la corteza, hacen parte de la misma.

Cuando la clasificación de la estructura de la Tierra se basa en las características físicas de la misma, la última capa se denomina litósfera, en esta capa la roca es sólida y rígida, no tiene características plásticas, es relativamente fría e incluye la corteza y la última porción del manto, tiene un espesor promedio de 100 km, es más delgada en la zona oceánica y más gruesa en los continentes y alcanza profundidades hasta de 250 km. Bajo la litósfera hay una zona de roca fundida que le permite a la litósfera moverse de manera independiente de la astenósfera. El conjunto de placas tectónicas en continuo movimiento constituye la litósfera (Díaz de Terán, 2011).

### **3.2.1.2 La hidrósfera**

La hidrósfera equivale a la totalidad de agua del planeta, con excepción del vapor de agua atmosférico y está presente en: océanos, mares, ríos, lagos, lagunas, acuíferos, agua del suelo, agua subterránea y agua congelada. El espesor relativo de la hidrósfera es equivalente al nivel promedio del océano, que es de 3865 m (Información recuperada del Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y Formación del Profesorado el 6 de octubre de 2013) (INTEF red.es). Algunos autores separan el agua en estado líquido como una capa (la hidrósfera) y el agua en estado sólido como otra capa, a la que denominan criósfera, esta última contiene los casquetes polares, los glaciares de las zonas altas de las montañas, la superficie de nieve, las capas de hielo y de terreno congelado y el hielo de mares, ríos y lagos. Si bien, la hidrósfera se considera como la capa entre la corteza y la atmósfera, que recubre la superficie terrestre; es evidente que se trata de una capa discontinua que se solapa y se entrecruza con la geósfera y con la atmósfera (Universidad Nacional Autónoma de México) (UNAM, Centro de Geociencias, 2009).

Más del 96% del agua de la tierra se encuentra en los océanos, como agua salada, el 4% restante corresponde al agua dulce, de la cual, el 69% se encuentra congelada en los glaciares, el 30% se almacena en el agua subterránea y tan solo el 1% fluye en los ríos y lagos del planeta. La hidrósfera interactúa y se mueve entre las otras tres esferas por medio del ciclo del agua o ciclo hidrológico (Winstanley, Demissie, & Hollinger, 2008). El agua cubre aproximadamente el 70% de la superficie terrestre dando al planeta su color azul característico. Su presencia en los tres estados ha permitido el desarrollo de la vida en el planeta. El agua que se precipita sobre los continentes modela el paisaje al



---

disgregar, disolver, transportar y sedimentar materiales. La hidrósfera actúa como disolvente, es un agente erosivo y un mecanismo de transporte para muchos minerales y elementos gaseosos, disueltos o suspendidos. Además, el agua es esencial para la vida, contribuye a regular la temperatura del planeta y de los organismos, es el hábitat de los organismos acuáticos, es el mayor constituyente de los seres vivos (en promedio los organismos tienen 62% de agua), es el principal medio de transporte de sustancias dentro de los seres vivos y dentro de las células, es el medio donde ocurren las reacciones bioquímicas vitales (INTEF red.es).

### **3.2.1.3 La atmósfera**

La atmósfera es la capa gaseosa que rodea a la Tierra. Ésta se extiende desde la superficie terrestre u oceánica hasta el límite con el espacio exterior. A medida que aumenta la altura en la atmósfera, el aire se va haciendo menos denso hasta ser imperceptible en el límite con el espacio. El límite con la geósfera no está completamente definido, porque la geósfera no es completamente continua y el aire está presente dentro del suelo y dentro de las rocas; así mismo, el aire también se encuentra disuelto en la capa superior de la hidrósfera e igualmente hay partículas de suelo y de agua en la atmósfera.

La atmósfera favorece la vida en el planeta porque bloquea las radiaciones peligrosas del sol, proporciona el oxígeno necesario para la respiración aeróbica, mantiene la temperatura de la superficie terrestre en un rango óptimo para la vida y transporta el agua desde los océanos hasta los continentes. La atracción de la gravedad hace que el aire se concentre sobre la superficie terrestre y que la densidad de la atmósfera disminuya drásticamente con la altura; por lo tanto, en los primeros 5.5 km se encuentra la mitad de la masa atmosférica y en los primeros 15 km, el 95% de la materia contenida en el aire. Con base en las variaciones de la temperatura, en la atmósfera hay seis capas: la tropósfera, la estratósfera, la quimiósfera, la mesósfera, la termósfera y la exósfera. Los límites de estas capas no son continuos y están determinados por cambios en las características físicas, todas las capas son más anchas en la zona ecuatorial y se hacen más delgadas hacia los polos.

- La **tropósfera** va desde la superficie hasta los primeros 10 km en promedio; en esta zona, se desarrolla la vida, la temperatura disminuye a medida que se gana altura. En ella se producen todos los fenómenos atmosféricos como vientos, formación de nubes y precipitaciones. Esta capa contiene la mayor parte del vapor de agua y todos los gases presentes en la atmósfera. Por ser la capa más densa, el 90% del peso de la atmósfera está en la tropósfera. Los gases más abundantes en esta porción de la atmósfera son: el nitrógeno (N<sub>2</sub>), el oxígeno (O<sub>2</sub>) y el argón (Ar). El aire seco contiene 75.5% de N<sub>2</sub>, 23.1% de O<sub>2</sub> y 1,3% de Ar en masa (78,3%, 21% y 0,9% en volumen). El aire también contiene vapor de agua (0 a 4%) (Winstanley, Demissie, & Hollinger, 2008).

---

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) se encuentran dentro del 1% restante en masa con otros múltiples gases, aunque se encuentran en concentraciones bajas comparadas con el O<sub>2</sub>, el N<sub>2</sub> y el Ar, son de suma importancia por ser los tres gases que más influyen en el efecto invernadero y por ende en el calentamiento global. El Programa de Observación de la Atmósfera Global de la Organización Meteorológica Mundial, conocido como WHO GAW por sus siglas en inglés reportó que el promedio global de las fracciones molares de estos tres gases alcanzaron en 2013 los siguientes valores máximos: 396 ± 0,1 ppm de CO<sub>2</sub>, 1824 ± 2 ppb de CH<sub>4</sub> y 325,9 ± 0,1 ppb de N<sub>2</sub>O (WMO - GAW, 2014).

- La **estratósfera** se encuentra aproximadamente entre los 10 y los 25 km. En esta capa el aire se encuentra en calma, tiene poco movimiento horizontal y algo de movimiento vertical, su temperatura es superior a la de los últimos estratos de la tropósfera. La quimiósfera se ubica aproximadamente entre los 25 y los 80 km de altura. En los primeros estratos de esta capa, los rayos ultravioleta del sol transforman el oxígeno (O<sub>2</sub>) en ozono formando la ozonósfera, una delgada capa de ozono, ubicada a unos 30 km desde la superficie, que se calienta mientras absorbe los rayos ultravioleta, protegiendo a los seres vivos de esta radiación.
- La **mesósfera** se encuentra entre los 80 y los 90 km en promedio, en esta zona la temperatura decrece con la altitud y hay producción de iones. Desde esta capa hacia arriba, el vapor de agua es inexistente y la proporción de los otros gases disminuye considerablemente. Sobre la mesósfera se encuentra la termósfera, entre los 90 y los 500 km, allí la temperatura puede ser muy alta (1500°C) cuando hay sol. Dentro de esta capa se encuentra la ionósfera, que es una capa formada por iones. Estos iones reflejan las ondas de radio y se usan en comunicación.
- La **exósfera** es la última capa de la atmósfera, se encuentra después de la mesósfera y limita con el espacio exterior a unos 1000 km de la superficie. En esta capa hay muy pocas moléculas por unidad de volumen, el oxígeno y el nitrógeno son casi inexistentes; allí el aire se compone principalmente de hidrógeno y helio, elementos que tienden a escaparse al espacio exterior. En la exósfera se ubican los satélites artificiales (UNAM, Centro de Geociencias, 2009).

#### ***3.2.1.4 La biósfera***

De forma estructural, la Tierra tiene geósfera, hidrósfera y atmósfera; sin embargo la presencia de vida en el planeta y las múltiples interacciones de la vida con cada uno de sus tres componentes, son características tan importantes para el planeta, que cuando la Tierra se analiza desde el enfoque de sistemas se subdivide en cuatro subsistemas, la biósfera, la geósfera, la hidrósfera y la atmósfera. La biósfera o esfera de vida, es la parte de la Tierra en donde se encuentran y se desarrollan los seres vivos; se extiende por toda la superficie terrestre y los fondos de los océanos, desde los lugares más

---

cálidos a los más fríos y de los más altos a las zonas más profundas del planeta. Es una capa delgada, formada por la hidrósfera, la zona más externa de la corteza y la tropósfera. La mayoría de los seres vivos se encuentran en los primeros metros de los océanos, en la hidrósfera continental y sobre la superficie de la tierra firme o cerca de ella. En las montañas tropicales la vida puede desarrollarse hasta los 6000 m de altitud; mientras que en las zonas templadas aparece solamente hasta los 4000 m. La mayoría de los seres vivos crece entre los 3000 m de altitud y los 2000 m bajo el mar. En otras zonas, las condiciones ambientales son menos favorables para la vida; no obstante, existen organismos adaptados a condiciones adversas, lo que extiende la biósfera desde las profundidades del mar (unos 11000 m bajo el nivel del mar), a unos 100 m bajo el suelo y hasta las montañas más altas y su atmósfera circundante (hasta los límites de la tropósfera) (UNAM, Centro de Geociencias, 2009). La biósfera es el conjunto de todos los ecosistemas terrestres. La biósfera tiene gran variedad de entornos donde crece la vida, siendo el medio terrestre y el medio acuático los dos más representativos.

Un ecosistema es el conjunto formado por los seres vivos de un lugar delimitado (biocenosis, comunidad o componente biótico) y el medio abiótico (biotopo), el cual interactúa con los organismos, y todas las relaciones que se establecen entre ellos. La biodiversidad es una de las características de la vida, se refiere a la variación que se da en los seres vivos y a la abundancia de las diferentes especies que se encuentran en los ecosistemas de La Tierra. Se define la biodiversidad como todos los tipos de variación de la base hereditaria en todos los niveles de organización desde los genes en una especie hasta las variaciones del conjunto de comunidades de la biósfera (Nuñez, 2003). Los organismos vivos han producido numerosos cambios en cada una de las esferas terrestres a lo largo del tiempo geológico desde la aparición de la vida en el planeta hace unos 4000 millones de años.

Los seres vivos fotosintéticos han transformado la energía solar en energía química, han producido materia orgánica y acumulado energía dentro de la misma; la acción fotosintética también ha aumentado la cantidad de oxígeno en la atmósfera hasta el 21% actual, necesario para la respiración y responsable de la oxidación de minerales. Al mismo tiempo, la presencia de oxígeno en la atmósfera dió origen a la formación de la capa de ozono, la cual filtra los rayos ultravioletas del sol y permite el desarrollo de la vida en el medio terrestre. Además, la vida en el planeta moviliza muchos elementos químicos entre las diferentes esferas terrestres y contribuye con la formación de suelos, fragmentando y meteorizando las rocas. Estos cambios han favorecido el desarrollo de la vida en el planeta. Sin embargo, las múltiples alteraciones que la especie humana ha realizado en el último siglo a los ecosistemas amenazan la biodiversidad y la vida en la Tierra (Ibabe, 2011). A lo largo de su evolución, los seres vivos han venido adaptándose al medio que les rodea. Cada individuo se ha adaptado en forma distinta en su entorno y de ahí han surgido las diferencias entre cada una de las especies. La

---

biodiversidad se puede analizar desde diferentes niveles: la biodiversidad genética, la cual mide el nivel de información genética inherente a cada ser vivo; la biodiversidad específica, que mide la diversidad de especies que habitan un territorio y la biodiversidad de los ecosistemas, que se centra en cuantificar las variaciones entre los ecosistemas (Ibabe, 2011).

El sistema Tierra, es mucho más complejo que el conjunto de geósfera, hidrósfera, atmósfera y biósfera; en primer lugar, porque estas esferas no son mutuamente excluyentes, sino que se superponen y se entrecruzan y en segundo lugar porque existen múltiples interacciones entre ellas. Los suelos continentales contienen aire y gases que intercambian con la atmósfera, haciendo así que la atmósfera y la geósfera se superpongan; los sedimentos, suelos y acuíferos contienen agua, por lo que hay solapamiento entre la geósfera y la atmósfera; de igual manera, los organismos están presentes en los cuerpos de agua, los acuíferos, los suelos y la atmósfera, por lo que la biósfera se superpone con las otras tres esferas. Las múltiples interacciones entre las diferentes esferas es motivo de estudio tanto de la geología y de la ecología. La geología se orienta principalmente hacia el componente inorgánico, mientras la ecología centra su mirada a la relación de la biósfera con las demás esferas desde los organismos vivos (UNAM, Centro de Geociencias, 2009).

### **3.2.2 Los ecosistemas**

El ecosistema, al igual que cualquier otro sistema, está formado por un conjunto de elementos y las relaciones existentes entre ellos; requiere de energía para cumplir sus funciones, transforma y pierde energía mientras funciona, utiliza información, transforma materia y cumple funciones que ninguna de sus partes en forma aislada podrían cumplir. Estructuralmente, los ecosistemas se componen por una comunidad biótica y el componente abiótico o los factores ambientales, que establecen una relación de intercambio de materia y energía (Nebel & Wright, 1999).

El medio abiótico o biotopo comprende el medio físico del ecosistema y sus propiedades físico químicas e incluye:

- La luz y el calor o radiación solar, necesarios para la fotosíntesis.
- El agua, presente en el suelo, en los diferentes medios acuáticos, en el cuerpo de los organismos vivos y en la atmósfera; actúa como: factor constituyente de los seres vivos, agente disolvente de sustancias (nutrientes, contaminantes o inocuas), medio de transporte y agente erosivo, entre otros.

- 
- La atmósfera, con cada uno de los factores climáticos que tienen lugar en la misma (precipitación, viento, temperatura, humedad relativa, nubosidad, brillo solar, etc.), con la concentración de cada uno de los gases que la componen (nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, etc.) y la cantidad de aire presente en el suelo o disuelto en el agua.
  - La salinidad, representada en los ecosistemas acuáticos como la cantidad de sales disueltas en el agua, lo que permite clasificar el medio en agua salada o agua dulce y en el medio terrestre con la salinidad del suelo.
  - El pH que determina el grado de acidez o basicidad del medio donde viven los organismos.
  - La fracción mineral del suelo y los nutrientes del mismo (Sánchez Sánchez-Cañete & Pontes Pedrajas, 2009).

El biotopo del medio terrestre se caracteriza principalmente por las variaciones en la temperatura, las condiciones de luminosidad, la humedad relativa, el tipo y las características del suelo, los tipos de rocas, el grado de humedad del suelo y las características del sustrato sobre el que se desarrollan los seres vivos.

El biotopo del medio acuático se caracteriza principalmente por los factores temperatura, luminosidad, concentración de oxígeno y otros gases disueltos, concentración de nutrientes, el pH y la salinidad del agua. La temperatura en el medio acuático es muy estable, aunque disminuye con la profundidad. La luz permite el desarrollo de los vegetales acuáticos y de las algas, por lo que su intensidad y capacidad de entrar a capas más profundas afecta al ecosistema. De igual forma, la concentración de oxígeno disuelto en el agua determina la capacidad de respirar de los organismos aerobios y la cantidad de sales disueltas en el agua, especialmente el cloruro de sodio determina si se trata de un medio de agua salada, con concentraciones de 35 gramos por litro de agua (mares y océanos) o de agua dulce, con salinidad muy baja (ríos, lagos y aguas subterráneas en los continentes) (información recuperada en octubre de 2013) ([biologiaygeologia.org](http://biologiaygeologia.org)).

Todos los ecosistemas se abastecen directa o indirectamente de la energía solar. Se considera a la Tierra como un sistema abierto a la energía; ya que recibe continuamente energía procedente del sol al tiempo que permite la salida de energía hacia el espacio exterior. De la misma manera, el planeta es prácticamente un sistema cerrado a la materia, ya que tanto las entradas de materia, representadas en la caída ocasional de meteoritos, como las pérdidas de materia por fuera de La Tierra son insignificantes. Por lo tanto en la biósfera la materia es limitada ([biologiaygeologia.org](http://biologiaygeologia.org)).

Todos los seres vivos realizan y comparten tres funciones que los caracterizan y los diferencian de la materia inerte: todos se nutren, se relacionan y se reproducen. De igual forma, todos los seres vivos están formados por células, los hay unicelulares y pluricelulares (Instituto Nacional de Tecnologías

---

Educativas y Formación del Profesorado) (INTEF, 2001-2012). Las células están compuestas por átomos (especialmente de carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, fósforo y azufre) que se han organizado en moléculas como carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos; que a su vez se unen para formar las sustancias que componen las estructuras celulares, que dan a los seres vivos una composición química compleja y variada. En los organismos multicelulares las células se especializan para cumplir diversas funciones, se organizan en tejidos, que en conjunto forman órganos, los cuales hacen parte de los sistemas de órganos que sumados conforman un ser vivo (Matheus & Van Holde, 1998).

La nutrición es el proceso mediante el cual las células de los organismos incorporan los nutrientes que provienen del medio exterior para auto-mantenerse mediante: los procesos de crecimiento y desarrollo, la renovación de estructuras del cuerpo del organismo, la transformación de sustancias y los procesos de respiración y excreción. Los compuestos nutrientes experimentan una serie de reacciones químicas en el interior de la célula. Durante estas transformaciones se obtiene la energía necesaria para realizar todas las funciones vitales. El conjunto de las reacciones químicas que suceden dentro de las células se denomina metabolismo y dentro de éste se distinguen reacciones de destrucción (catabolismo) y reacciones de construcción (anabolismo) (Proyecto enseñanza digital a distancia) (EDAD, 2011).

Las funciones de relación son aquellas en donde el organismo percibe los cambios en su entorno y reacciona ante estos cambios o estímulos de forma adecuada, lo que le permite sobrevivir. Por otro lado, la reproducción asegura la sobrevivencia de los organismos a lo largo del tiempo, permitiendo a todas las especies dar lugar a nuevos individuos similares a sí mismos (INTEF, 2001-2012). Para cumplir con estas funciones vitales, los organismos requieren de materia y energía. La materia, representada en los átomos y las moléculas que forman a los seres vivos la pueden obtener del aire, del agua, del suelo o de otros organismos vivos o muertos. El sol es la fuente de toda la energía que llega a los seres vivos, los autótrofos la aprovechan directamente y los heterótrofos la toman de su alimento.

La biocenosis o comunidad de un ecosistema es el conjunto de todos los organismos que viven en el biotopo, entre los que se establecen múltiples relaciones. La población se define como el conjunto de individuos de una misma especie que viven en un determinado lugar. Al lugar donde vive un organismo se le denomina hábitat, mientras que a la función que desempeña el organismo dentro del ecosistema se le llama nicho ecológico (Sánchez Sánchez-Cañete & Pontes Pedrajas, 2009).

En la mayoría de los ecosistemas el componente biótico está constituido por tres categorías básicas: los productores, los consumidores y los descomponedores.

- Los **productores** son los organismos capaces de retener la energía solar como energía química, mientras realizan el proceso de fotosíntesis. Dentro de los productores se encuentran los vegetales, las algas y los demás organismos fotosintéticos; que se nutren de forma

---

autótrofa y producen la biomasa o materia orgánica en el ecosistema y por lo tanto, son el origen de las cadenas alimenticias y forman el primer nivel trófico.

- Los **consumidores** son organismos heterótrofos que se nutren de la materia orgánica previamente sintetizada por los productores. Existen tres tipos de consumidores los herbívoros, los carnívoros y los omnívoros. Los herbívoros, también llamados consumidores primarios, que se alimentan de los productores y constituyen el segundo nivel trófico. Los carnívoros o consumidores secundarios obtienen su alimento de los herbívoros y forman el tercer nivel trófico. A los animales carnívoros que se alimentan de otros carnívoros se les denomina consumidores terciarios.
- Los **omnívoros** se alimentan tanto de productores como de otros animales y por lo tanto pueden encontrarse en el segundo, tercero o cuarto nivel trófico.
- Los **descomponedores** o **saprófitos** también son heterótrofos, abastecen sus necesidades nutritivas de organismos muertos o de materia orgánica en descomposición, son hongos y bacterias principalmente. Inicialmente los organismos transformadores convierten la materia orgánica compleja en materia orgánica sencilla, luego los organismos mineralizadores toman la materia orgánica sencilla y la transforman en materia inorgánica o mineral, la cual pasa al medio abiótico y desde allí puede ser aprovechada por los productores. (EDAD, 2011)

Los productores, los consumidores y los descomponedores forman los diferentes niveles tróficos que se dan en un ecosistema, interactúan de forma que transforman y transportan la energía y la materia a través de las cadenas tróficas y facilitan su incorporación al componente abiótico (Nebel & Wright, 1999).

En un ecosistema hay dos tipos de relaciones tróficas, las cadenas tróficas o cadenas alimenticias y las redes tróficas. Las cadenas tróficas son una cadena lineal de organismos que se alimentan unos de otros y que pertenecen a diferentes niveles tróficos. En los ecosistemas hay organismos que no se alimentan solamente de una especie y organismos que son alimento de varias especies, por tal motivo se le denomina red trófica a la interacción alimenticia, compleja y real que se establece entre las distintas especies que forman los niveles tróficos; donde un nivel trófico agrupa a todas las especies que tienen el mismo tipo de alimentación y cuya dieta se basa en especies de un nivel inferior. Usualmente, en un ecosistema no suele haber más de cinco niveles tróficos (Arana, 1990).

En la biocenosis se establecen dos tipos de relaciones, las relaciones intraespecíficas y las relaciones interespecíficas. Las relaciones intraespecíficas se dan entre los individuos de una misma especie en un ecosistema, estas relaciones pueden ser de asociación, cuando los individuos cooperan entre sí para

---

obtener beneficios comunes o de competencia por los recursos del medio, por la reproducción o por la dominancia social (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) (FAO, 1996).

Las relaciones interespecíficas se establecen entre las diferentes especies de un ecosistema; dentro de éstas se encuentran la relación presa – depredador, la relación parásito – huésped, la relación de mutualismo y la relación de comensalismo. En la relación presa – depredador, el depredador se beneficia alimentándose de la presa, mientras la presa se perjudica y normalmente muere. La relación parásito – huésped es aquella en la que el parásito vive a costa de otra especie, conocida como el huésped, del que obtiene lo necesario para vivir mientras lo perjudica sin matarlo. En la relación de mutualismo ambas especies obtienen un beneficio mutuo y no se perjudican entre sí; cuando la relación es tan estrecha, que las dos especies no pueden vivir de forma separada, se llama simbiosis a este tipo de mutualismo. En la relación de comensalismo la especie comensal se beneficia de la otra especie sin causarle ningún perjuicio (INTEF, 2001-2012).

Todos los seres vivos dependen de los ecosistemas para mantenerse, los ecosistemas prestan a los organismos diferentes servicios, los cuales se clasifican en:

- **Servicios de aprovisionamiento:** los ecosistemas proporcionan alimentos, fibras, combustibles, recursos genéticos, productos bioquímicos, productos medicinales y agua, entre otros.
- **Servicios de regulación:** los ecosistemas regulan el clima, mantienen el aire limpio y apto para respirar, controlan la dispersión de las enfermedades, regulan las inundaciones, purifican el agua, previenen la erosión del suelo, polinizan las plantas, etc.
- **Servicios de soporte:** Son la base de los demás servicios, en los ecosistemas se forman los suelos, se descompone la materia orgánica muerta, se degradan las rocas, se almacena agua y se realizan todas las funciones que permiten el flujo de materia y de energía y por lo tanto el abastecimiento de la vida.
- **Servicios culturales:** las diferentes culturas humanas se han desarrollado de acuerdo al ecosistema y muchos rasgos culturales que las definen se basan en las interacciones con su entorno (Ibabe, 2011).

En los ecosistemas se crea un flujo de energía desde los productores, que captan la energía solar y la transforman en energía química, la cual queda retenida en las moléculas orgánicas, esta energía fluye en el alimento, a través de las cadenas tróficas de los consumidores, quienes absorben parte de dicha energía y la utilizan para sus funciones vitales. Finalmente la fracción de energía que llega hasta los descomponedores es aprovechada en parte por ellos y liberada al medio durante el proceso o al



---

momento de la muerte del descomponedor. La energía a medida que pasa de un nivel trófico a otro, tiene pérdidas en forma de calor, por lo cual en un ecosistema, los niveles tróficos suelen ser menores de cinco (Arana, 1990).

### 3.2.3 El suelo

El suelo es una parte importante de la biósfera y un sistema natural organizado que recubre la litósfera continental, el cual es imprescindible para la vida en los ecosistemas terrestres. El suelo es la capa superior no consolidada de la corteza terrestre continental, biológicamente activa, en donde se mezclan la geósfera, la atmósfera, la hidrósfera y los organismos vivos que la habitan; por lo tanto, es una estructura heterogénea y porosa que contiene fragmentos de roca de diferentes tamaños, materia orgánica en diferentes grados de descomposición, comunidades biológicas habitantes del suelo, agua y aire (Ibáñez Martí, 2011). El suelo es el medio natural donde crecen las plantas y donde se asienta la actividad biológica. El resultado de la meteorización es la formación de un perfil de suelo, una sucesión de capas compuestas por minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua, como resultado final de la interacción del tiempo, el clima, la topografía, los organismos y los materiales parentales originarios. En consecuencia, el suelo difiere de la porción de litósfera por debajo del mismo y del material parental en su estructura, textura, color, consistencia y en sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Información tomada del Portal de Suelos de *Food and Agriculture Organization of the United Nations* el 12 de enero de 2014) (Portal de suelos FAO).

El espesor del suelo varía desde una película fina de pocos centímetros hasta una capa de varios metros, dependiendo de su génesis. El suelo se forma por la alteración física, química y biológica de la roca madre, cuando ésta aflora o se acerca a la superficie y se expone al clima y a los organismos. Conforme el suelo evoluciona con el tiempo, va dando lugar a una amplia variedad de capas distintas denominadas horizontes. En los suelos completos o evolucionados se distinguen:

- El horizonte O es la capa más superficial donde se acumula materia orgánica en descomposición, tiene una alta actividad biológica y carece de fracción mineral.
- El horizonte A se encuentra por debajo del O, está compuesto por una fracción mineral y una fracción orgánica que puede ser materia viva o necromasa, es rica en humus, tiene alta actividad biológica y en él abundan las raíces. Normalmente tiene coloraciones oscuras.
- El horizonte E o capa de eluviación, se encuentra bajo el horizonte A, a medida que las capas superiores se lavan, los materiales arrastrados desde arriba se van acumulando en este horizonte, tiene coloraciones más claras y menor presencia de raíces.

- 
- El horizonte B está formado en su mayoría por partículas inorgánicas muy fragmentadas, de color más claro que los horizontes A y E, carece de humus, tiene raíces y en él se depositan principalmente materiales arcillosos. Su coloración se relaciona directamente con los óxidos de los minerales que contiene y con los depósitos minerales que alberga.
  - El horizonte C está por debajo del B, no hace parte del suelo, está constituido por rocas ligeramente meteorizadas, en transición entre el material parental y el suelo, se ubica sobre el lecho rocoso o roca madre.
  - El horizonte D u horizonte R es el material rocoso subyacente que no ha sido alterado física o químicamente. (Ibáñez Martí, 2011) (Jaramillo, 2004).

Físicamente en el suelo se pueden diferenciar tres fases. La fase sólida comprende compuestos minerales y compuestos orgánicos como el humus y la biomasa. La fase líquida comprende el agua de la hidrosfera que se filtra por entre las partículas del suelo y la fase gaseosa tiene una composición muy parecida a la de la atmósfera, aunque con mayor proporción de dióxido de carbono y vapor de agua.

El suelo contiene partículas de diferentes tamaños, estas partículas se clasifican en arenas, limos y arcillas, siendo las partículas de arena las más grandes y las de arcilla las más pequeñas. La textura del suelo se relaciona con la proporción de las partículas que lo conforman; los suelos tienen una combinación de partículas de los tres tamaños, para su caracterización, se agrupan en 12 clases texturales, que van desde suelos arenosos hasta suelos arcillosos, de acuerdo a la predominancia de alguno de los tipos de partículas, además se consideran suelos francos cuando tienen proporciones equivalentes de los tres tamaños.

La estructura tiene que ver con la disposición de las partículas en pequeños terrones llamados agregados, la forma de los agregados puede ser esférica, granular, cúbica, columnar, laminar y prismática; esta forma depende principalmente de la composición del suelo y de las condiciones bajo las cuales se formó el mismo. Entre los agregados hay espacios o poros donde se mueven los organismos, el aire y el agua. La textura y la estructura de un suelo no solamente determinan el tamaño, la forma y la cantidad de poros sino también el comportamiento del suelo en general y la capacidad de retención de agua.

El color de un suelo habla del contenido mineral del mismo y de su origen; por ejemplo, los suelos con alto contenido de hierro presentan coloraciones desde anaranjado marrón oscuro hasta marrón amarillento. De la misma manera, los suelos con un alto contenido de materia orgánica son negros o

marrones muy oscuros y los suelos que drenan bien tienen colores brillantes, mientras que los suelos que permanecen mojados o han estado inundados tienen moteados desiguales grises, rojos y amarillos. (Recuperado en enero de 2014) (Soil Science Society of America).

Los suelos están formados por un componente inorgánico y un componente orgánico. Dentro del componente inorgánico se encuentran los minerales del suelo o fracción mineral, que constituyen la mayor parte del suelo, y una proporción variable de aire y de agua. Los minerales del suelo se pueden encontrar de forma sólida, como una mezcla de fragmentos de roca (en tamaño de arena, limo y arcilla) o de forma líquida, como iones disueltos en el agua, constituyendo la solución del suelo (Labrador, 2008).

El componente orgánico está representado en la necromasa, las raíces vegetales y el edafón. La mayor proporción de materia orgánica es la necromasa o materia orgánica muerta. Al conjunto de seres vivos habitantes del suelo, que no son raíces vegetales se les llama edafón. Esta materia orgánica viva integrante del suelo está compuesta por los microorganismos, con tamaño entre 1 y 100  $\mu\text{m}$  (bacterias, hongos, algas y protozoos entre otros); la mesofauna de 100  $\mu\text{m}$  a 2 mm (colémbolos, nematodos y ácaros entre otros), la macrofauna con tamaños superiores a 2 mm (lombrices de tierra, moluscos, artrópodos y otros) y la macroflora, representada principalmente por las plantas (Ibáñez Martí, 2011).

El suelo es el soporte físico de los ecosistemas terrestres y la fuente de agua y de nutrientes de la vegetación; sobre él se desarrollan la agricultura, la ganadería y la silvicultura, por lo cual se considera al mismo como fuente de alimento, madera, fibra y energía. Las características del suelo influyen en la distribución de plantas y animales en el planeta y contribuyen en la protección del agua, debido a su capacidad de almacenamiento, filtración, amortiguación y transformación.

El suelo interviene en los ciclos biogeoquímicos de la materia y en el intercambio de gases con la atmósfera y contribuye en la degradación de contaminantes. Éste es un depósito de múltiples elementos y compuestos que actúa como reservorio temporal y regula la distribución de sustancias en las diferentes capas del planeta. Además, es una reserva genética de diversidad y constituye el hábitat de muchos seres vivos, incluyendo al hombre; para el que es una fuente de materias primas (arena, arcilla, grava, minerales, etc.), es un elemento del paisaje y del patrimonio cultural de sus civilizaciones y es el medio físico soporte de las viviendas, de la infraestructura técnica, social e industrial y de las múltiples actividades socioeconómicas (Labrador, 2008).

Las múltiples interacciones del suelo con los demás elementos del ecosistema crean condiciones de interdependencia. Los suelos aportan el agua, los nutrientes y el soporte para las plantas. La

---

disponibilidad de los minerales macronutrientes y micronutrientes esenciales para el desarrollo de la vida vegetal, dependen principalmente del origen del suelo; pero también de las poblaciones de hongos y bacterias que lo habitan, porque sus asociaciones con las raíces, facilitan la absorción de nutrientes y reducen el estrés hídrico. Las plantas con sus raíces ejercen presión mecánica sobre la roca, secretan sustancias y iones hidrógeno que ayudan a degradar las superficies de las rocas y a unir las partículas del suelo, a enriquecer la solución del suelo y al desarrollo de éste. De igual manera los restos vegetales finalizan en la síntesis de humus, lo cual mejora el desarrollo y la estructura del suelo al agregar las partículas, retiene nutrientes, aumenta la retención de agua, mejora la productividad vegetal y diversifica la composición del edafón (García Molano, 2006). La descomposición de la materia orgánica muerta es un proceso que incluye el rompimiento físico y la transformación de las moléculas orgánicas complejas hasta obtener moléculas inorgánicas; en este proceso intervienen activamente los organismos del suelo (FAO, 2005).

Los suelos albergan algunas de las comunidades biológicas más diversificadas del planeta y son la fuente de nutrientes minerales de la mayoría de los seres vivos terrestres. Al tiempo que la dinámica de la vida en el suelo asegura la multiplicidad de los servicios ecológicos que suministra el suelo a la biósfera. La biodiversidad del suelo se entiende como la variación de la vida del suelo, desde genes a comunidades, y la variación en hábitats del suelo, desde micro-agregados a paisajes enteros (Labrador, 2008).

Los organismos del suelo son de gran importancia para la nutrición y la salud de las plantas y por lo tanto para los cultivos y la producción de alimentos. Los organismos interactúan directamente en los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes, influyen sobre la humedad, la disponibilidad de nutrientes y la movilidad en el perfil del suelo. Contribuyen al suministro gradual de elementos a la solución del suelo, son responsables de la fijación, la mineralización y la inmovilización de algunos nutrientes esenciales e interfieren con el almacenamiento de carbono y otros elementos en el suelo. Se relacionan directamente con la estructura del suelo al cambiar las características físicas del mismo cuando forman agregados o cuando construyen nidos y galerías; al tiempo que interfieren con la aireación del suelo y las condiciones químicas del mismo. Por otro lado, algunos son plagas y patógenos de las plantas, mientras otros regulan las poblaciones perjudiciales. La conservación del suelo es imprescindible para conservar la salud del ecosistema y su capacidad de prestar bienes y servicios ecológicos a sus beneficiarios y para asegurar la continuidad de la biósfera actual. (FAO, 2005).

### **3.2.4 Los ciclos biogeoquímicos**

---

Al recorrido que realiza cada bioelemento químico en la naturaleza se denomina ciclo biogeoquímico. El término ciclo biogeoquímico deriva del movimiento cíclico de los elementos que forman los organismos biológicos (bio) y el ambiente geológico (geo) en donde intervienen cambios químicos o físicos. Es un concepto que reconoce los procesos complejos de la dinámica del movimiento, la transformación y el almacenamiento de los productos químicos en la geósfera, atmósfera, hidrósfera y biósfera y expresan las interacciones entre el componente inorgánico y el componente orgánico desde los puntos de vista químicos, físicos y biológicos que intervienen en el movimiento de los bioelementos y los biocompuestos (Winstanley, Demissie, & Hollinger, 2008).

Los ciclos biogeoquímicos se describen dentro de la biósfera. Los elementos y los compuestos se almacenan en los grandes depósitos a saber: la atmósfera, la hidrósfera, la geósfera y la biósfera. Estos depósitos también están estrechamente interconectados de tal manera que la salida de un depósito normalmente se convierte en la entrada de otro. Los movimientos de los elementos y compuestos dentro de cada esfera y entre ellas mismas se denominan flujos. Gracias a los ciclos biogeoquímicos, los bioelementos se encuentran disponibles para ser usados una y otra vez por otros organismos. Éstos son procesos naturales que reciclan elementos en diferentes formas químicas desde el ambiente hacia los organismos, y luego a la inversa. Todos los bioelementos recorren estos ciclos conectando los componentes vivos y no vivos (depósitos en la atmósfera, la hidrósfera y la corteza) de la tierra. Los ciclos de los bioelementos C, H, O, N, S, P, Ca, Mg y K se consideran los más importantes, por representar el mayor porcentaje de la materia viva (Gobierno de España. Ministerio de Educación, 2005).

Los ciclos biogeoquímicos normalmente se describen de forma aislada para cada elemento químico; sin embargo, también se estudia su relación con los ciclos biogeoquímicos de otros elementos, debido a que a través de las transformaciones químicas, los elementos se combinan con otros elementos para formar compuestos. De igual forma, en la naturaleza, los elementos se encuentran en diferentes fases (sólida, líquida y gaseosa) y se pueden transformar de una fase a otra. Por lo tanto, en la descripción de los ciclos biogeoquímicos se mencionan tanto los compuestos del elemento, como el estado físico en que se encuentran (Winstanley, Demissie, & Hollinger, 2008). La mayoría de los elementos en la geósfera se encuentran en forma sólida, en la atmósfera en forma gaseosa y en la hidrósfera en forma líquida o disuelta. Mientras que en la biósfera, los elementos se encuentran en las tres fases. Los cuatro elementos más abundantes de los organismos vivos: carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno provienen principalmente de la atmósfera (C, O, N) y de la hidrósfera (H, O).

---

La Tierra es un sistema cerrado donde no entra ni sale materia. Los elementos químicos se transmiten dentro y entre las cuatro esferas; sin embargo, las transformaciones químicas al interior de las esferas pueden cambiar la forma química de los elementos. A pesar de que la mayor parte de las sustancias químicas del planeta, no se encuentran en formas útiles para los organismos que la habitan; existen los mecanismos para transformarlos a elementos y compuestos asimilables y ciclarlos continuamente a través de los componentes abióticos y bióticos de la biósfera. Las sustancias usadas por los organismos no desaparecen, aunque pueden llegar a lugares fuera del alcance de los organismos por largos periodos de tiempo. Sin embargo, en los ecosistemas naturales, los nutrientes casi siempre se reutilizan y a menudo circulan varias veces, tanto dentro de los ecosistemas como fuera de ellos. De este modo, una sustancia química puede ser parte de un organismo en un momento y parte del medio abiótico en otro momento (Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno del Niño) (CIIFEN, 2010).

El principio de conservación de la masa asume que los elementos ni se crean ni se destruyen en el sistema. Este supuesto permite la realización de estudios de balance de masa, ya sea a nivel global o en ecosistemas determinados. Para esto, se hacen seguimientos de todas las formas físicas y químicas de un elemento y se cuantifica lo que representa para el almacenamiento, el transporte y la transformación del elemento. En estos estudios es usual hacer cuantificaciones en términos de masa, por lo tanto estas cantidades se expresan siempre en una unidad común, lo que permite establecer un sistema de contabilidad para cada elemento (Winstanley, Demissie, & Hollinger, 2008).

El ingreso de los diversos elementos a los ecosistemas ocurre principalmente a través de la atmósfera, vía depositación seca, depositación húmeda y por fijación biológica activa (CO<sub>2</sub> y nitrógeno). La meteorización de minerales es otra fuente de elementos al sistema. Estos nutrientes de origen geológico determinan en parte la fertilidad de los suelos y los procesos bióticos del ecosistema. La otra vía de alimentación del ecosistema es la descomposición de los desechos de los seres vivos y de la materia orgánica muerta; proceso en el que se desprenden nutrientes y residuos orgánicos que pueden incrementar la disponibilidad de minerales para los organismos autótrofos; como por ejemplo, en el proceso conocido como quelación, en donde las moléculas orgánicas forman complejos con iones metálicos como el calcio, el magnesio, el hierro, el cobre y otros (Odum, 1995).

El agua es un importante medio para el transporte y la transformación de los productos químicos, por lo tanto, el ciclo hidrológico es un factor importante en los demás ciclos biogeoquímicos (Winstanley, Demissie, & Hollinger, 2008).

---

Las interacciones fundamentales en los ecosistemas son las relaciones alimentarias, la transformación de la energía y el intercambio de materia entre los seres vivos y las sustancias no orgánicas. Este intercambio se realiza a través de los ciclos de la materia. Existen tres tipos de ciclos biogeoquímicos: los ciclos gaseosos o atmosféricos, los ciclos sedimentarios y los ciclos mixtos (FAO, 1996).

- Los elementos que tienen un ciclo gaseoso o cerrado, se almacenan en la atmósfera; circulan principalmente entre la atmósfera y los organismos vivos, sus pérdidas durante los procesos de reutilización son mínimas y su velocidad de transformación y flujo dentro de los ciclos es relativamente rápida. El ciclo del carbono, el ciclo del nitrógeno y el ciclo del oxígeno son atmosféricos (CIIFEN, 2010).
- Los ciclos sedimentarios son aquellos donde los elementos se almacenan en la corteza terrestre, haciendo parte de rocas y de la fracción mineral del suelo y del sedimento. En estos ciclos, los nutrientes circulan principalmente entre la corteza terrestre y los organismos vivos y la transformación y la recuperación de los elementos es mucho más lenta, ya que requiere de la degradación de las rocas hasta compuestos solubles. Son ejemplos representativos de los ciclos sedimentarios el ciclo del fósforo, del hierro y del azufre (Bermudez de Castro & Martin, 1984).
- Los ciclos biogeoquímicos mixtos son aquellos en donde el elemento se almacena tanto en la atmósfera como en la corteza terrestre, el ciclo mixto más conocido es el ciclo del agua. En este caso particular, el agua tiene tres reservorios principales: los océanos, los continentes y la atmósfera. Circula en estado líquido y gaseoso entre el océano, el aire, la litósfera, el suelo, los cuerpos de agua dulce y los organismos vivos (CIIFEN, 2010).

## **3.2.5 El ciclo del nitrógeno**

### ***3.2.5.1 Generalidades***

El nitrógeno del planeta se encuentra en las cuatro esferas. La mayor parte del nitrógeno se encuentra en la geósfera, especialmente en el núcleo y en el manto, depósito que almacena cerca del 96% del nitrógeno de la tierra. El resto del nitrógeno se encuentra en la atmósfera. La hidrósfera y la biósfera contienen relativamente poco nitrógeno en comparación con las otras esferas. Sin embargo, en la biósfera, el nitrógeno es muy activo y se recicla rápidamente al interior de esta esfera (Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América) (CICEANA, 2009).

El gas nitrógeno de la atmósfera es muy poco reactivo y poco soluble; mientras que el amoniaco ( $\text{NH}_3$  gaseoso) y los iones amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) son altamente solubles en agua y se distribuyen en solución acuosa por toda la hidrósfera. Los organismos vivos, la materia orgánica muerta y la materia orgánica mineralizada del suelo (humus) son almacenes importantes del nitrógeno disponible para la vida (Winstanley, Demissie, & Hollinger, 2008). En la tabla 1 se muestran las cantidades y la proporción de nitrógeno en cada una de las capas terrestres. De la misma manera, en la figura 1 se muestra la distribución del nitrógeno que circula a nivel global.

Tabla 1 Inventario global de nitrógeno en La Tierra. Adaptado de Winstanley, Demissie, & Hollinger (2008).

Depósito	Toneladas métricas	% del N total
Biósfera	$2.8 \times 10^{11}$	0,0002
Hidrósfera	$2.3 \times 10^{13}$	0,014
Atmósfera	$3.86 \times 10^{15}$	2,3
Geósfera	$1,636 \times 10^{17}$	97,7
Corteza	0,13 a $1,4 \times 10^{16}$	0,78-8,4
Suelos y sedimento	0,35 a $4 \times 10^{15}$	0,21-2,4
Manto y núcleo	$1,6 \times 10^{17}$	95,6

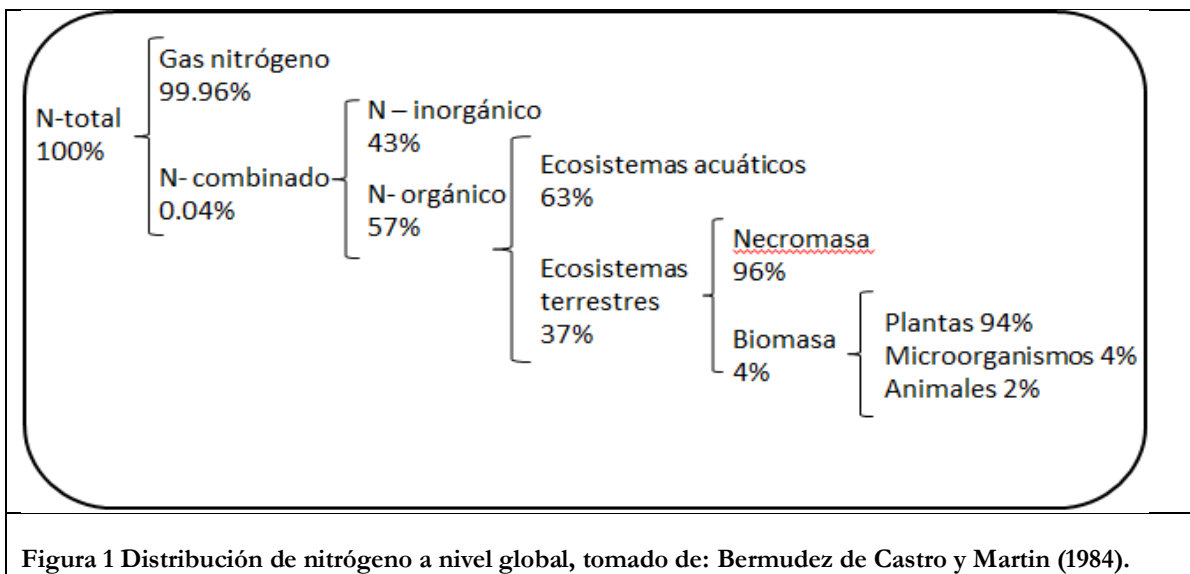


Figura 1 Distribución de nitrógeno a nivel global, tomado de: Bermudez de Castro y Martin (1984).

El nitrógeno es un elemento esencial de toda la materia viva y por lo tanto de los ecosistemas, al igual que el agua, es un factor limitante del crecimiento biológico y de la productividad del ecosistema. Muchas biomoléculas contienen nitrógeno, además algunos microorganismos dependen del nitrógeno para la producción de energía (Stevenson & Cole, 1999). El nitrógeno está presente en muchos compuestos químicos, tanto orgánicos como inorgánicos; se encuentra en todas las esferas terrestres,



---

en estado gaseoso, disuelto en líquido y en estado sólido. Los compuestos y los iones inorgánicos más importantes en la naturaleza son: el gas nitrógeno ( $N_2$ ), el ácido nítrico ( $HNO_3$ ), el ión nitrato ( $NO_3^-$ ), el ión nitrito ( $NO_2^-$ ), el óxido nitroso ( $N_2O$ ), el óxido nítrico ( $NO$ ), el dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ), el ión amonio ( $NH_4^+$ ), el gas amoníaco ( $NH_3$ ) y las formas inestables  $N_2H_2$  y  $N_2H_4$ . En los compuestos orgánicos se encuentra asociado con carbono en biomoléculas amidas, bases púricas y pirimídicas, aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos y otros metabolitos (Bermudez de Castro & Martín, 1984).

En líneas generales el ciclo del nitrógeno consiste en el movimiento de este elemento por la biósfera. Este movimiento de nitrógeno de una esfera a otra normalmente se desencadena por algún cambio químico. Para que trascurren las reacciones que llevan a cambios químicos se requiere de la intervención de factores biológicos, físicos y químicos. En el ciclo del nitrógeno intervienen tanto procesos naturales como antrópicos (Winstanley, Demissie, & Hollinger, 2008).

El nitrógeno se encuentra en la atmósfera principalmente como gas nitrógeno  $N_2$ , en donde constituye el 79% del aire. Sin embargo, este es un gas muy poco reactivo que no puede ser usado por las plantas. La única forma en que el nitrógeno pueda ser usado por las plantas es que reaccione con otros elementos, formando óxidos de nitrógeno o amoníaco. A estos procesos se les denomina fijación de nitrógeno. El nitrógeno se puede fijar de forma biótica o abiótica. La fijación biótica ocurre por acción de los organismos que se nutren con  $N_2$  y lo reducen a amonio con la ayuda de la enzima nitrogenasa. La fijación abiótica ocurre cuando de manera industrial se sintetiza amoníaco o cuando se combinan el oxígeno y el nitrógeno del aire con la energía de los rayos durante las tormentas eléctricas, dando como resultado óxidos de nitrógeno que al reaccionar con agua forman ácidos, que caen disueltos principalmente como iones nitrato.

Las plantas absorben el nitrógeno principalmente como ión amonio y como ión nitrato. Dentro de los vegetales, los nitratos son reducidos a nitritos y los nitritos a formas amoniacaes con ayuda de las enzimas nitrato-reductasa y nitrito-reductasa. A partir de amonio, los vegetales construyen compuestos orgánicos nitrogenados y los incorporan al material celular. El nitrógeno orgánico circula a través de las cadenas alimenticias. Los animales sintetizan los compuestos nitrogenados a partir de amonio, de aminoácidos y de otras moléculas orgánicas pequeñas. El nitrógeno vuelve al suelo o al medio acuático por medio de las excretas, el lecho de hojarasca y la materia orgánica muerta proveniente de plantas, animales, hongos, bacterias y protistas. Los organismos del suelo, especialmente los microorganismos degradan la necromasa hasta amonio y nitrato; en este proceso de descomposición también se libera amoníaco y gas nitrógeno a la atmósfera (Bush, 2000).

En la figura 2 se presenta el ciclo abreviado de este elemento. En este ciclo intervienen factores biológicos, físicos y químicos.

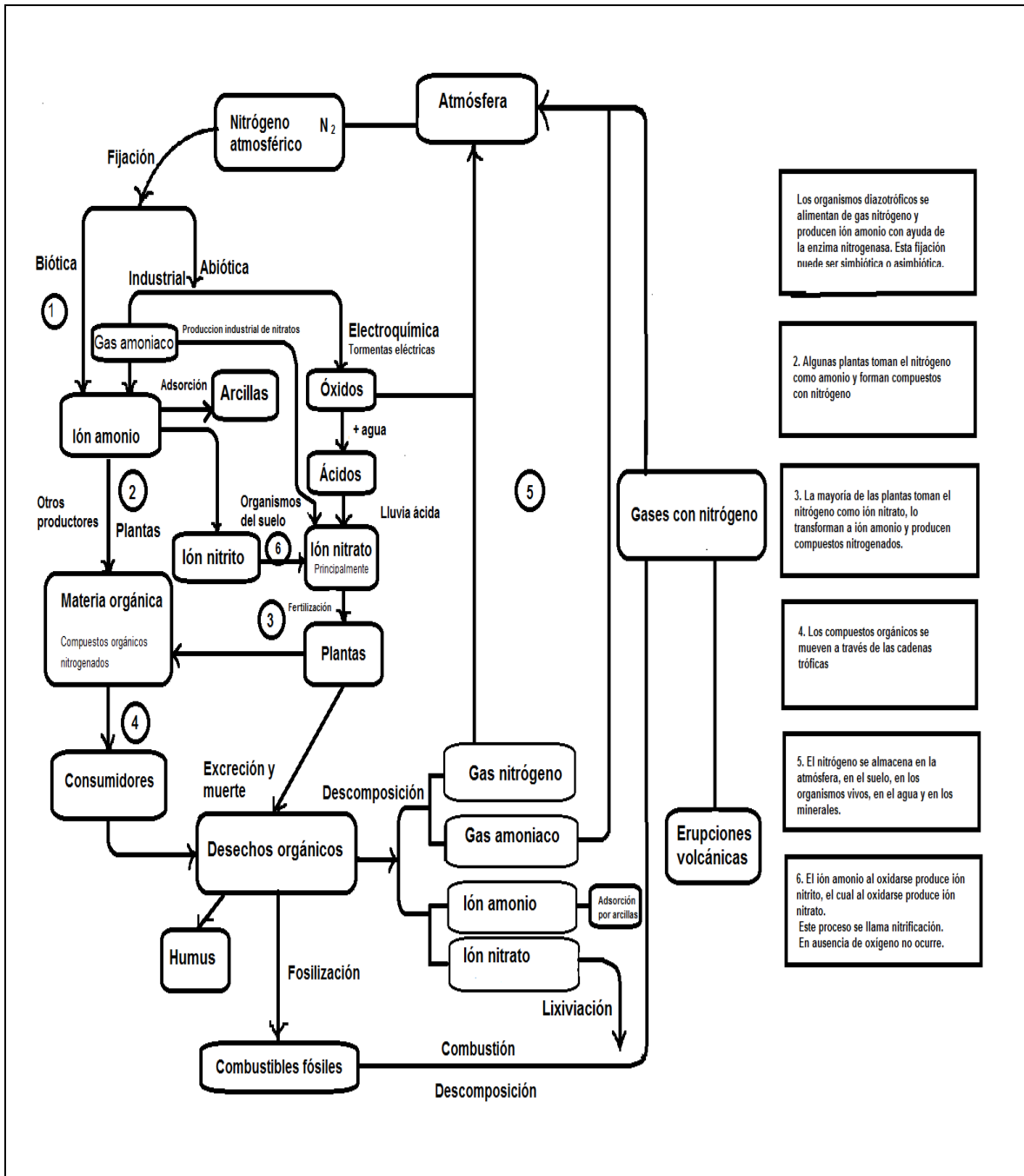


Figura 2 Ciclo abreviado del nitrógeno (Elaboración propia).

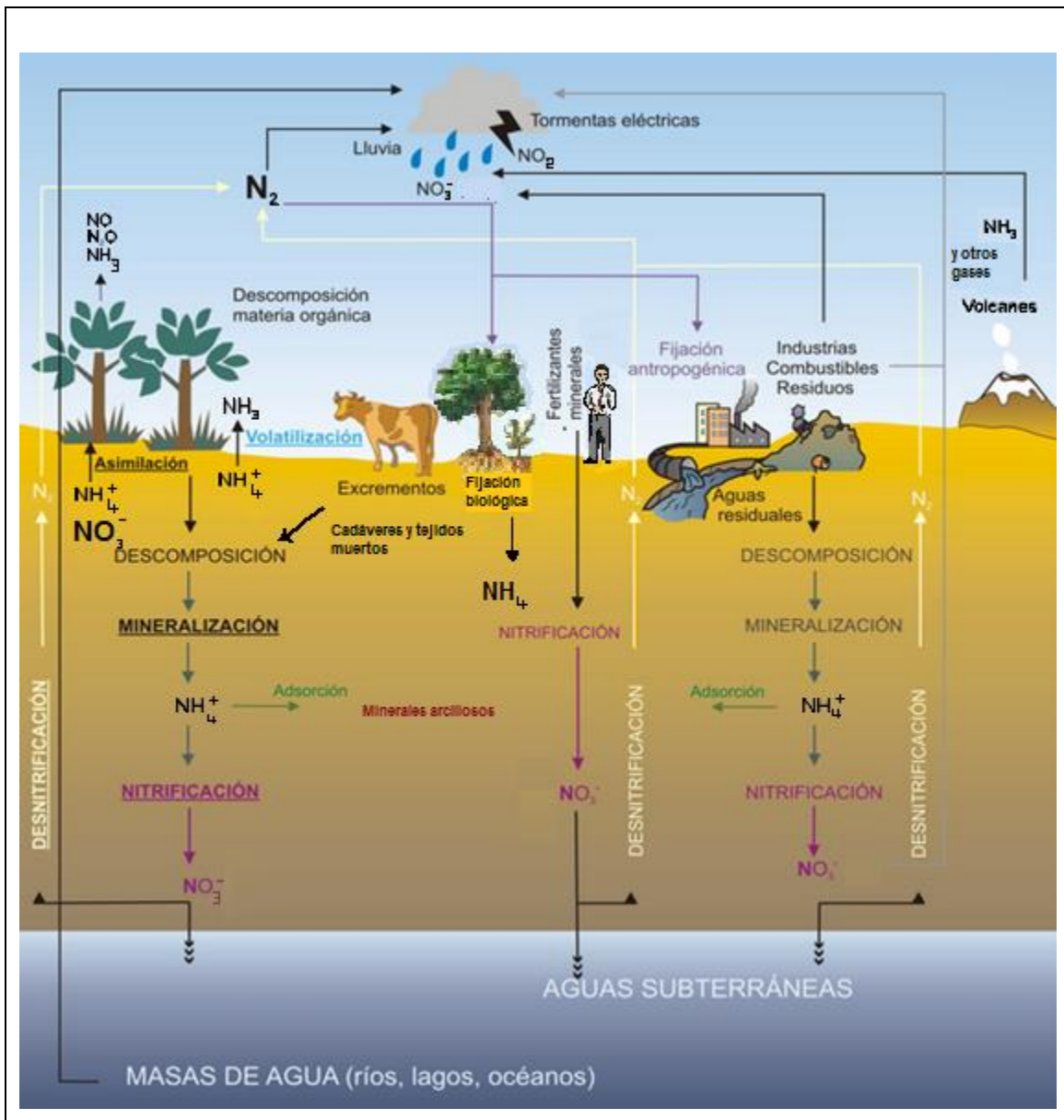


Figura 3 Ciclo del nitrógeno (<http://www.fotosimagenes.org/imagenes/ciclo-del-nitrogeno-1-thumb.jpg>).

### 3.2.5.2 El nitrógeno en la atmósfera.

El nitrógeno en la atmósfera se encuentra en la tropósfera y en la estratósfera, la mayor cantidad de nitrógeno se encuentra en la tropósfera, capa donde se concentra la mayor parte de la materia de la atmósfera. El 99,99% del nitrógeno en la tropósfera se encuentra como nitrógeno molecular  $N_2$ , el resto del nitrógeno se encuentra como óxido nitroso ( $N_2O$ ) en su mayor parte y mínima cantidad

---

como otros óxidos  $\text{NO}_x$  y como  $\text{NH}_3$ . El  $\text{N}_2$  se distribuye en toda la tropósfera, mientras que los óxidos de nitrógeno y el amoníaco se concentran adyacentes (1.02 km) a la superficie de la tierra. El  $\text{N}_2$  es poco reactivo químicamente, en las condiciones normales de temperatura y presión de la atmósfera, permanece en estado gaseoso y se mantiene en continuo movimiento impulsado por el viento.

En la atmósfera los compuestos nitrogenados participan en dos tipos de transformaciones químicas: las transformaciones químicas homogéneas, en donde reaccionan gases y las reacciones químicas heterogéneas donde los gases reaccionan con líquidos o con sólidos.

- Dentro de las reacciones homogéneas, las más frecuentes son la oxidación de amoníaco, la combinación de  $\text{O}_2$  con  $\text{NO}$  para obtener  $\text{NO}_2$  y las reacciones fotoquímicas, dentro de las que se encuentra la disociación de  $\text{NO}_2$  en presencia de luz solar en  $\text{NO}$  y  $\text{O}$  atómico, donde el  $\text{O}$  resultante se une con  $\text{O}_2$  y produce ozono, un gas tóxico que se encuentra en el smog.
- Con menor frecuencia, por intermediación de los relámpagos, el nitrógeno y el oxígeno del aire se combinan formando óxidos de nitrógeno, especialmente  $\text{NO}$  y  $\text{NO}_2$ . Algunas reacciones químicas convierten algunos gases inorgánicos traza (diferentes de  $\text{N}_2$ ) en gases orgánicos, mientras que otras transformaciones químicas y físicas convierten algunos gases traza en partículas de aerosol de diferentes tamaños que permanecen suspendidas en el aire y contribuyen a la polución. El sulfato de amonio es un ejemplo de estos aerosoles.
- El dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) cuando se disuelve en agua forma ácido nítrico, este ácido puede permanecer suspendido en la atmósfera al interior de las nubes o precipitarse en el granizo, la nieve y la lluvia, siendo un componente de la lluvia ácida.
- El amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) al solubilizarse en agua forma ión amonio, esta solución también puede precipitarse y salir de la atmósfera (Winstanley, Demissie, & Hollinger, 2008).

Los compuestos nitrogenados que llegan a la atmósfera desde las otras esferas provienen de fuentes naturales o de fuentes antrópicas.

- Los procesos de desnitrificación en el suelo son una fuente importante de  $\text{N}_2$  y de óxidos de nitrógeno; la quema de combustibles fósiles (en los motores de combustión interna, en procesos industriales y en las centrales eléctricas) y de biomasa arroja al aire óxidos de nitrógeno,  $\text{NO}$  y  $\text{NO}_2$  principalmente.
- Las erupciones volcánicas emiten  $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$  y óxidos de nitrógeno, entre otros compuestos.
- Las principales fuentes de  $\text{NH}_3$  gaseoso son algunos desechos animales, el proceso de descomposición de la materia orgánica en el suelo, la aplicación de fertilizantes sintéticos a los cultivos y la industria de producción de fertilizantes.

- El NO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera proviene principalmente de los océanos, de los cultivos agrícolas y de los bosques tropicales.
- El óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) proviene de la industria, de algunas espumas y aerosoles de productos comestibles que lo contienen y principalmente del calentamiento de nitrato de amonio, un fertilizante común en agricultura (Molles, 2008).

Los compuestos nitrogenados que salen de la atmósfera son principalmente el N<sub>2</sub>, el ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) acuoso y el NH<sub>3</sub> disuelto; los dos últimos en una proporción mucho menor que el gas nitrógeno. El N<sub>2</sub> solamente sale de la atmósfera cuando reacciona con otros elementos. Estas reacciones suceden en tres casos: cuando los microorganismos fijadores de nitrógeno combinan gas nitrógeno con hidrógeno, con ayuda de la enzima nitrogenasa, y producen NH<sub>3</sub>; en la producción antrópica de NH<sub>3</sub> y cuando por intermediación de los rayos se oxida el N<sub>2</sub> obteniéndose NO y NO<sub>2</sub>, los que en presencia de agua forman ácidos. El NO<sub>2</sub> se diluye formando ácido nítrico que se precipita. Los óxidos de nitrógeno pueden formar complejos con las sustancias húmicas y otros materiales orgánicos y salir por esta vía de la atmósfera (Bermudez de Castro & Martin, 1984). La concentración de nitrógeno no cambia; los animales y las plantas toman aire y usan el oxígeno y el carbono del mismo en la respiración y en la fotosíntesis, pero, a pesar que el gas nitrógeno presente en el aire también entra al cuerpo del ser vivo, vuelve a salir sin interactuar químicamente con éste.

### ***3.2.5.3 El nitrógeno en la hidrósfera***

La hidrósfera interactúa con la atmósfera, la hidrósfera y la geósfera a través del ciclo hidrológico. El agua sirve como medio de transporte de gran cantidad de sustancias, algunas disueltas y otras suspendidas. La composición del agua natural es el resultado de numerosas reacciones químicas, incluyendo la disolución de minerales previamente alterados y la eliminación de otras sustancias por precipitación o por otros procesos. Estas reacciones son fuertemente influenciadas por la actividad biológica y los procesos físicos, químicos y fotoquímicos.

La cantidad de nitrógeno en el agua es sólo del 0,014% del nitrógeno de la tierra. Las formas de nitrógeno frecuentes en el agua son el gas nitrógeno disuelto en el agua; los iones inorgánicos disueltos (ión amonio, ión nitrito y ión nitrato), las moléculas orgánicas disueltas y el material particulado orgánico e inorgánico. Los organismos que habitan en el agua también contienen nitrógeno, pero estos usualmente se incluyen en la biósfera y se descartan de los análisis de la composición del agua natural.

---

En la zona superficial de los cuerpos de agua, en permanente contacto con el aire, predominan el ión nitrato y el ión nitrito, debido a que el ambiente está enriquecido con oxígeno. El ión nitrato predomina sobre el ión nitrito, en razón a que el ácido nitroso es muy inestable. En zonas más profundas, donde escasea o no hay oxígeno, predomina el ión amonio. Los compuestos orgánicos nitrogenados, también son inestables en el agua con oxígeno.

La concentración de moléculas nitrogenadas en el agua dulce superficial y subterránea, depende de las condiciones biológicas, de los factores climáticos y de las condiciones ambientales imperantes en las cuencas y en los cuerpos de agua, particularmente de la precipitación, la radiación solar, la escorrentía superficial, el flujo al agua subterránea, el pH, la temperatura, la disponibilidad de oxígeno, la presencia y la disponibilidad de otros elementos en el agua, que interactúan en el ciclo del nitrógeno (por ejemplo fósforo). Estas condiciones afectan el flujo y la velocidad de procesamiento del nitrógeno en el sistema; específicamente en los procesos de nitrificación, asimilación, desnitrificación, volatilización y mineralización (Winstanley, Demissie, & Hollinger, 2008). Otro factor determinante de la concentración de nitrógeno en el agua es la composición natural de las rocas y de los sedimentos, por ejemplo, cuando los minerales son ricos en moléculas reducidas de nitrógeno, éstas se oxidan al contacto con el agua rica en oxígeno y conducen a un aumento en la concentración de nitratos en el agua (Winstanley, Demissie, & Hollinger, 2008).

La acción humana también influye en la concentración de compuestos nitrogenados en el agua. Los iones nitrito y nitrato son perjudiciales para la salud humana, el máximo contenido permitido de nitratos en el agua potable es de 10 mg/L y el de nitritos de 0,1mg/L (Minambiente, 2007).

El nitrógeno del agua de mar está representado en el gas nitrógeno disuelto en el agua, (equivalente al 64% del total de gases disueltos), el ión nitrato, el ión nitrito y el ión amonio. La suma de la concentración de estos tres iones en el agua salada se encuentra alrededor de 15 mg/L (Cifuentes Lemus, Torres García, & Frias M., 1997).

#### ***3.2.5.4 El nitrógeno en el sistema terrestre***

En ecosistemas terrestres, el ión nitrato es utilizado fácilmente por las plantas y por los microorganismos del suelo. Por lo tanto, la concentración de nitrato en la solución del suelo es menor que la del ión amonio; de la misma manera, la concentración de nitrato en el agua subterránea, normalmente es baja (1-2 mg/L) y menor que la concentración del mismo ión en la solución del suelo y en la escorrentía superficial (Stevenson & Cole, 1999).

---

Las moléculas nitrogenadas que llegan al agua provienen de la atmósfera, de la geósfera y de la biósfera. Desde la atmósfera llegan principalmente como ácido nítrico diluido y dissociado en iones nitrato y  $H^+$  y como amoníaco disuelto y dissociado en iones amonio ( $NH_4^+$ ) y  $OH^-$ . De la geósfera pasa a la hidrósfera desde las cuencas, los suelos, los sedimentos y las capas profundas de la corteza terrestre; cuando el agua disuelve las rocas, cuando las rocas se fragmentan y solubilizan sus compuestos en la solución del suelo, en la escorrentía superficial y en el agua subterránea; cuando los sedimentos se lavan, cuando se erosionan los suelos, cuando el agua subterránea pasa por lugares ricos en amonio en la profundidad de la corteza, cuando se aplican al suelo fertilizantes nitrogenados que se disuelven rápidamente en la solución del suelo y desde la descomposición de materia orgánica en la solución del suelo y en los cuerpos de agua, entre otras fuentes (Molles, 2008).

La biósfera aporta moléculas nitrogenadas al agua en sus desechos y en sus tejidos al morir. Los organismos acuáticos fijadores de nitrógeno son una fuente importante de amonio. Los desechos de los organismos aportan materia orgánica, urea y amonio a la solución del suelo, a la escorrentía superficial, a los lagos, a los mares y al océano (Molles, 2008).

En los ecosistemas terrestres naturales, la mayor parte de la materia orgánica cae al suelo y desde el suelo pasa al agua. En la actualidad, por acción antrópica, la mayor parte de la materia orgánica que proviene de la población humana, se vierte directamente a los ríos, a los lagos y a los mares, por esta razón se ha aumentado la concentración de nitrógeno en el agua. Otra causa antrópica del incremento de la concentración de nitrógeno en el agua es la fertilización de los cultivos, cuyas moléculas se disuelven en la solución del suelo y al no ser absorbidas en su totalidad por las plantas aumentan las cantidades de nitrógeno del agua subterránea, de las lagunas, de los lagos y de los ríos (Orozco Patiño, 1999).

El enriquecimiento excesivo de nitrógeno y de fósforo en los ríos, las lagunas, los lagos y los mares ha conducido a la sobreproducción de biomasa en los cuerpos de agua y a la consecuente pérdida del oxígeno en los mismos, con consecuencias catastróficas para la vida de los organismos acuáticos aeróbicos (Orozco Patiño, 1999).

El nitrógeno sale de la hidrósfera por varias vías: el amonio, al tener una carga positiva puede ser retenido por las partículas de arcilla y otras superficies minerales. El amonio y el  $H^+$  pueden formar amoníaco, que se desprende en forma gaseosa hacia la atmósfera. El ión nitrato puede ser absorbido por las plantas desde la solución del suelo, tomado directamente por los organismos acuáticos o ser ingerido por los animales y pasar a formar parte del cuerpo de los organismos. Las moléculas con nitrógeno también pueden degradarse por acción de los organismos descomponedores y pasar a la

atmósfera como amoníaco, óxidos de nitrógeno o gas nitrógeno (Winstanley, Demissie, & Hollinger, 2008).

Los suelos son el reservorio más importante de nitrógeno de la geósfera, casi todo el nitrógeno de los suelos se encuentra como compuestos orgánicos. La mineralización de la materia orgánica produce humus. El contenido de nitrógeno orgánico en los suelos es muy variable y oscila entre 0,02% y 5%. Este nitrógeno, así como el amonio intercambiable está disponible para transferirse a las otras esferas. (Fassbender, 1994).

Las vías de entrada de nitrógeno a la geósfera son principalmente: los residuos y los tejidos muertos de los organismos fijadores de nitrógeno atmosférico; la precipitación de iones amonio, nitrato y nitrito desde la atmósfera en la lluvia; la descomposición materia orgánica muerta proveniente de cadáveres y de desechos de origen vegetal, humano, animal y de otros organismos; la fosilización de materia orgánica, que en millones de años produce depósitos de carbón mineral, petróleo y gas natural, la interacción de las rocas sedimentarias con los combustibles fósiles y la fertilización nitrogenada (Stevenson & Cole, 1999). Cuando los compuestos nitrogenados se solubilizan en agua pasan a la hidrósfera y desde la hidrósfera a la biósfera. La figura 4 resume el ciclo del nitrógeno en el suelo.

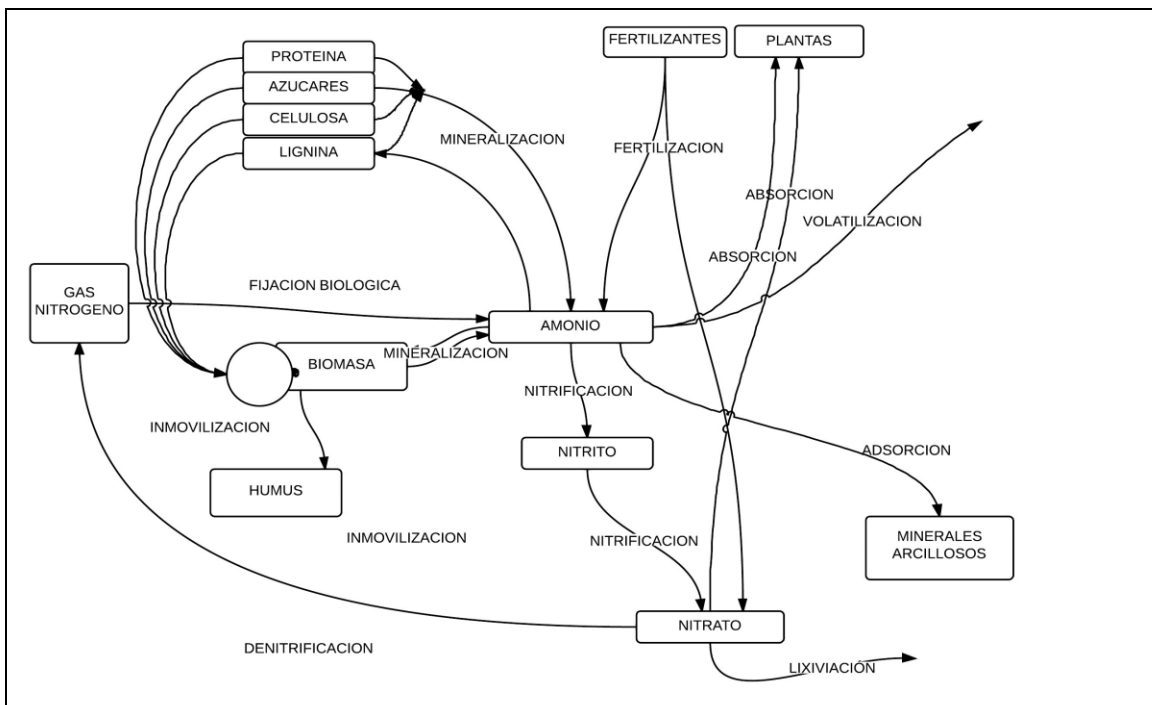


Figura 4 Esquema del ciclo del nitrógeno en el suelo (adaptado de: Stevenson & Cole, 1999)



---

### **3.2.5.5 *El nitrógeno en la biósfera***

La biósfera se compone de todos los organismos de la Tierra que viven en la geósfera, la hidrósfera y la atmósfera. La cantidad de nitrógeno en la biósfera corresponde a la suma del nitrógeno contenido en cada uno de los seres vivos. A pesar de que la cantidad de nitrógeno presente en la biósfera es menor que en cualquier esfera, apenas el 0,0002% del nitrógeno del planeta. Éste es el que tiene una mayor participación en el ciclo; ya que la tasa de circulación es mucho mayor en la biósfera que en las demás esferas. Esta circulación aumenta la disponibilidad del nitrógeno para la vida en la tierra. El nitrógeno, no sólo es un elemento esencial para los seres vivos, sino que es un nutriente limitante en la producción de materia orgánica en los ecosistemas (Molles, 2008).

El aprovechamiento del nitrógeno por la biósfera es muy eficiente desde el punto de vista energético; debido a que el grueso de nitrógeno que se transfiere por medio de las cadenas tróficas, en el interior de la biósfera, circula en forma reducida dentro de los compuestos orgánicos. Se requieren cantidades masivas de energía para oxidar el gas nitrógeno a nitratos y nitritos, para reducir las formas oxidadas a formas amoniacales y para producir amonio a partir de gas nitrógeno. El ión amonio es la forma en la cual se construyen las proteínas, las enzimas y los otros compuestos nitrogenados esenciales (Molles, 2008).

La transferencia de nitrógeno en la biósfera se puede representar como una red trófica, en donde unos seres se alimentan de otros o de sus desechos. En general, el 10% de la materia consumida se convierte en parte estructural de los seres vivos y pasa al siguiente nivel trófico; mientras que el 90% restante no pasa al siguiente nivel, sino que se excreta en forma de residuos orgánicos. Estos residuos sumados a los organismos muertos alimentan un gran número de comunidades que vuelven a dejar disponible el nitrógeno para el primer nivel trófico (Bush, 2000).

En los ecosistemas terrestres la mayor parte de la circulación de materia ocurre en el suelo. En el suelo vive un gran número de microorganismos tales como bacterias, hongos, protozoos y algas. Una taza de suelo puede contener una cantidad de bacterias equivalente a la población humana terrestre; aunque la población de los demás microorganismos es menor a la de las bacterias, también es muy alta. Los microorganismos tienen vidas cortas y tasas de reproducción sumamente altas; mientras viven producen gran cantidad de desechos y al morir pasan su biomasa al suelo. Dentro de la biomasa microbiana viva del suelo hay productores, consumidores de primer nivel, consumidores de segundo e inclusive consumidores de tercer nivel. Los animales pluricelulares del suelo se alimentan de los microorganismos del suelo y son depredados por consumidores de mayor nivel dentro del suelo y fuera de él (Fassbender, 1994). Las raíces excretan sustancias orgánicas de fácil descomposición y desprenden tejido muerto, estimulando la actividad microbiana en el suelo vecino. Las partículas de

---

suelo son atacadas por los microorganismos o por sus exudados, liberando nutrientes que quedan disponibles para las plantas (Orozco Patiño, 1999). La mayor parte del nitrógeno del suelo está presente como moléculas orgánicas al interior del humus. Los macro, meso y microorganismos del suelo son los encargados de descomponer estas moléculas hasta amonio, nitrato y nitrito (Stevenson & Cole, 1999).

En el interior del suelo se encuentran los microorganismos fijadores de nitrógeno, los únicos seres vivos capaces de nutrirse con gas nitrógeno. Dentro de estos organismos, las bacterias fijadoras de nitrógeno son las más representativas. Éstas son capaces de tomar el gas nitrógeno del aire y formar ión amonio con ayuda de la enzima nitrogenasa. Existen bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre y asociadas a raíces vegetales, siendo estas últimas las más eficientes. Las bacterias se albergan dentro de los tejidos de la raíz y viven en simbiosis con la planta. En esta simbiosis, la bacteria proporciona ión amonio e hidroxilamina ( $\text{NH}_2\text{OH}$ ) a la planta, mientras que la planta aporta moléculas orgánicas nutrientes a la bacteria y protege la enzima nitrogenasa de la oxidación al proporcionarle un ambiente reductor (Fassbender, 1994).

Algunas plantas forman asociaciones con bacterias fijadoras de nitrógeno como: las leguminosas de las subfamilias Papilionoideae (176 géneros, 2430 especies), Caesalpinioideae (89 géneros, 983 especies) y Mimosoideae (31 géneros y 1200 especies). Estas leguminosas se asocian con las diferentes razas existentes de las bacterias *Rhizobium leguminosarum*. En el trópico, los géneros *Phaseolus*, *Glycine*, *Leucaena*, *Stylosanthes*, *Trifolium*, *Melilotus*, *Medicago*, *Pisum* y *Crotaria* son los más representativos de este tipo de asociación (Fassbender, 1994).

Además de las bacterias del género *Rhizobium* existen otras bacterias y otros microorganismos capaces de fijar nitrógeno del aire, llamados organismos diazotróficos dentro de los que se destacan algunas cianofíceas de los géneros *Anabaena*, *Nostoc* y *Aulosira*. Algunas bacterias de los géneros *Rhodospirillum*, *Clostridium*, *Azotobacter*, *Beijerinckia* y *Derxia*; algunos actinomicetos especialmente del género *Frankia*, y las algas azules. Algunos de estos microorganismos también forman simbiosis con otras familias de plantas, algas y hongos (Bermudez de Castro & Martin, 1984).

Algunos hongos que forman micorrizas, infectan la raíz y extienden sus hifas en un área de suelo considerable, aumentando el área de suelo desde donde se alimenta la raíz. Las micorrizas aumentan la absorción de nutrientes, la fijación de nitrógeno, la tolerancia de las plantas a las condiciones químicas adversas, a elementos tóxicos y a la sequía; también ayudan al control biológico de los patógenos y a la solubilización y mineralización de nitrógeno y de otros nutrientes (Stevenson & Cole, 1999).

---

En los ecosistemas acuáticos se presenta un panorama más complejo, se encuentran interacciones similares alrededor de las raíces de las plantas acuáticas y aparecen otras interacciones a nivel de la superficie del agua, en el interior de la misma y al interior de los sedimentos en el fondo. Algunas plantas de las que flotan en la superficie del cuerpo de agua se asocian con bacterias y/o algas fijadoras de nitrógeno. Algunas algas se asocian con bacterias nitrificantes. En los ambientes acuáticos también hay algas y otros microorganismos fijadores de nitrógeno de vida libre. Las cianofíceas son los organismos diazotróficos fijadores de nitrógeno más representativos del medio acuático. En el fondo de los cuerpos acuáticos, el ambiente no tiene oxígeno, lo que favorece la fijación de nitrógeno, porque la nitrogenasa no se oxida. Los sedimentos acuáticos son sitios de alta mineralización y alta desnitrificación. La circulación de nitrógeno en los ambientes acuáticos pone disponible el nitrógeno para las plantas acuáticas y para los demás productores del medio acuático, por lo tanto regula la producción de biomasa en estos ecosistemas y esta biomasa pasa de un nivel a otro en las redes tróficas en los cuerpos de agua (Winstanley, Demissie, & Hollinger, 2008).

En el suelo, los nutrientes se solubilizan en el agua. Las raíces de las plantas absorben  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  desde la solución del suelo. Las plantas también pueden absorber nitrito, este ión es tóxico para las plantas y se encuentra en pequeñas cantidades en la solución del suelo. Los iones ascienden por el xilema, gracias a la evapotranspiración. Las plantas que se asocian con fijadores de nitrógeno, obtienen la mayoría del nitrógeno que requieren directamente de los nódulos (Orozco Patiño, 1999).

El nitrato es almacenado dentro de las células vegetales en las vacuolas. Cuando la planta lo requiere el nitrato entra a las reacciones metabólicas pertinentes. El  $\text{NO}_3^-$  para metabolizarse requiere ser reducido hasta  $\text{NH}_4^+$ , este proceso ocurre en dos reacciones consecutivas dentro de la célula vegetal, en la primera reacción, el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) cambia a ión nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), con ayuda de la enzima Nitrato-reductasa y en la segunda reacción, el nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) se transforma en  $\text{NH}_4^+$  (Bermudez de Castro & Martin, 1984).

El  $\text{NH}_4^+$  que proviene del suelo, de la reducción del nitrato o de la reducción de  $\text{N}_2$  por parte de las bacterias responsables de la fijación biológica de nitrógeno, se asimila, es decir, pasa a formar parte de las moléculas orgánicas, como glutamina. A partir de la glutamina se forman el glutamato, el  $\alpha$ -cetoglutarato, los ceto-ácidos y a partir de éstos últimos los aminoácidos, por medio de diversas reacciones metabólicas (Bush, 2000).

Los animales son incapaces de sintetizar los compuestos orgánicos nitrogenados que requieren para vivir a partir de pequeñas moléculas inorgánicas, como lo hacen las plantas. En su lugar se apoyan de precursores más complicados presentes en los alimentos como aminoácidos y otras moléculas pequeñas, con las que construyen sus propios compuestos nitrogenados: proteínas, ácidos nucleicos y

---

otros. Los animales herbívoros toman los compuestos nitrogenados de las plantas. Los carnívoros se alimentan de los herbívoros y de otros carnívoros, los parásitos se alimentan de todos los niveles tróficos. Hay animales que se alimentan de organismos muertos y en general, en los ecosistemas se forman redes tróficas complejas en donde las moléculas nitrogenadas se transfieren de un nivel al otro.

Las proteínas son los compuestos nitrogenados más abundantes en el cuerpo de los animales. Algunas proteínas presentes en los animales son: la actina, la miosina, la hemoglobina, la queratina, la albumina, la insulina, las enzimas y los anticuerpos. Los principales desechos animales son las heces y la orina. En la orina el nitrógeno se desecha en algunos animales como urea y en otros como amonio (Molles, 2008).

La biósfera toma el nitrógeno de la solución del suelo, de los cuerpos de agua o de materia orgánica viva o muerta y libera el nitrógeno a las otras esferas en sus exudados, en sus desechos, en las porciones de tejido que pierde y al morir. De igual manera, cuando se quema biomasa se libera el nitrógeno presente en los tejidos a la atmósfera, a la hidrósfera y a la geósfera. A nivel local, algunos ecosistemas como los agroecosistemas, los sistemas de producción pecuaria y las explotaciones forestales pierden gran cantidad de nitrógeno y de otros nutrientes cuando exportan parte de su producción de materia orgánica a los centros urbanos (Orozco Patiño, 1999).

## 4 Metodología

### 4.1 Prueba Diagnóstica

Como punto de partida para el desarrollo de esta propuesta de aula, se diseñó y aplicó una prueba diagnóstica escrita (ver **Anexo A**), la cual permitió explorar las ideas previas de los estudiantes con relación a los conceptos relevantes para entender los conceptos sobre los ciclos biogeoquímicos, temática a abordar en el aula. El objeto de esta exploración fue detectar los esquemas de pensamiento de los estudiantes; tanto los que presentan un mayor acercamiento a los modelos científicos, como los que presentan un carácter erróneo, alternativo o descontextualizado y comprender a partir de estos resultados las dificultades de aprendizaje.

Durante el diseño del instrumento se procuró diferenciarlo de la evaluación cotidiana, se aclaró a los estudiantes que el ejercicio se apartaba de los elementos formales de evaluación y que por lo tanto el resultado del mismo no iba a influir en las notas del periodo académico en curso; además se solicitó que lo diligenciaran individual y libremente.

Para el análisis de las respuestas, adaptando la metodología usada por Gómez Ríos (2013) y considerando las recomendaciones del equipo de trabajo del Centro de Experimentación Escolar de Pedernales (CEEP, 1998). Las ideas se discriminaron en varios niveles de acuerdo con la frecuencia con que se repitieron en las respuestas las mismas categorías de ideas. De ello se derivan cuatro niveles de respuesta. Las ideas previas se agruparon en la misma categoría cuando la respuesta de un estudiante era muy similar a la de otro o empleaba sinónimos, así:

- Nivel I: respuestas con una frecuencia de más de 9 estudiantes, que corresponden el 33,33% de la población analizada.
- Nivel II: respuestas con una frecuencia de entre 5 a 8 estudiantes, correspondientes a un rango entre el 18,5 y 29,6 % del total.
- Nivel III: frecuencia entre 3 a 4 estudiantes con respuestas que comprenden entre el 11,1 y 14,8% del total evaluado.
- Nivel IV: frecuencia entre 1 y 2 estudiantes correspondientes a menos del 7,4% de la población en evaluación.

### 4.2 Diseño de la propuesta de aula

Después de revisar los referentes disciplinares y epistemológicos del ciclo del nitrógeno y de realizar el diagnóstico de conceptos previos se procedió a decantar los principales conflictos cognitivos que presentan los estudiantes de la población objetivo y los conceptos temáticos de la propuesta para identificar las necesidades específicas de la población objetivo y con esas herramientas, se diseñó una estrategia de aula. Al implementar la estrategia, se contribuye a poner en conflictos las teorías que maneja el niño y a asociarlas con los nuevos conceptos. Como estrategia didáctica se construyó una cartilla dirigida al docente, la cual no fue posible incluir en este documento; debido a que el tamaño del

mismo superaría las páginas permitidas para el trabajo de grado. Además, para facilitar su uso a otros maestros del nivel nacional y para difundir la cartilla al público en general, la estrategia se publicó en un blog y se encuentra disponible en el enlace: [nidialuengas.blogspot.com](http://nidialuengas.blogspot.com)

## 5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez aplicada la prueba diagnóstica al grupo objeto de estudio, se realizó un análisis general cualitativo y descriptivo de las respuestas dadas por los estudiantes. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

La prueba se aplicó en total a 27 estudiantes, 10 varones y 17 niñas, de los grados sexto (15 estudiantes) y séptimo (12 estudiantes) de educación básica, de la Sede Rural Lagunilla I.E Nuestra Señora del Rosario, en dos sesiones separadas; cada una de 50 minutos, sin que los estudiantes supieran que iban a continuar en la siguiente sesión.

Las preguntas 1 y 2 exploraban las percepciones de los estudiantes con relación a las esferas terrestres y a la presencia de la vida en ellas.

Al analizar la primera pregunta: **La Tierra está compuesta por varias esferas o capas. Liste las esferas terrestres que conoce.**

Se encontró que la mayoría de los estudiantes dejó la respuesta en blanco o consignó ideas vagas. En el segundo nivel se encontró que los estudiantes escribieron en su listado por lo menos una subcapa de las cuatro grandes esferas terrestres como: capa de ozono, litósfera, corteza terrestre, manto, núcleo, etc. En un tercer nivel se destacaron las respuestas que incluyen elementos del paisaje; los estudiantes relacionaron las esferas terrestres con los planetas u otros cuerpos celestes y algunos incluyeron las palabras atmósfera, litósfera, capa de ozono y materia. En la cuarta categoría se muestran ideas menos relevantes, conceptos propios de las ciencias de la tierra usados fuera de contexto como: eje terrestre, meteoritos, plataforma continental, tectónica, magma, etc. (Tabla 1) Esto indica que aunque los estudiantes han estado en contacto con los conceptos alrededor de las esferas terrestres, no tienen claridad sobre la composición del planeta, ni sobre la categorización de cada una de las capas.

Al revisar la segunda pregunta **“¿Cuáles esferas terrestres albergan vida?”** se encontró que la mayoría de los estudiantes dejó la respuesta en blanco, o consignó ideas vagas o ilógicas. En el segundo nivel se encontraron respuestas en donde los estudiantes contestaron con elementos del paisaje. En el tercer nivel se incluyeron las respuestas que consideraban como capas que albergan vida al suelo, al agua o a cuerpos de agua, a la atmósfera, a la capa de ozono y a la materia. En el cuarto nivel, las ideas menos relevantes incluyeron a la litósfera, a la esfera terrestre, a la esfera nuclear o al dióxido de carbono como capas que albergan vida y a las respuestas que relacionaron las esferas que albergan vida con la contaminación. Lo anterior muestra que los estudiantes tienen dificultades para reconocer las esferas donde hay vida porque no saben cuáles son las esferas de las que está compuesta la tierra, lo que probablemente llevó a la mayoría a no contestar, a contestar con frases vanas o ilógicas y a recurrir a los elementos del paisaje como sitios donde hay vida. Algunos estudiantes evidenciaron la

presencia de vida en el suelo, en el agua, en los cuerpos de agua, en la atmósfera, en el aire, en la vegetación, en los animales, en la litósfera, en la capa de ozono o en la materia (Tabla 2).

Tabla 2 Síntesis de las respuestas 1 y 2 del instrumento diagnóstico de conceptos previos

Tópico	Elemento Indagado	Nivel	Categorías de ideas al interior de las respuestas.	Ejemplo de frase usada en las explicaciones
Esferas terrestres	Listado de las conocidas	I	1. En blanco o ideas vagas	1 “Esferas que tienen capas alrededor de las esferas.”
		II	1. Incluyeron en la lista una o más subcapas terrestres.	1. “El núcleo el manto la corteza terrestre y el magma que se encuentra debajo de la tierra.”
		III	1. Mencionaron elementos del paisaje. 2. Mencionaron la atmósfera. 3. Mencionaron la capa de ozono. 4. Mencionaron la litósfera 5. Relación con planetas u otros cuerpos celestes 6. Incluyeron materia en sus listados.	1. “vegetación aire suelo rocas agua animales.” 2. “atmósfera, litósfera y capa de ozono”. 3. “atmosférica, capa de ozono y plataforma”. 4. “litósfera, esfera terrestre” 5. “está compuesto de la tierra, el sol, el agua, la luna, Saturno, Urano, nocturno, júpiter.” 6. “la capa de ozono y la materia”
		IV	1. Incluyeron vocabulario propio de las ciencias de la tierra fuera de contexto.	1. “tierra marte júpiter Saturno venus son los planetas la capa tectónica y las galaxias que hay en el espacio como los meteoritos y los satélites”.
Esferas terrestres	Las que albergan vida	I	1. Respuestas en blanco, vagas e ilógicas.	1. “las esferas terrestres tienen vida cotidiano también la vida terrestre es la mejor vida”.
		II	1. Mencionaron elementos del paisaje.	1. “vegetación aire suelo agua animales”.
		III	1. Mencionaron el suelo. 2. Mencionaron el agua o los cuerpos de agua. 3. Mencionaron la atmósfera. 4. Incluyeron a la capa de ozono. 5. Consideraron la materia.	1. “las esferas terrestres que albergan que tienen vida son el suelo porque ahí es donde se producen los árboles”. 2. “los animales los ríos los mares el agua etc.” 3. “las esferas terrestres que albergan vida es la atmósfera y a la capa de ozono” 4. “La capa de ozono y la litósfera”. 5. “la materia”
		IV	1. Incluyeron la litósfera 2. Mencionaron el dióxido de carbono. 3. Incluyeron la esfera terrestre y /o la esfera nuclear. 4. Relacionaron con contaminación.	1. “la capa de ozono y la litósfera. 2. “el agua el CO2 y cosas más o menos así” 3. “La esfera terrestre y la esfera nuclear que está por debajo de la tierra”. 4. “las esferas terrestres que albergan mi vida es la que tiene contaminación al interior de ella.”

Las preguntas 3, 4, 5, 6, 7 y 26 (ver Anexo A) indagaron los preconceptos de los estudiantes alrededor de la materia. En el enunciado 26 se observó que la mayoría de los estudiantes reconocen que hay materia en los cuerpos de los animales, del hombre y de las plantas; en cosas y materiales inertes, en desechos, en materia orgánica en descomposición y en elementos del paisaje como nubes, montañas, ríos, etc. Al responder la pregunta 3 **¿Qué es materia?** se hizo visible que a los estudiantes les cuesta definir materia y cuando la definen, hacen definiciones incompletas que mencionan solamente una característica o hacen definiciones erradas. Cabe anotar que algunos estudiantes definieron materia

refiriéndose al líquido que se desprende de las heridas infectadas, usado en contextos no científicos. Las respuestas a las preguntas 4, 5, 6 y 7 también mostraron desconocimiento por parte de los estudiantes de los conceptos relacionados con la materia y la composición de la misma. La mayoría de los estudiantes no respondió o usó en sus respuestas frases vagas e incoherentes y predominaron las respuestas de tercer y cuarto nivel, que denotan la falta de consenso en los conceptos. Los pocos que respondieron tuvieron conceptos diferentes (Tabla 3). Además hay confusión entre los conceptos partícula, átomo, molécula, compuesto, elemento y célula. Al grupo se le dificultó especialmente responder la quinta pregunta ¿En qué se diferencian los cambios químicos de los cambios físicos?, lo que indica que en general no diferencian entre un cambio físico y un cambio químico y como no se han apropiado del concepto de molécula, tampoco tienen claridad en el de biomolécula.

**Tabla 3 Síntesis de las respuestas 3, 4, 5, 6, 7 y 26 del instrumento diagnóstico de conceptos previos.**

Tópico	Elemento indagado	Nivel	Categorías de ideas al interior de las respuestas.	Ejemplo de frase usada en las explicaciones
Materia	Definición	I		
		II	1. En blanco o ideas vagas	1. “La materia es algo que tiene materia es una bolsa una suela de un zapato.”
		III	1. Usaron los cambios físicos y químicos en sus definiciones. 2. Definieron materia como un objeto o como cosa con alguna característica. 3. Lo que ocupa un lugar. 4. Algo con infección o poblado de microbios o bacterias; lo que se desprende de un tejido infectado. 5. Aquello de lo que están compuestos los átomos. 6. Lo vivo	1. “la materia es la naturaleza que tiene cambios físicos y químicos.”  2. “la materia es un objeto que puede tener vida o no”  3. “la materia puede ser un objeto que ocupa un lugar” 4. “la materia es la que le sale a uno del cuerpo cuando tiene heridas o lo que se mueve en una cortada.”  5. “La materia es todo lo que compone los átomos.”  6. “La materia es todo lo que tiene vida como los árboles...”
		IV	1. Lo que no siente o está muerto. 2. Lo perceptible por los órganos de los sentidos.  3. Algo en descomposición.  4. Un compuesto  5. Una fuente de vida  6. Lo que se mueve y no se mueve por sí mismo.	1. “La materia es algo que no siente es algo que está muerto” 2. “lo que se toca, lo que se palpa, pero a veces no logramos verlas solo con microscopio”. 3. “materia es algo que se descomponen y luego llegan las bacterias y por eso se alimentan” 4. “materia es un compuesto”.  5. “Materia es lo que tiene al hombre de pies y le da vida a todos”. 6.”Materia es todo lo que se mueve o no se mueve por sí solo”
Materia	Composición	I	1. En blanco o ideas vagas	1. “La materia está hecha por varios factores que están en un ecosistema biótico y no abiótico.”
		II	1. De elementos químicos o usaron ejemplos de elementos químicos en sus respuestas.	1. La materia está compuesta por hidrógeno carbono y muchos elementos químicos como el aire”.
		III	1. De químicos o de compuestos químicos o de químicos y otros.	1. “La materia está hecha de químicos” 2. La materia está hecha de moléculas compuestos químicos unicelulares”.



			<ol style="list-style-type: none"> <li>De moléculas o de moléculas y otros.</li> <li>De átomos y otros.</li> <li>De partículas, de partículas y otros o de partículas con alguna característica.</li> <li>De células y otros</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>“la materia está hecha de átomos y materia.</li> <li>“la materia está hecha de partículas y átomos”.</li> <li>“la materia está compuesta por células que tenemos en ella</li> </ol>
		IV	<ol style="list-style-type: none"> <li>De cambios físicos y químicos.</li> <li>De materiales específicos.</li> <li>De organismos unicelulares.</li> <li>De masa</li> <li>Relacionaron con contaminación.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>la materia está compuesta por los cambios que son químicos y físicos.</li> <li>“la materia está hecha por madera y barro y muchas cosas”</li> <li>“La materia está hecha de bacterias, también microbios y hongos”.</li> <li>“la materia está hecha por masa”.</li> </ol>
	Diferencias entre cambio químico y cambio física	I	1. Respuestas en blanco, vagas e ilógicas.	1. “los cambios químicos se diferencian de los cambios físicos en que el cambio físico es como un pan con hongo”.
		II		
		III		
		IV	<ol style="list-style-type: none"> <li>De acuerdo a la belleza.</li> <li>En relación al crecimiento</li> <li>Bueno o malo para la salud.</li> <li>De acuerdo a la percepción.</li> <li>Involucran combustión</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>“Se ponen feas y en el otro se pone bonitas”.</li> <li>“Los cambios químicos ayudan a crecer y los cambios físicos pueden estar muriendo”.</li> <li>“Los cambios químicos son malos para la salud y los físicos no”</li> <li>“Los cambios físicos se notan mientras que los químicos no”</li> <li>“Cambio químico es como cuando se quema un palo”</li> </ol>
	Diferencia entre una molécula y un elemento químico	I	1. Respuestas en blanco, vagas e ilógicas.	1. “una molécula se diferencia de un elemento químico en que juntas son distintas”.
		II		
		III	1. Efecto en la salud	“La molécula es buena para el cuerpo y el químico es malo para la salud”.
		IV	<ol style="list-style-type: none"> <li>Por la cantidad de cosas que contiene</li> <li>Por el origen</li> <li>Presencia en el cuerpo o parte del cuerpo.</li> <li>Presencia de vida</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>“Un elemento está compuesto por muchas cosas y la molécula no”.</li> <li>“Una molécula es de un animal y un elemento es de donde hay agua”.</li> <li>“La molécula la tiene uno en el cuerpo y el elemento químico uno lo construye”.</li> <li>“La molécula tiene vida y lo químico no tiene vida y le hace daño al cuerpo”.</li> </ol>
	Definición de biomolécula	I	1. Respuestas en blanco, vagas e ilógicas.	1. “La biomolécula es una pertinencia de molécula”.
		II		
		III	1. Algo similar a una molécula	Es como una molécula pero con una diferencia
		IV	<ol style="list-style-type: none"> <li>Pertenece a la familia de las moléculas.</li> <li>Tipo de microorganismo</li> <li>Es un elemento</li> <li>Constituyente del cuerpo.</li> <li>Tipo de célula</li> <li>Fuente de vida o de bienestar</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>La biomolécula es prima de la molécula.</li> <li>Es un tipo de bacteria</li> <li>La biomolécula es un elemento compuesto por masa</li> <li>“La biomolécula es algo de lo que se compone el cuerpo de la persona, los animales y las plantas”</li> </ol> <p>Las biomoléculas son tipos de células.</p>

				Las biomoléculas ayudan al ser humano a vivir mejor y a no enfermarse.
	Listado de lo que tiene materia	I	Llenaron todos los espacios del listado incluyendo en el listado seres vivos como personas, animales y plantas, materiales o cosas no vivas, elementos del paisaje como montañas, ríos, rocas, sol y nubes y materia orgánica en descomposición o desechos.	Casa, canasta, carretilla, azadón, ropa, estiércol, piedras, guarumos, caucho, manzano, huesos, tusas, fiques, barco, cerca, alambre, botas, montañas, personas, vaca, caballo, chivo, pájaro, conejo, nevado, columna sombrero.
		II	No diligenciaron todos los espacios disponibles.	
		III	No contestaron	
		IV	Incluyeron en el listado solamente cosas o materiales no vivos. Listaron solamente seres vivos. No incluyeron seres humanos.	Tejas, ventanas, puerta, tabla, postes, cerca, puntillas, hacha, carretilla.  Pájaro, caballo, vaca, cabra, ternero, hombre, mujer, árboles, marranitos, perro, semillas, pasto, toro, plantas, conejo.

Las preguntas 8, 9 y 10 indagaron a cerca de los ciclos biogeoquímicos. Cuando se les solicitó a los estudiantes realizar una lista con palabras relacionadas con ciclo o cíclico, la mayoría realizó listas, donde el ciclo del agua, el ciclo del carbono y el ciclo del nitrógeno aparecieron en nivel uno. En el nivel dos se registraron los medios de transporte de dos ruedas, los deportes y los espacios para usarlos, ciclos alusivos al tiempo y ciclo de vida o etapas de la vida. En las categorías de tercer nivel se encontró el ciclo del oxígeno y las respuestas en blanco. Como conceptos menos relevantes en el grupo se encontraron los ciclos de reencarnación, de alguna asignatura, de mantenimiento y palabras relacionadas con reproducción o embarazo.

La mayoría de los estudiantes no definió los prefijos bio y geo o hizo definiciones erradas o imprecisas; la mayoría registró palabras con los prefijos. En el segundo nivel de respuestas se encontraron los estudiantes que incluyeron las palabras biología y geografía en el listado; mientras que en el tercer nivel se encontraron quienes definieron bio como naturaleza y geo como geoquímico, relacionando este último con sustancias tóxicas. Dentro de las categorías de cuarto nivel se encontraron las definiciones de geo como geografía y la relación de geo con minerales.

Cuando se solicitó una definición de ciclo biogeoquímico la gran mayoría de los estudiantes no contestaron o respondieron con ideas incoherentes o vagas, no hubo categorías de segundo nivel. En las categorías de tercer nivel se encontraron las definiciones relacionadas con cambios químicos, las relacionadas con el ciclo del agua y las definiciones erradas donde se fraccionó la palabra. En el cuarto nivel de respuestas se encontraron definiciones que relacionaron el ciclo de algún elemento, la idea de que biogeoquímico es una asignatura y la idea de que se trata de un compuesto o sustancia (Tabla 4). En general se aprecia que los estudiantes no conocen el significado de la palabra químico, ni el de los prefijos bio y geo, además no han apropiado correctamente el concepto biogeoquímico.

**Tabla 4 Síntesis de las respuestas 8, 9 y 10 del instrumento diagnóstico de conceptos previos.**

Tópico	Elemento indagado	Nivel	Categorías de ideas al interior de las respuestas.	Ejemplo de frase usada en las explicaciones
Ciclos biogeoquímicos	Listado de palabras relacionadas con	I	1. Escribieron en su lista el ciclo de por lo menos un elemento.	1. 4. "Ciclo del agua, ciclo del carbono, ciclo del nitrógeno, ciclo del hidrógeno, ciclo del carbono"

	ciclo y cíclico		<ol style="list-style-type: none"> <li>Mencionaron el ciclo del agua</li> <li>Incluyeron en la lista el ciclo del carbono.</li> <li>Incluyeron el ciclo del nitrógeno</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Como el ciclo del agua o como terminar un grado</li> <li>Es un respectivo tiempo o donde conviven seres vivos y muertos por ejemplo el ciclo del carbono o nitrógeno.</li> </ol>
		II	<ol style="list-style-type: none"> <li>Incluyeron medios de transporte de dos ruedas, deportes o espacios para usarlos.</li> <li>Incluyeron ciclos de tiempo.</li> <li>Incluyeron ciclo de la vida o etapas de la vida</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Ciclovía ciclismo ciclomontaña ciclo del agua</li> <li>Cuando termina la hora término, el ciclo de año o cuando está esperando.</li> <li>Agua, nitrógeno, ciclo de la vida, ciclo de la muerte, el ciclo del agua, el ciclo del carbono</li> </ol>
		III	<ol style="list-style-type: none"> <li>En blanco.</li> <li>Incluyeron en la lista el ciclo del oxígeno.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Ciclo de la vida, ciclo del agua, ciclo del aire, ciclo del oxígeno, ciclo de la materia, ciclo de la tierra, ciclo de la naturaleza</li> </ol>
		IV	<ol style="list-style-type: none"> <li>Ciclos biológicos</li> <li>Alusión al ciclo de alguna asignatura o al plan de estudios.</li> <li>Embarazo o alusivo a reproducción.</li> <li>Ciclo de mantenimiento..</li> <li>Reencarnación</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>"Ciclo del agua, ciclo del carbono.</li> <li>Ciclo de matemáticas ciclo de estudio.</li> <li>Ciclo de reproducción ciclo de nacimiento."</li> <li>Ciclo de mantenimiento</li> <li>Ciclo de reencarnación</li> </ol>
Ciclos biogeoquímicos	Definición de los prefijos bio y geo y palabras que los contienen.	I	<ol style="list-style-type: none"> <li>No contestaron.</li> <li>No definieron ninguno de los prefijos o hicieron definiciones incoherentes.</li> <li>Hicieron listas de palabras con los prefijos bio y geo</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>"Se relaciona con biótico, bioquímica, bionatural, biología biosfera.</li> <li>Geo se usa para decir palabras como geografía, geomática, geometría que se usan mucho en naturales."</li> </ol>
		II	<ol style="list-style-type: none"> <li>Incluyeron biología en el listado.</li> <li>Incluyeron geografía en el listado.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Para mí bio significa biótico, bioquímica, biología biológica.</li> <li>"geografía, geometría".</li> </ol>
		III	<ol style="list-style-type: none"> <li>Definieron bio como naturaleza.</li> <li>Definieron geo como geoquímico y lo relacionaron con sustancias tóxicas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>"Bio se relaciona con el nombre de la naturaleza".</li> <li>"Geoquímico es una sustancia tóxica que puede causar mucho daño a otra planta o animal".</li> </ol>
		IV	<ol style="list-style-type: none"> <li>Definieron geo como geografía.</li> <li>Relacionaron geo con minerales.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>"Para mí geo significa geografía, que habla de lluvias y de diversidad natural sobre los pueblos".</li> <li>"Geo es una materia con mineral".</li> </ol>
Ciclos biogeoquímicos	Definición	I	<ol style="list-style-type: none"> <li>En blanco, vaga e incoherente.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>"Está compuesta por el ciclo del suelo y el ciclo del agua entre otras".</li> </ol>
		II		
		III	<ol style="list-style-type: none"> <li>Relación con cambios químicos</li> <li>Relación con el ciclo del agua</li> <li>Definió de manera incorrecta, por separado cada fracción de la palabra</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>"Creo que se habla de los cambios químicos".</li> <li>"Es como el ciclo del agua".</li> <li>"Bio entiendo biología y por geo entiendo geografía y químico es todo lo que tiene que ver con experimentos"</li> </ol>
		IV	<ol style="list-style-type: none"> <li>Relación con ciclos específicos de elementos</li> <li>Es un campo de estudio, una ciencia o una asignatura.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Es como un ciclo al igual que los demás ciclos como el ciclo del carbono o el ciclo del nitrógeno.</li> <li>Son materias importantes que ayudan para conservar la naturaleza.</li> </ol>

			3. Es un compuesto o una sustancia.	3. Está compuesto de materia que se revuelven y dan una sustancia.
--	--	--	-------------------------------------	--

Las preguntas 11, 12 y 13 indagaron sobre la composición del aire, del suelo y de los seres vivos. En cuanto al significado del aire y su composición no hubo en las respuestas una categoría de nivel uno, se destacaron en nivel 2 las respuestas en blanco, la idea de que el aire es necesario para la vida y que tiene agua en su composición. En el nivel tres se encontraron las ideas de que el aire es viento o está compuesto de viento, que tiene bacterias en su composición y la presencia de nitrógeno, carbono, gas carbónico e hidrógeno. En el nivel cuatro hay 20 ideas acerca de la definición y la composición del aire, algunas similares y otras complementarias (Tabla 5).

Cuando se indagó por la composición de las células se encontró que no hay ninguna categoría de ideas de nivel uno o nivel dos, las repuestas en blanco estuvieron en nivel dos. En el nivel tres se encuentran las ideas de que: el núcleo hace parte de la composición de las células; las células están hechas de bacterias y los órganos o ejemplos de órganos se encuentran dentro de los componentes celulares. Menos representativo es el cuarto nivel donde se encuentran 21 categorías de ideas (Tabla 5).

**Tabla 5 Síntesis de las respuestas 11, 12 y 13 del instrumento diagnóstico de conceptos previos.**

Tópico	Elemento indagado	Nivel	Categorías de ideas al interior de las respuestas.	Ejemplo de frase usada en las explicaciones
Aire	Definición y composición	I		
		II	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En blanco.</li> <li>2. Algo necesario para vivir.</li> <li>3. Está compuesto de agua.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. “El aire nos ayuda para nuestra supervivencia”</li> <li>3. “El aire está compuesto por hidrógeno por agua y nitrógeno.</li> </ol>
		III	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Es sinónimo de viento.</li> <li>2. Está compuesto de viento.</li> <li>3. Está compuesto por bacterias.</li> <li>4. Está compuesto por hidrógeno.</li> <li>5. Está compuesto por nitrógeno.</li> <li>6. Está compuesto por carbono.</li> <li>7. Está compuesto por CO<sub>2</sub></li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. “El aire es un viento que mueve las olas del mar y está compuesto por agua”</li> <li>2. “Está compuesto por viento”</li> <li>3. “Está compuesto de carbono, hidrógeno y por último el oxígeno.”</li> <li>4.5.6. “Está compuesto de nitrógeno, hidrógeno, carbono y células”.</li> <li>5.7. “El aire está compuesto por moléculas bacterias agua y CO<sub>2</sub></li> </ol>
		IV	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Está compuesto de materia.</li> <li>2. Es un ciclo</li> <li>3. Es una fuerza</li> <li>4. Está compuesto de gases.</li> <li>5. Está compuesto de nubes.</li> <li>6. está compuesto de petróleo.</li> <li>7. Es un elemento químico.</li> <li>8. Está compuesto por elementos químicos.</li> <li>9. Está compuesto por gas natural.</li> <li>10. Está compuesto por gas lacrimógeno.</li> <li>11. Está compuesto por</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. “El aire está compuesto por materia”.</li> <li>2. “El aire es básicamente un ciclo”</li> <li>3. “El aire es una fuerza que mueve los árboles”</li> <li>4. “El aire está compuesto de dióxido de carbono y gas natural”</li> <li>5. “Contiene gas lacrimógeno, gas carbono y agua”</li> <li>6. “El aire es el que nos da oxígeno”.</li> <li>7. “El aire es el que se respira”</li> <li>8.20. “El aire sirve para tomar aire”</li> <li>9. “Está formado por átomos invisibles”</li> </ol>

			<p>mineral.</p> <p>12. Está compuesto por moléculas.</p> <p>13. Está compuesto por células.</p> <p>14. Está compuesto por átomos.</p> <p>15. Es un elemento de la naturaleza.</p> <p>16. Es fuente de vida</p> <p>17. Interviene con la respiración.</p> <p>18. Es una fuente de oxígeno.</p> <p>19. Es un frío.</p> <p>20. Algo que se toma o absorbe.</p>	<p>10. “Está formado por agua, nube, aire...”</p> <p>11. “Está compuesto de mineral y agua”</p> <p>12.18. “El aire está compuesto por oxígeno que viene de la atmósfera”</p> <p>13. “El aire es elemento de la naturaleza”</p> <p>14. “El aire está compuesto de elementos químicos y muchas cosas más.</p> <p>15. “Está compuesto de gases petróleo.</p> <p>16. “El aire es como un frío que le pasa a las personas por el cuerpo”</p>
Suelo	Definición y composición	I		
		II	<p>1. En blanco</p> <p>2. Sinónimo de tierra.</p> <p>3. Incluyen en su composición a las bacterias y/o los microorganismos.</p> <p>4. En su composición mencionan la materia orgánica o algún elemento de la materia orgánica en descomposición.</p>	<p>1.</p> <p>2. “El suelo es una tierra y está compuesto por masa.”</p> <p>3.4. “El suelo es compuesto por materia orgánica e hidrógeno y carbón y abono verde...”</p>
		III	<p>1. Soporte para pararse o anclarse.</p> <p>2. Sitio donde viven animales, plantas y/o el hombre.</p> <p>3. En relación con la agricultura y la alimentación.</p> <p>4. Compuesto por abono.</p> <p>5. Compuesto por agua</p> <p>6. Incluyen en su composición al aire o la atmósfera.</p> <p>7. Incluyen agua en su composición</p>	<p>1. “El suelo es algo para sembrar los cultivos trabajarlos”</p> <p>2.5.6.7. “El suelo está compuesto de todos los barros, de aire agua oxígeno...”</p> <p>“el suelo es donde nosotros vivimos”</p> <p>3. “El suelo es donde nos podemos parar o sentar ...”</p> <p>4. “El suelo está compuesto de materia orgánica y nos da agua...”</p> <p>“el suelo está compuesto por tierra abono y todos los animalitos que viven debajo de la tierra”</p>
		IV	<p>1. Compuesto por raíces</p> <p>2. Compuesto por seres vivos o ejemplos de ellos.</p> <p>3. Relacionado con fuente de infección</p> <p>4. Depósito de basura o mugre.</p> <p>5. Sitio donde hay sustancias tóxicas.</p> <p>6. Es la corteza terrestre</p> <p>7. Está formado por capas.</p> <p>8. Asociado con continentes o zona continental</p> <p>9. Algo fértil</p> <p>10. Importante para los seres vivos.</p> <p>11. Compuesto por materia.</p> <p>12. Compuesto por masa</p> <p>13. Compuesto de piedras o rocas.</p> <p>14. Compuesto de hidrógeno</p> <p>15. Compuesto de carbón.</p> <p>16. Compuesto de barros</p> <p>17. Compuesto de oxígeno</p> <p>18. Compuesto por elementos.</p>	<p>1. “está compuesto de plantas, oxígeno bacterias animales raíces carbono etc.”</p> <p>2.10. “El suelo está compuesto por materia, es muy importante para los seres vivos ya que es un elemento fundamental para las plantas ya que por medio de ella nos alimentamos”.</p> <p>3.4. El suelo está compuesto por tierra muchas infección mucha bacteria y mucho mugre”</p> <p>5.11. “El suelo es una materia donde hay mucha basura y está compuesto por varios elementos como la tierra, bacteria y sustancias tóxicas.</p> <p>6. “El suelo es la corteza terrestre y está compuesto por animales en descomposición, plantas, bueno etc.”</p> <p>7. “está compuesto por capas de tierra”</p> <p>8. “está compuesto por mucho continente.”</p> <p>9. “El suelo es algo fértil”</p> <p>13. 16. “de piedras y de barros”</p> <p>14.17.18. “el suelo está compuesto por</p>

			19. Compuesto por átomos. 20. Es un territorio.	varias clases de elementos como decir tiene nitrógeno oxígeno hidrogeno...” 19.20. “El suelo es un territorio que tiene mucha tierra y está compuesto por átomos invisibles”.
Seres vivos	Composición de las células.	I		
		II	1. Respuestas en blanco	
		III	Las células están hechas o compuestas de: 1. Bacterias 2. Algún órgano 3. Núcleo y otros	1. Están hechas de bacterias, de moléculas de sangre y demás” 2. Está hecha de células orgánicas que son: el hígado el intestino la apéndice. 3. Están hechas de un núcleo y de materia”.
		IV	Las células están compuestas por: 1. Materia 2. Agua 3. Materia prima 4. Átomos 5. Algo muy pequeño 6. Hidrógeno 7. organismos 8. Sangre 9. Carbono 10. Citoplasma 11. Biomoléculas 12. Partículas 13. Unicelulares 14. Microbios 15. Compuestos 16. Núcleo 17. Sales 18. Líquidos 19. Alimentos 20. Tejidos 21. Sustancias tóxicas	1. “de materia y agua” 2. 6. 9. “ de agua e hidrógeno carbono” 3. “por mucha materia prima” 4. 5. “están hechas de átomos que son muy pequeños tampoco los podemos ver” 7.”Las células están hechas de bacterias y organismos que se mueven” 8. “están hechas de sangre” 10. “están hechas de citoplasma” 11. 1. “de materia de biomoléculas entre otras” 12. 13. “está hecha por partículas unicelulares” “14. también están formadas por microbios unicelulares” 15. “están formadas por compuestos y oxígeno” 16. “de un núcleo y de materia orgánica” 17. 18. De sales, líquidos y organismos” 19. De los alimentos que dan las plantas” 20. 21 Por varios tejidos y sustancias tóxicas.

Las preguntas 15, 16 y 17 se relacionaron con el tópico materia orgánica. La mayoría de los estudiantes no respondió al enunciado 15, no hubo ideas categorizadas en los niveles uno y dos. En el nivel tres se encuentran las ideas: la materia orgánica se puede usar como abono en los cultivos, la diferencia entre materia orgánica e inorgánica está relacionada con la descomposición y la materia orgánica se puede diferenciar de la inorgánica en la presencia de vida, mientras que en la categoría de cuarto nivel se encuentran 9 ideas muy particulares de uno o dos estudiantes (Tabla 6). Al analizar el enunciado 16 se encontró que más del 60% de los estudiantes no respondieron o lo hicieron con ideas vagas o incoherentes. No hubo ninguna idea en el segundo nivel, la mayoría de los conceptos se categorizaron en los niveles 3 y 4. En general las respuestas indican que la mayoría de los estudiantes no reconoce procesos donde la materia inorgánica pasa a ser orgánica y desconocen el concepto de materia inorgánica, además algunos confunden la materia inorgánica con la materia orgánica muerta.

La mayoría de los estudiantes resolvió la pregunta 17 (anexo A), se presentaron respuestas en blanco en nivel dos, pero no se presentó ninguna respuesta ni vaga ni incoherente, la mayoría de las ideas se

ubicaron en los niveles tres y cuatro. Los estudiantes resolvieron con conocimiento y propiedad esta respuesta, describieron el proceso y dejaron ver en sus respuestas detalles del proceso de descomposición. La mayoría de las ideas sobre el tópico materia orgánica se ubicaron en nivel cuatro; en general muestran que los estudiantes que resolvieron los enunciados 15, 16 y 17 conocen de cerca y están familiarizados con la descomposición de materia orgánica, pero desconocen o confunden el vocabulario científico asociado al tópico (Tabla 6).

Tabla 6 Síntesis de las respuestas 15, 16 y 17 del instrumento diagnóstico de conceptos previos.

Tópico	Elemento indagado	Nivel	Categorías de ideas al interior de las respuestas.	Ejemplo de frase usada en las explicaciones
Materia orgánica	Diferencia con materia inorgánica	I	1. En blanco o incoherentes	1. "La materia se define en inorgánica de la diferencia y la orgánica de más."
		II		
		III	1. Se puede o no usar como abono o agregar a los cultivos. 2. Se relaciona con la descomposición. 3. Presencia de vida	1. "La materia orgánica se diferencia de la orgánica en que la orgánica la podemos utilizar como abono y la inorgánica no" 2. "la materia orgánica se descompone y la materia inorgánica no" 3. "la materia orgánica tiene mucha más vida que la inorgánica"
		IV	1. Posibilidad de dañarse. 2. Posibilidad de descomponerse 3. Lugar 4. Grado de descomposición 5. Velocidad de descomposición 6. Cantidad de nutrientes 7. Grado de contaminación 8. Color 9. Viva o muerta	1. "La materia orgánica es de todos los desechos y la inorgánica es las cosas que no se dañan" 2. "la materia orgánica se descompone y la materia inorgánica no" 3. "es porque no están en el mismo sitio" 4. "la materia orgánica es como la cereza de café que se va descomponiendo inorgánica es algo totalmente descompuesto" 5. "la orgánica se descompone más rápido que la inorgánica" 6. "una tiene más nutrientes que la otra" 7. "La materia orgánica con menos bacterias mientras que la inorgánica está más contaminada" 8. "Una es de diferente color y la otra no, se vuelve siempre negra" 9. La materia orgánica es viva y la materia inorgánica es muerta".
Materia orgánica	Ejemplo donde la materia inorgánica pasa a ser materia orgánica	I	1. En blanco o incoherentes o vagas	1. "la materia inorgánica se obtiene teniendo en cuenta que los seres vivos tienen mucha materia".
		II		
		III	1. La materia inorgánica pasa a ser materia orgánica cuando se descompone. 2. Cuando algo que no tiene vida se descompone.	1. "la materia inorgánica pasa a ser materia orgánica cuando se descompone..." 2. Una hoja de papel sin vida se puede descomponer y volverse materia orgánica para los cultivos".
		IV	1. Cuando crece vida sobre materia inorgánica. 2. Cuando cambia de lugar 3. Cuando un hongo crece sobre una planta muerta. 4. Por mediación de un animal.	1. "la materia inorgánica pasa a ser materia orgánica cuando la materia inorgánica empieza a tener vida las piedras son inorgánicas cuando no tienen musgo" 2. "cuando se traslada a otro lugar" 3. "Una planta está muerta, allí la materia es inorgánica, pero de esa planta muerta sale un

			5. Por medio de la respiración.	pequeño hongo y ese hongo está compuesto por materia orgánica” 4. “Pues la materia inorgánica pasa a ser orgánica por medio de un animal que primero va a una célula, después traslada a la masa y llega a la orgánica. 5. “por medio de la respiración”.
Materia orgánica	Descomposición	I		
		II	1. Respuestas en blanco	
		III	1. Cuando se bota o se abandona 2. Con el tiempo 3. Cuando muere 4. Se pudre es sinónimo de se descompone. 5. Desprende mal olor en el proceso 6. Se vuelve abono al final del proceso 7. por intervención de animales	1. “Cuando la tira o la deja entonces se descompone” 2. 4. “Cuando pasa el tiempo se va pudriendo” La materia orgánica se descompone a base del tiempo y por el agua el sol y la tierra” 3. 6. 7. “Se descomponen gracias a las bacterias y al resto de animales que hay en la tierra lo cual ayuda a que esto se vuelva abono o fertilizante para todos” 5. Se va poniendo a oler a picho...”
		IV	La materia orgánica se descompone: 1. Por intervención de las bacterias 2. Cuando pasa por el tracto digestivo 3. Con la intervención del agua, el sol y la tierra. 4 En procesos de erosión 5. Por intervención de la naturaleza y los seres vivos 6. La temperatura aumenta durante el proceso 7. Cuando los hongos y otros se alimentan de la materia orgánica 8. Por la intervención de ácidos.	1. “Se descomponen gracias a las bacterias y al resto de animales que hay en la tierra lo cual ayuda a que esto se vuelva abono o fertilizante para todos” 2. “El organismo descompone lo que uno come y después lo saca por el ano” 3. La materia orgánica se descompone a base del tiempo y por el agua el sol y la tierra 4. “La materia orgánica se descompone por ejemplo por el suelo cuando se van barrancos a los ríos y de los ríos pasan al mar” 5. “Se descompone por medio de las plantas, animales, aves toda la naturaleza todos los días” 6. “Se descompone y se pone hirviendo y así se le van las bacterias” 7. “Cuando pasa el tiempo los hongos y animales empiezan a comer y alimentarse de esa materia 8. Gracias a los ácidos”.

Los enunciados 14, 19, 20, 21, 22 y 23 buscan encontrar las ideas previas de los estudiantes con relación a la nutrición. Las respuestas a los enunciados 14 y 15 no arrojaron ninguna idea de primer nivel, los enunciados 19 y 23 mostraron en la categoría de primer nivel a las respuestas sin contestar, vagas e incoherentes. De todos los enunciados solamente se reflejaron tres ideas de primer nivel: La idea de que “*los animales obtienen lo que necesitan del agua*”; “*Yo obtengo los nutrientes que necesito para vivir de lo que como (los alimentos o la comida)*” y “*cuando el organismo muere, los nutrientes almacenados en el ser vivo se descomponen (pudren)*”.

En la categoría de respuestas de segundo nivel se encontraron las siguientes: Los seres vivos necesitan para vivir de agua; los seres vivos necesitan para vivir de aire; los seres vivos necesitan para vivir de alimentación (comida o alimento); los seres vivos necesitan para vivir de suelo; las plantas obtienen los nutrientes del suelo (tierra), las plantas obtienen los nutrientes del agua; las plantas obtienen los nutrientes del sol (radiación solar o luz solar); las plantas obtienen los nutrientes del aire; los animales obtienen los nutrientes que necesitan para vivir de las plantas; los animales obtienen los nutrientes que



necesitan para vivir de la naturaleza; los animales obtienen los nutrientes que necesitan para vivir del aire; obtengo los nutrientes de las plantas; obtengo los nutrientes del suelo (tierra); obtengo los nutrientes de las frutas; obtengo los nutrientes del aire; cuando el organismo que tiene nutrientes almacenados muere los nutrientes se mueren.

En las respuestas de tercer nivel se encontraron las siguientes categorías de ideas: Los seres vivos necesitan para vivir de la naturaleza; los seres vivos necesitan para vivir de las plantas; los seres vivos necesitan para vivir del oxígeno; los seres vivos obtienen lo que necesitan del aire; los seres vivos obtienen lo que necesitan del suelo; los seres vivos obtienen lo que necesitan de la naturaleza; los seres vivos obtienen lo que necesitan las plantas; un nutriente es algo nutritivo (alimenticio); los nutrientes se almacenan en el suelo; los nutrientes se almacenan en el estómago; los animales obtienen los nutrientes que necesitan para vivir de los pastos; los animales obtienen los nutrientes que necesitan para vivir del oxígeno; los animales obtienen los nutrientes que necesitan para vivir del sol (luz solar); los animales obtienen los nutrientes que necesitan para vivir de otros animales; obtengo los nutrientes de los cultivos (la huerta, lo que se siembra. Las respuestas en blanco al enunciado 21 se ubicaron en nivel tres. Las respuestas de nivel cuatro, menos representativas se pueden apreciar en la Tabla 7.

En general se aprecia que los estudiantes se encuentran en contacto con el ecosistema, algunos reconocen al suelo como importante para todos los seres vivos. La gran mayoría tuvo dificultades para definir nutriente y para ubicar el sitio donde se almacena en el ecosistema, o es probable que no estén familiarizados con el concepto de almacenamiento en el contexto ecológico. Se aprecia vagamente que algunos estudiantes respondieron pensando en “ganado” cuando se les indagó sobre animales. Los estudiantes reflejan en sus respuestas su condición de agricultores.

**Tabla 7** Síntesis de las respuestas 14, 19, 20, 21, 22 y 23 del instrumento diagnóstico de conceptos previos.

Tópico	Elemento indagado	Nivel	Categorías de ideas al interior de las respuestas.	Ejemplo de frase usada en las explicaciones
Seres vivos	Necesidades para vivir y origen	I		
		II	Los seres vivos necesitan para vivir de: 1. El agua 2. El aire 3. Alimentación, comida o alimento 4. Suelo o la tierra	1. 3. Necesitan para vivir agua comida pasto abono árboles...” 2. 3. Necesitan para vivir aire comida sana hierba y que tengan un hogar” 4. “los seres vivos necesitan del suelo el agua los pastos las sales...”.
		III	Los seres vivos necesitan para vivir de: 1. La naturaleza 2. Plantas 3. El oxígeno  Los seres vivos obtienen lo que necesitan de: 5. El aire 6. El suelo 7. La naturaleza 8. Las plantas	3. 8. Necesitan oxígeno y lo obtienen de las plantas” 1. 2. 5. 6. Los seres vivos necesitan para vivir agua las plantas de la naturaleza el aire y lo obtienen del suelo y el aire Lo obtienen básicamente de la naturaleza” 5. 8. Lo obtienen de las plantas” Lo obtiene del aire”.
		IV	Los seres vivos necesitan para vivir de: 1. Los pastos 2. Las sales 3. El oxígeno	1. 2. 18. “los seres vivos necesitan del suelo el agua los pastos las sales...” 5. 6. 19. “Necesitan para vivir aire comida sana hierba y que tengan un hogar”

			<p>4. Respiración                      5. Hierba o pasto                      6. Casa, techo u hogar                      7. Fuego                      8. El corazón                      9. Árboles                      10. Abono                      11. Sol                      12. Lluvia                      13. Proteínas                      14. Vitaminas                      15. Frutas                      16. Animales                      17. Carbono                      18. Suelo, agua                      19. Aire                      20. Los seres vivos obtienen el oxígeno de las plantas. Los seres vivos obtienen lo que necesitan de:                      21. Los dióxidos                      22. La naturaleza                      23. Los ríos                      24. Suelo                      25. Árboles                      26. Presión atmosférica                      27. Océanos                      28. Materia orgánica                      29. Lo que cosechan                      30. Al comer plantas                      31. Al comer otros seres vivos                      32. Planeta Tierra                      33. Las montañas</p>	<p>4. “Necesitan para vivir es la alimentación y la respiración”                      7. 18. 19. “Necesitan 4 elementos muy importantes para nosotros y son aire, agua, tierra y fuego”                      8. Necesitan para vivir el corazón y el alimento                      1. 9. 10. Necesitan para vivir agua comida pasto abono árboles...”                      3. 19. 11. 12. Oxígeno aire alimentos nutrientes sol lluvia                      13. 14. “La alimentación proteínas vitaminas y de todos los alimentos...”                      5. 15. 16. “Frutas, plantas y también animales como la gallina”                      17. 3. “necesitan oxígeno carbono alimento”                      10. 20. Necesitan oxígeno y lo obtienen de las plantas”                      21. “del aire y los dióxidos”                      23. 24. 25. “unos de los ríos otros del suelo y otros de los árboles”                      26. “de la presión atmosférica” 27. 28. “océanos materia orgánica”                      24. “lo obtienen del suelo y de lo que cosechan”                      30. 31. Lo obtienen al comer plantas al comer otros seres vivos y del aire”                      32. Lo obtienen del planeta tierra”                      33. Lo obtiene en las montañas”</p>
Nutrientes	Definición y sitio de almacenamiento en la naturaleza	I	Respuestas en blanco, vagas e incoherentes.	“No sé”
		II		
		III	<p>1. Un nutriente es algo nutritivo y/o alimenticio                      2. Los nutrientes se almacenan en el suelo                      3. Los nutrientes se almacenan en el estómago.</p>	<p>1. “Lo que se nutre el cuerpo”                      3. Se almacena en el estómago                      2. Se almacenan en los árboles, en los animales, en el agua y en el suelo”</p>
		IV	<p>Un nutriente es:                      1. Una planta                      2. Una fruta                      3. Algo benéfico para la salud                      4. Lo que se come o de lo que se alimentan los seres vivos                      5. Lo que nutre el cuerpo                      6. Lo que sirve para tener fuerzas y ser energético                      7. Una vitamina para crecer fuertes                      8. Una fuente de bienestar                      Los nutrientes se almacenan:                      1. En la tierra                      2. En los palos podridos                      3. En las plantas</p>	<p>1. 2. “Un nutriente es una planta o una fruta que nos ayuda a estar bien de salud”                      6. “lo que uno come Para tener fuerzas y ser energético”                      7. Es una vitamina para crecer fuertes”                      3. Es algo que ayuda a nutrirnos y poder estar bien donde se almacenan en el cuerpo de cada ser vivo”                      4. “Es algo nutritivo y alimenticio”                      13. “se almacenan en las células”                      2. “los nutrientes se almacenan en los palos podridos”                      3. “se almacenan en las plantas”                      4. “se almacenan donde no se descompongan.                      5. “Se almacenan en lugares poblados”</p>

			<p>4. En donde no se descompongan</p> <p>5. En lugares poblados</p> <p>6. En frutas, verduras y diversos alimentos</p> <p>7. En los árboles</p> <p>8. En los animales</p> <p>9. En el agua</p> <p>10. En el suelo</p> <p>11. En el estómago</p> <p>12. En el organismo de los seres humanos</p> <p>13. En las células</p> <p>14. En el aire</p>	<p>6. “Se almacena en frutas, verduras y diversos alimentos”</p> <p>7. 8. 9. 10 “Se almacenan en los árboles, en los animales, en el agua y en el suelo”</p> <p>12. Los nutrientes se almacenan en el organismo de los seres humanos”</p> <p>10. 11. 3. 14. Los nutrientes se almacenan en los animales el suelo el aire las plantas y muchas cosas más”</p>
Nutrientes	Origen de los nutrientes de las plantas	I		
		II	<p>Las plantas obtienen los nutrientes de:</p> <p>1. la tierra o el suelo</p> <p>2. El agua</p> <p>3. La radiación solar o el sol o la luz solar</p> <p>4. El aire</p>	<p>1. 2. De la tierra y el agua”</p> <p>2. 3. 4. Del sol del agua del aire del suelo”</p> <p>2. 3. Obtienen sus alimentos para poder vivir de la radiación solar y el agua</p>
		III	En blanco	
		IV	<p>Las plantas obtienen los nutrientes de:</p> <p>1. El oxígeno</p> <p>2. El dióxido de carbono</p> <p>3. Del abono</p> <p>4. De la naturaleza</p> <p>5. El viento</p> <p>6. De los minerales</p> <p>7. La lluvia</p> <p>8. La fotosíntesis</p> <p>9. De ellas mismas</p> <p>10. El carbono</p> <p>11. La materia</p>	<p>1. 2. “Del suelo el agua y los gases oxígeno dióxido de carbono”</p> <p>3. “Como en el café del abono que se pone en la tierra cada tres meses”</p> <p>4. “De la naturaleza el aire la tierra y el agua”</p> <p>5. “Del agua del sol de viento y la tierra”</p> <p>6. “Del agua aire suelo sol de minerales</p> <p>11. Del suelo aire sol agua y la materia</p> <p>8. “las plantas obtienen el nutriente del sol la lluvia y la fotosíntesis</p> <p>10. Las obtiene del suelo la luz solar y el carbono para fabricar su alimento</p>
Nutrientes	Origen de los nutrientes de los animales	I	<p>1. Los animales obtienen lo que necesitan para vivir del agua</p>	“De alimento tierra y agua”
		II	<p>1. Los animales obtienen lo que necesitan para vivir de:</p> <p>1. Las plantas</p> <p>2. La naturaleza</p> <p>3. El aire</p>	<p>1. 2. “oxígeno, agua, plantas, frutos , pastos y la naturaleza”</p>
		III	<p>Los animales obtienen lo que necesitan para vivir de:</p> <p>1. Los pastos</p> <p>2. El oxígeno</p> <p>3. El sol o la luz solar</p> <p>4. Otros animales</p> <p>5. Respuestas en blanco</p>	<p>1. “De pasto y respiración”</p> <p>2. “Del suelo el agua el oxígeno dióxido de carbono”</p> <p>3. 1. De los cultivos agua sol y pasto”</p> <p>4. Los carnívoros de otros animales y los herbívoros de hierbas y el agua”</p>
		IV	<p>Los animales obtienen lo que necesitan para vivir de:</p> <p>1. Oxígeno</p> <p>2. Frutos</p> <p>3. La naturaleza</p> <p>4. Los carnívoros de lo que matan o cazan</p> <p>5. Los cultivos</p> <p>6. La materia</p>	<p>1. 4. “de la naturaleza algunos y de otros que son carnívoros que matan al uno y se lo comen”</p> <p>5. “De los cultivos agua sol y pasto”</p> <p>6. 2. “De la materia, el suelo, el aire, el agua y los árboles de frutas”</p> <p>7. “Las plantas la sal que les echan”</p> <p>8. 4. Los carnívoros de otros animales y los herbívoros de hierbas y el agua”</p>

			7. Las plantas y la sal 8. Los herbívoros de hierbas y el agua 9. La vegetación 10. Los humanos 11. La tierra, los mares y paramo” 12. Alimento o comida 13. Pasto y respiración 14. El dióxido de carbono	9. 9. 10. Del suelo la vegetación la luz solar y los humanos 11. De la tierra los mares y paramo” 12. De alimento tierra y agua 13. De pasto y respiración” 14. Del suelo el agua el oxígeno dióxido de carbono.
Nutrientes	Origen de los nutrientes de los estudiantes	I	Obtengo los nutrientes de: 1. Los alimentos, comida o lo que como. 2. El agua	“Son alimento agua frutas lácteos etc.”
		II	Obtengo los nutrientes de: 1. Las plantas 2. La tierra o el suelo 3. Las frutas 4. Del aire	1. 2.“De las plantas el agua la tierra” 3. “De las verduras frutas los granos las carnes etc.” 4. “Son de la naturaleza agua aire suelo sol”.
		III	Obtengo los nutrientes de: 1. Los cultivos, la huerta o lo que se siembra	1. De los cultivos y el agua de la naturaleza”
		IV	Obtengo los nutrientes de: 1. Las vitaminas 2. Las frutas 3. Las verduras 4. Los animales 5. El oxígeno 6. El dióxido de carbono 7. La naturaleza 8. sol 9. La respiración 10. Los lácteos 11. Los granos 12. La carne 13. El fuego 14. La materia 15. Los árboles frutales 16. De lo que mi papa trabaja y siembra 17. De los campos y sembrando cosas 18. De los árboles de la casa y del pueblo” 19. Respuestas en blanco	1. 2. 3. De las vitaminas de las frutas, de las verduras y de las cosas que como” 4. 5. 6. De las plantas y los nutrientes que contienen los animales el agua el oxígeno y el dióxido de carbono” 7. de la naturaleza agua aire suelo sol” 8. De los alimentos y la respiración” 2. 10. Son alimento agua frutas lácteos etc.” 12. 2. 3. De las verduras fruta los granos las carnes etc.” 13. “La tierra, el aire, el fuego y el agua 5. 2. 3. “Del oxígeno los alimentos verduras y frutas” 14. 15. “De la materia el suelo el aire el agua y los árboles de frutas 16. “De lo que mi papá trabaja y siembra” 17. De los campos y sembrando cosas” 18. De los árboles de la casa y del pueblo”.
Nutrientes	Destino cuando muere quien los almacena.	I	1. En blanco e incoherentes o vagas 2. Los nutrientes se: Descomponen o pudren	1. “le necesita agua para poder vivir y no morir porque ellos quieren vivir” 2. “Se descomponen y se convierten en abono”.
		II	Los nutrientes se: 1. Mueren.	1. “Quedan despojados y luego mueren”.
		III		
		IV	Los nutrientes se: 1. Convierten en abono 2. Vuelven tierra 3. Salen 4. Se almacenan en el suelo donde pasan a las plantas. 5. Son consumidos por otros animales 6. Se van al suelo.	1. “Se descomponen y se convierten en abono” 2. “Se vuelve tierra junto con el ser vivo” 3. 4. “Salen y se almacenan en el suelo donde pasan a las plantas” 5. “Se pudren y los gallinazos se los comen” 6. Se van hacia el suelo”

Los enunciados 18, 24, 25, exploran las ideas previas de los estudiantes al respecto del suelo. En cuanto al enunciado 18, se encontró que la mayoría de los estudiantes contestó en blanco, no consignó funciones del suelo en sus respuestas o respondió de forma vaga o ilógica. No se encontró ningún concepto que mostrara consenso en el grupo, ni en el nivel uno, ni en el nivel dos.

En el nivel tres se encontraron las siguientes categorías de ideas: El suelo sostiene las plantas, el suelo es fuente de alimento, el suelo aporta nutrientes a las plantas y el suelo presta utilidad a los humanos. En el cuarto nivel se encuentran 16 ideas diferentes, aunque estrechamente relacionadas, sobre la función del suelo, en su mayoría correctas. Esto indica que algunos estudiantes del grupo están familiarizados con el suelo.

Al revisar las categorías de ideas que surgieron en el enunciado 24, en donde se preguntaba por las consecuencias en caso que un ecosistema perdiera su suelo. No se encontró ninguna idea de primer nivel, en el segundo nivel se encontraron ideas fatalistas y negativas como las siguientes: El ecosistema se moriría, se morirían los animales y la idea que se afectaría el crecimiento de las plantas. Además, en segundo nivel también se encontraron las respuestas en blanco, vagas e incoherentes. En tercer nivel se ubicaron tres categorías de ideas: Todo moriría, se afectaría la agricultura y el ecosistema se desplomaría. En el cuarto nivel se encuentran otras 16 ideas complementarias que refuerzan las anteriores y que en general dejan ver que los estudiantes, de forma aislada, que resolvieron el enunciado reconocen al suelo como un elemento importante para el ecosistema en general, para el desarrollo de las plantas, para la actividad agrícola, para los animales y para el hombre.

En el enunciado 25, se solicitó a los estudiantes que escribieran las diferencias entre un suelo rico en materia orgánica y un suelo pobre en materia orgánica. Al retomar las respuestas de los estudiantes se encontró que el 41% no respondió, o lo hizo de forma incoherente. Adicionalmente, en el nivel uno también se encontró la categoría de los estudiantes que confundieron un suelo rico en materia orgánica con un suelo de alta calidad agronómica. Por lo tanto, más del 70 % de los estudiantes no resolvieron la pregunta de manera adecuada. En el segundo nivel no se presentó ninguna categoría de respuesta. La idea general fue: la diferencia entre un suelo rico en materia orgánica y un suelo pobre en materia orgánica está relacionada con la cantidad de materia orgánica presente en el suelo; que se visualizó como una categoría de tercer nivel, no indica que los estudiantes reconozcan el concepto de materia orgánica, ya que se desprende del enunciado (Tabla 8). Con lo anterior, se hizo evidente que la mayoría de los estudiantes no se ha apropiado el concepto de materia orgánica. Las ideas de cuarto nivel fueron: el suelo rico en materia orgánica tiene más estiércol y presenta hongos; el rico en materia orgánica es más bonito; el rico en materia orgánica tiene más cosas; el rico en materia orgánica tiene más vida y el pobre no tiene vida.

**Tabla 8 Síntesis de las respuestas 7, 18, 24, 25 del instrumento diagnóstico de conceptos previos.**

Tópico	Elemento indagado	Nivel	Categorías de ideas al interior de las respuestas.	Ejemplo de frase usada en las explicaciones
Suelo	Funciones	I	Respuestas en blanco, vagas e incoherentes.	“Basuras, dióxido de carbono, aceites, venenos”
		II		
		III	1. Sostener y/o mantener las plantas. 2. Fuente de alimento 3. Aporta nutrientes para las plantas 4. Prestan utilidad a los	1. 2. “Proveer varios y millones de alimento” 2. 3. “Tienen nutrientes para las plantas” 4. “Nos sirve a los animales y a nosotros”

		IV	humanos. Son funciones del suelo en el ecosistema: 1.Es útil a los animales y plantas 2.Fuente de abono 3.Fuente de oxígeno 4.Fuente de carbono 5.Provee bacterias benéficas 6.No deja que se sequen los árboles 7.Pone verdes a los árboles y hace que florezcan y den fruto 8.La producción de alimentos 9.Sostener y/o mantener los animales 10.Sostener y/o mantener los humanos 11.Permite sembrar 12.Podernos parar sin caernos 13.Sitio para construir casa 14.Acumular agua 15.Proteger seres vivos 16.Hábitat de seres vivos	1. “Nos sirven a los animales” 2. 3. “Dar oxígeno al ambiente” 1. Nutrir las plantas que nos ayudan a vivir” 4. Proveer carbono al ambiente” 5. “Proveer bacterias que benefician” 6. “No deja que se sequen los árboles.” 7. “Pone verdes a los árboles y hace que florezcan y den fruto” 1. “mantener las plantas” 1. 9. “mantener los animales” 10. “nos mantiene a nosotros” 11. “Ayuda a que nosotros podamos sembrar frutos” 12. “Nos ayuda para podernos parar y no caernos” 13. “Poder construir nuestras casas” 14. Ayuda a tener acumulada agua” 15. Cuando protege a los seres vivos”. 16. Puede estar para las cavernas de los seres vivos” 11. “Dar el abono”.
Suelo	Consecuencias en el ecosistema de la pérdida de suelo.	I		
		II	1. Se moriría 2. Los animales morirían 3. Se afectaría el crecimiento de las plantas. 4. Respuestas en blanco, vagas e incoherentes.	1. “No podrían darse las plantas” 2. “Los animales se pueden morir” 1. “El ecosistema se muere”
		III	1. Todo moriría. 2. Se afectaría la agricultura 3. Se desploma o se cae	1. “Así todos moriríamos” 2. “No se puede cultivar” 3. Se desplomaría y ya no existiría”
		IV	Si un ecosistema pierde todo su suelo entonces: 1. Las plantas no podrían vivir o morirían. 2. Dejaría de ser ecosistema 3. Habría migraciones 4. Deja de servir. 5. Las plantas no tendrían de que alimentarse. 6. Perderíamos el soporte que nos mantiene de pie. 7. La vida se acaba. 8. Se muere lo que hay sobre el suelo. 9. Se acabaría el agua 10. Se puede descomponer o presentar derrumbes 11. La hierba no volvería a nacer	1. “Pasaría que se moriría” 2. “Que las plantas no pueden vivir” 2. “Que no sería un ecosistema” 3. “Toda la vida que existe en el ecosistema se iría para otro o se moriría” 4. “La tierra no serviría para nada” 5. “Las plantas no tendrían de que alimentarse” 6. “No podríamos vivir porque no tendríamos donde caminar” 7. “La vida del suelo se acaba” 8. “Todo lo que hay en ese suelo se muere, los únicos que se salvan son los pájaros.” 9. “El agua se acabaría.” 10. “Se puede descomponer o presentar derrumbes 11. “Quedaba sin volver a nacer la hierba”.
Suelo	Diferencia entre suelo rico y suelo	I	1. Confunde el suelo rico en materia orgánica con suelo	1. Se diferencia en que el rico se dan frutos se da el plátano y el suelo pobre

	pobre en materia orgánica		con buenas características agronómicas. 2. En blanco o respuestas vagas e incoherentes.	no se da nada que le siembren.”
		II		
		III	El rico en materia orgánica tiene mayor cantidad de la misma.	El suelo rico tiene más materia orgánica y la otra tiene más poquita.”
		IV	Un suelo rico en materia orgánica se diferencia en que: 1. El rico en materia orgánica tiene más estiércol y presenta hongos 2. El rico en materia orgánica es más bonito. 3. El rico en materia orgánica tiene más cosas. 4. El rico en materia orgánica tiene más vida y el pobre no tiene vida.	1. “El rico en materia orgánica tiene más estiércol el otro como no tiene estiércol no tendría nada de hongos.” 2. “Un suelo rico en materia orgánica es un suelo bonito y se da de todo y un suelo pobre es muy feo” 3. “En el suelo rico hay cultivos, hay agua, etc y el suelo pobre no tiene agua, no tiene frutos etc” “Un suelo rico en materia orgánica tiene más cosas y el otro tiene menos cosas” 4. “En que una tiene cosas muertas y las otras no tienen un suelo pobre en materia orgánica” “El rico en materia orgánica tiene más vida y el pobre no tiene vida.”

El enunciado 27 del cuestionario evalúa la capacidad de los estudiantes para diferenciar elementos bióticos de elementos abióticos en un ecosistema. Después del análisis se encontró que la mayoría de los estudiantes no diligenció los cuarenta espacios disponibles para ejemplos y separó de manera inapropiada más del 30% de los elementos. No se presentaron categorías de segundo nivel. En el tercer nivel de categorías se encontraron los estudiantes que dejaron el enunciado en blanco; los que diligenciaron todos los espacios de forma correcta (más del 90%) de aciertos; los que no diligenciaron todos los espacios y separaron adecuadamente todos los ejemplos y aquellos que diligenciaron más del 80% de los espacios disponibles pero separaron inapropiadamente más del 30% de los elementos. Entre las categorías menos relevantes se encontraron los que consignaron los elementos bióticos como abióticos y viceversa. En general se aprecia que los estudiantes tienen dificultad para diferenciar elementos bióticos de elementos abióticos de un ecosistema y no comprenden estos dos conceptos (Tabla 9).

Tabla 9 Síntesis de la respuesta 27 del instrumento diagnóstico de conceptos previos

Tópico	Elemento indagado	Nivel	Categorías de ideas al interior de las respuestas.	Ejemplo de frase usada en las explicaciones
Biótico	Diferenciación entre elementos bióticos y abióticos	I	1. Diligenciaron menos del 80% de los espacios disponibles y separaron inapropiadamente más del 30% de los elementos.	1. Biótico: El árbol, los huesos, el barco, el alambre, el caballo, el chivo, la cabra, la iguana. Abiótico: La paloma, el sol, las nubes, los árboles, la carretilla.
		II		
		III	1. Dejaron todo el ejercicio en blanco. 2. Diligenciaron menos del 80% de los espacios disponibles y separaron apropiadamente todos los elementos. 3. Diligenciaron más del 80% de los espacios disponibles y separaron apropiadamente más del 90% de todos los elementos. 4. Diligenciaron más del 80% de los	2. Biótico: El caballo, el becerro, el chivo, las ardillas, la vaca, el perro, las plantas Abiótico: Los huesos, la casa, la teja, el alambre, los palos caídos, la ventana, la puerta 3. Biótico: La vaca, el perro, la cabra, la ardilla, el becerro, los árboles, el caballo, la señora, el señor, la chiva, los marranos, la oveja, el pasto, “las montañas”, los

			espacios disponibles pero separaron inapropiadamente más del 30% de los elementos.	cultivos, la paloma, el toro, el grillo, las hormigas y la abeja. Abiótico: La casa, la carreta, los huesos, la canasta, los panes, el barco, las rocas, las tejas, las ventanas, las puertas, el pasto seco, la ropa, el hacha, el sombrero, la camisa, el pantalón, los zapatos, la pared, los árboles caídos, las llantas.
		IV	1. Diligenciaron menos del 80% de los espacios disponibles, separaron apropiadamente todos los elementos pero consignaron los bióticos como abióticos y viceversa. 2. Diligenciaron más del 80% de los espacios disponibles, separaron apropiadamente más del 90% de los elementos pero consignaron los bióticos como abióticos y viceversa.	1. Abióticos: las flores, el pasto, los pinos, el hombre, la mujer, el perro, el ave, la hierba. Bióticos: El techo, la ventana, la pared, la puerta, la madera, los huesos, el popo, el barquito, el azadón.

Cuando se solicitó a los estudiantes que elaboraran una lista con elementos de la ilustración que tuvieran nitrógeno se encontró que: En las categorías de nivel uno se encontraron las respuestas dejadas en blanco, los que diligenciaron menos de la mitad de los espacios disponibles; los que incluyeron animales, plantas, suelo, agua, árboles, nubes, montañas, sol, árboles y pasto en sus ejemplos. Lo que indica que aunque la mayoría no contestó o no completó el ejercicio, más de un tercio de los estudiantes que diligenciaron el cuestionario saben o suponen que hay nitrógeno en estos elementos. De la misma manera, en nivel uno se encontró que en las respuestas incluyeron animales, plantas, suelo, agua y árboles en sus ejemplos en la misma lista; lo cual indica que hay cierto consenso en el grupo de la presencia de nitrógeno en animales, plantas, suelo, agua y árboles. En el nivel dos se ubicaron las categorías de aquellos al diligenciar el enunciado 28, incluyeron en sus listas aire y seres humanos; además, también en nivel dos se ubicaron aquellos que diligenciaron más del 80% de los 24 espacios disponibles e incluyeron plantas, animales, suelo (o tierra), sol, árboles, pasto, montañas, nubes, agua, estiércol (o sinónimos) y humanos en la misma lista y aquellos que diligenciaron más del 80% de los espacios disponibles e incluyeron plantas, animales, suelo (o tierra), sol, árboles, pasto, montañas, nubes, agua, estiércol (o sinónimos) y humanos en sus listas. Lo anterior indica que más del 18% de los estudiantes cree que hay nitrógeno en estos elementos del paisaje. Por último, en tercer nivel, se encuentra la categoría de los estudiantes que resolvieron más del 80% e incluyeron aire en sus listas. Las ideas de cuarto nivel no se analizaron.

**Tabla 10 Síntesis de las respuestas relacionadas con la ilustración, pregunta 28 del instrumento diagnóstico de conceptos previos**

Tópico	Elemento indagado	Nivel	Categorías de ideas al interior de las respuestas.	Ejemplo de frase usada en las explicaciones
Nitrógeno	Presencia de nitrógeno.	I	1. Respondieron en blanco 2. Incluyeron animales en sus respuestas. 3. Incluyeron plantas en sus respuestas. 4. Incluyeron suelo (tierra) en sus respuestas. 5. Incluyeron agua en sus respuestas. 6. Incluyeron nube en sus respuestas. 7. Incluyeron montaña en sus respuestas. 8. Incluyeron estiércol en sus respuestas. 9. Incluyeron árboles en sus respuestas. 10. Incluyeron pasto en sus respuestas.	2. Árboles, animales, personas, aire, popo de caballo, suelo, pasto, frutas, nubes, montañas, mata de monte, pinos. 3. Agua, árbol, plantas, vaca, suelo, montañas, arbustos. 4. el agua, el pasto, la hierba, el árbol, los pájaros, el suelo, la vaca, la montaña, el nevado, los arbustos”



			11. Incluyeron sol en sus respuestas. 12. Incluyeron animales, plantas, suelo, agua y árboles en sus ejemplos. 13. Diligenciaron menos de la mitad de los 24 espacios disponibles.	
		II	1. Diligenciaron más del 80% de los 24 espacios disponibles e incluyeron plantas, animales, suelo (o tierra), sol, árboles, pasto, montañas, nubes, agua, estiércol (o sinónimos) y humanos en sus listas. 2. Incluyeron aire en sus respuestas. 3. Incluyeron humanos en sus respuestas.	1. vaca, becerro, caballo, popó, plantas, el señor, la señora, marranos, oveja, paloma, aire, hojas, agua, nevado, montañas, palma, toro, suelo, sol, árboles, pasto, nubes, rocas, nieve.
		III	1. Diligenciaron más del 80% de los 30 espacios disponibles e incluyeron aire en sus listas.	1. vaca, becerro, caballo, popó, plantas, el señor, la señora, marranos, oveja, paloma, aire, hojas, agua, nevado, montañas, palma, toro, suelo, sol, árboles, pasto, nubes, rocas, nieve.
		IV	No se analizaron	

## 6 Conclusiones

Se llevó a cabo una amplia revisión bibliográfica de los referentes disciplinares y epistemológicos del ciclo del nitrógeno, que permitió reconocer los conceptos previos necesarios para abordar este eje temático en el aula; mejoró la comprensión de los aspectos generales de este ciclo y permitió dimensionar la capacidad integradora del ciclo del nitrógeno en el flujo de materia al interior de los ecosistemas.

Después de realizar un diagnóstico de conceptos previos sobre los aspectos más relevantes del ciclo del nitrógeno a una muestra de la población objetivo, se encontró que los estudiantes saben que hay materia en los seres vivos y en los materiales inertes; reconocen la importancia del suelo para el sostenimiento de la vida y para la agricultura, están familiarizados con el proceso de descomposición de la materia orgánica y manifiestan que el nitrógeno está presente en la naturaleza. Pero no se han apropiado de los conceptos relacionados con la composición de la materia, las esferas terrestres, los ciclos biogeoquímicos, los aspectos generales del flujo de materia a nivel global y desconocen o confunden los conceptos necesarios para comprender el ciclo del nitrógeno.(elemento, compuesto, molécula, ión, nitrógeno, cambio físico, cambio químico, aire, nutriente, nutrición, metabolismo, materia, biótico, abiótico, materia orgánica, materia inorgánica, productores, consumidores, descomponedores, biomasa, necromasa y biomolécula, entre otros).

A partir del marco conceptual y del diagnóstico de conceptos previos se diseñó la cartilla titulada “Buscando el nitrógeno en la naturaleza”, un documento de apoyo para la enseñanza del ciclo del nitrógeno en el aula rural, dirigido a los docentes. Esta cartilla consta de 8 actividades que abordan los temas: la materia, el nitrógeno, las esferas terrestres, el flujo de materia en el ecosistema y el ciclo del nitrógeno. Esta estrategia didáctica, se puso a disposición de los docentes del país y es una herramienta didáctica útil en el área de ciencias naturales y educación ambiental a nivel de secundaria.

---

## Bibliografía

- Arana, F. (1990). *Ecología para principiantes*. México: Trillas.
- Ausubel, D. (1976). *Teoría del aprendizaje significativo*. Recuperado el 28 de 03 de 2014, de [www.educainformatica.com.ar](http://www.educainformatica.com.ar):  
<http://www.educainformatica.com.ar/docentes/tuarticulo/educacion/ausubel/index.html>
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Henesian, H. (1983). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo* (Traducción de la segunda edición en inglés). (M. Sandoval P., Trad.) México.D.F: Trillas.
- Ballester, A. (2002). *El aprendizaje significativo en la práctica. Cómo hacer aprendizaje significativo en el aula*. Recuperado el 20 de Enero de 2013, de [www.aprendizajesignificativo.es](http://www.aprendizajesignificativo.es):  
[http://www.aprendizajesignificativo.es/mats/El\\_aprendizaje\\_significativo en la practica.pdf](http://www.aprendizajesignificativo.es/mats/El_aprendizaje_significativo_en_la_practica.pdf)
- Bermudez de Castro, F., & Martin, M. G. (1984). *El ciclo del nitrógeno*. Recuperado el 15 de 12 de 2013, de [www.linneo.bio.ucm.es](http://www.linneo.bio.ucm.es):  
[http://www.linneo.bio.ucm.es/ecologia/lista\\_publicaciones/217.pdf](http://www.linneo.bio.ucm.es/ecologia/lista_publicaciones/217.pdf)
- biologiaygeologia.org. (s.f.). *Introducción a las Ciencias Ambientales*. Recuperado el 10 de 08 de 2013, de [biologiaygeologia.org](http://biologiaygeologia.org):  
[http://biologiaygeologia.org/unidadbio/a\\_ctma/u0\\_medio/u0\\_t1medio/index.html](http://biologiaygeologia.org/unidadbio/a_ctma/u0_medio/u0_t1medio/index.html)
- Brown, T. L., LeMay, H. E., & Bursten, B. E. (1997). *Química. La ciencia central* (Séptima ed.). México: Pearson.
- Bush, M. B. (2000). *Ecology of a Changing Planet* (Segunda ed.). (F. I. Technology, Ed.) New Jersey, USA: Prentice Hall.
- Campanario & Otero. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje. Las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 18(2), 155-169.
- Campanario, J. M., & Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las ciencias*, 17(2), 179-192.
- Carretero, M. (1997). *¿Qué es el constructivismo? Desarrollo cognitivo y aprendizaje. En: Constructivismo y educación*. Recuperado el 18 de Febrero de 2013, de <http://crisiseducativa.files.wordpress.com/2008/03/que-es-constructismo.pdf>
- CEEP. (1998). *Ideas previas y educación ambiental*. (J. M. Gutiérrez, Ed.) País Vasco: Consejería de Educación del Gobierno Vasco y Fundación Bilbao Bizcaia Kutxa.
- CICEANA. (2009). *Saber más... Ciclos biogeoquímicos*. ([www.ciceana.org.mx](http://www.ciceana.org.mx), Ed.) Recuperado el 5 de Septiembre de 2013, de Sitio web del Centro de información y comunicación ambiental de Norte América, A.C: [www.ciceana.org.mx/Ciclosbiogeoquimicos.pdf](http://www.ciceana.org.mx/Ciclosbiogeoquimicos.pdf)

- 
- CICEANA. (2009). *Saber más...Ciclo del nitrógeno*. (C. d. América, Editor) Recuperado el 15 de Febrero de 2013, de [www.ciceana.org.mx](http://www.ciceana.org.mx):  
<http://www.ciceana.org.mx/recursos/ciclo%20del%20nitrogeno.pdf>.
- Cifuentes Lemus, J. L., Torres García, P., & Frias M., M. (1997). *El océano y sus recursos. La composición química del agua de mar*. Recuperado el 05 de 03 de 2014, de [www.bibliotecadigital.ilce.edu.mx](http://www.bibliotecadigital.ilce.edu.mx)  
Sitio web La ciencia para todos:  
[http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/12/htm/sec\\_16.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/12/htm/sec_16.html).
- CIIFEN. (9 de Octubre de 2010). *www.ciifen.org*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2013, de sitio web del Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno del Niño:  
[www.ciifen.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=580%3Aciclos-biogequimicos&catid=98%3Acontenido-1&Itemid=131&lang=es](http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=article&id=580%3Aciclos-biogequimicos&catid=98%3Acontenido-1&Itemid=131&lang=es).
- Díaz Barriga , F., & Rojas, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. (Segunda ed.). México: Mc Graw Hill.
- Díaz Barriga, F., & Rojas, G. (1997). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. México: Mc Graw-Hill Interamericana.
- Díaz de Terán, J. (2011). *Sitio web de la Universidad de Cantabria. Open Course Ware*. Recuperado el 16 de 09 de 2013, de <http://ocw.unican.es>:  
<http://ocw.unican.es/enseñanzas-tecnicas/geologia/Materiales/tema2.pdf>.
- Duarte, J. (2003). Ambiente de aprendizaje. Una aproximación conceptual. *Revista Iberoamericana de Educación*, 1-18.
- Echarri Prim, L. (2000). *Libro electrónico Ciencias de la tierra y del medio ambiente*. (U. d. Navarra, Ed.) Pamplona, Navarra, España: Ed. Teide.
- Echarri Prim, L. (2000). *Libro electrónico Ciencias de la tierra y del medio ambiente*. (U. d. Navarra, Ed.) Recuperado el 20 de 08 de 2013, de [www.tecnun.es](http://www.tecnun.es):  
<http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/04Ecosis/130Ciclos.htm>.
- EDAD. (2011). *Biología y Geología Ciencias de la Naturaleza*. Recuperado el 9 de 01 de 2013, de Sitio web del Proyecto Enseñanza Digital a Distancia. Gobierno de España:  
[http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/index\\_biogeo.htm](http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/index_biogeo.htm).
- FAO. (1996). *ECOLOGÍA Y ENSEÑANZA RURAL Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas*. (J. P. Lanly, Ed.) Recuperado el 16 de 02 de 2014, de Sitio web de la FAO Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación:  
[www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s00.htm](http://www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s00.htm).
- FAO. (2005). *The importance of soil organic matter. Key to drought-resistant soil and sustained food production*. (N. R. Department, Ed.) Recuperado el 5 de Agosto de 2013, de [www.fao.org](http://www.fao.org):  
[www.fao.org/docrep/009/a100e04.htm](http://www.fao.org/docrep/009/a100e04.htm).
- Fassbender, H. W. (1994). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. San José. Costarica: Servicio Editorial IICA.

- 
- García Huaman, F. T. (2011). *Ciencias Básicas. Asignatura Impacto y manejo ambiental*. (e. C. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Ed.) Recuperado el 24 de Agosto de 2013, de [www.florgarcia.com](http://www.florgarcia.com): [www.florgarcia.com/wp-content/uploads/2011/11/CICLOS\\_BIOGEOQUIMICOS.pdf](http://www.florgarcia.com/wp-content/uploads/2011/11/CICLOS_BIOGEOQUIMICOS.pdf).
- García Molano, J. F. (2006). Interacción entre microorganismos; estructura del suelo y nutrición mineral. (J. Ltda, Ed.) *Cultura Científica*, 1(5), 21-28.
- Gobierno de España. Ministerio de Educación. (2001). *UD1: Las biomoléculas*. (C. N. Educativa., Editor, & C. y. Ministerio de Educación) Recuperado el 14 de abril de 2013, de [www.recursos.cnice.mec.es](http://www.recursos.cnice.mec.es):  
[https://recursos.cnice.mec.es/biologia/bachillerato/segundo/biologia/ud01/02\\_01\\_04\\_02\\_011.html](https://recursos.cnice.mec.es/biologia/bachillerato/segundo/biologia/ud01/02_01_04_02_011.html).
- Gobierno de España. Ministerio de Educación. (2005). *recursostic.educacion.es*. (M. d. Ciencia, Ed) Recuperado el 20 de Abril de 2013, de <https://recursostic.educacion.es/ciencias/proyectobiologia/web/>.
- Gómez Ríos, D. F. (2013). *Diseño e implementación de una unidad didáctica para el aprendizaje de la temática ambiental: Los ecosistemas acuáticos y sus cambios*. Recuperado el 15 de Febrero de 2014, de [bibliotecadigital.univalle.edu.co](http://bibliotecadigital.univalle.edu.co) Sitio web de la Universidad del Valle.:  
<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/4824>.
- González Mañas, J. M. (s.f.). *Curso de biomoléculas*. (U. d. Uniberstsitea, Editor) Recuperado el 9 de Julio de 2013, de [www.ehu.es](http://www.ehu.es): [www.ehu.es/biomoleculas/index.htm](http://www.ehu.es/biomoleculas/index.htm).
- Hernández, E. A. (Abril de 2010). Importancia del agua para los seres vivos. *Elementalwatson "la" revista*, I(1), 8-14.
- Ibabe, A. (2011). *05 Biodiversidad*. Recuperado el 5 de 10 de 2013, de Cátedra UNESCO sobre Desarrollo Sostenible y Educación Ambiental.:  
[https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CCUQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.anr.edu.pe%2Feds%2Findex.php%3Foption%3Dcom\\_docman%26task%3Ddoc\\_download%26gid%3D7%26Itemid%3D&ei=\\_3-xU9PiHrKqsQSsgoGQDw&usg=AFQjCNF4NUMw\\_](https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CCUQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.anr.edu.pe%2Feds%2Findex.php%3Foption%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D7%26Itemid%3D&ei=_3-xU9PiHrKqsQSsgoGQDw&usg=AFQjCNF4NUMw_).
- Ibáñez Martí, J. J. (2011). *07 El suelo y su degradación*. (U. d. Científicas, Ed.) Recuperado el 12 de Febrero de 2014, de [www.anr.edu.pe](http://www.anr.edu.pe)/eds Cátedra Unesco sobre Desarrollo Sostenible y Educación Ambiental.:  
[http://www.anr.edu.pe/eds/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=10&Itemid=](http://www.anr.edu.pe/eds/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=10&Itemid=).
- INTEF. (2001-2012). *Proyecto Biosfera*. (C. y. Gobierno de España. Ministerio de Educación, Editor, P. biosfera, Productor, & INTEF Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado) Recuperado el 22 de 09 de 2013, de [recursostic.educacion.es/ciencias](http://recursostic.educacion.es/ciencias):  
[recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/mapa\\_web\\_biosfera.htm](http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/mapa_web_biosfera.htm).

- 
- INTEF red.es. (s.f.). *La hidrósfera*. Recuperado el 6 de 10 de 2013, de [www.recursoctic.educacion.es](http://www.recursoctic.educacion.es)  
Sitio web del programa red.es:  
<http://recursoctic.educacion.es/multidisciplinar/itfor/web/content/lahidrosfera>.
- Jaramillo, D. F. (2004). *El recurso suelo y la competitividad del sector agrario colombiano*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Johnson, A. (2003). *El desarrollo de las habilidades de pensamiento. Aplicación y planificación para cada disciplina*. (Primera ed.). Buenos Aires. Argentina: Editorial Troquel S.A.
- Labrador, J. (2008). *Manual del suelo en los sistemas agrícolas de producción ecológica*. (S. E. Biológica, Ed.)  
Recuperado el 10 de 01 de 2014, de [www.agroecologia.net](http://www.agroecologia.net):  
[www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/manuales-tecnicos/manual-suelos-jlabrador.pdf](http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/manuales-tecnicos/manual-suelos-jlabrador.pdf).
- Leimi Rigo, M. A. (1998). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo, de Frida Díaz Barriga y Gerardo Rojas Hernández, 3 (enero-juni) : *Revista Mexicana de Investigación Educativa [en línea]* , III(Enero - Junio).
- Luengo, L. (s.f.). *Bioelementos, agua y sales minerales*. (i. r. geología, Editor) Recuperado el 14 de Abril de 2013, de [www.lourdes-luengo.es](http://www.lourdes-luengo.es):  
<https://www.lourdes-luengo.es/unidadesbio/biomoleculas/bioelementos.htm>.
- Matheus, C., & Van Holde, K. E. (1998). *Bioquímica*. Madrid. España: Mc Graw Hill.
- MEN. (2006). *Estándares básicos de competencias en lenguaje, matemáticas, ciencias y ciudadanas*. (M. d. Nacional, Ed.) Bogotá: Editorial Magisterio.
- Minambiente. (4 de Julio de 2007). Resolución 2115 de 2007. (Ministerio de la Protección Social, & T. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo, Edits.) *Diario Oficial N°46679*.
- Ministerio de Educación. (Septiembre de 2012). *Guía docente. Bachillerato general unificado. Área de Ciencias Experimentales. Asignatura de: Biología Segundo curso. Bloque uno*. Recuperado el 5 de Agosto de 2013, de [educacion.gob.ec](http://educacion.gob.ec): [http://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/Guia\\_biologia\\_2do\\_B1.pdf](http://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/Guia_biologia_2do_B1.pdf)
- Molles. (2008). *Ecology. Concepts & Applications* (Cuarta ed.). New York: Mc Graw Hill.
- Moreira, M. A. (1997). Aprendizaje Significativo: Un concepto subyacente. En M. A. Moreira, M. C. Caballero, & M. L. Rodríguez (Ed.), *Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo*, (págs. 14-44). Burgos. España.
- Nebel, B., & Wright, R. (1999). *Ciencias Ambientales. Ecología y desarrollo sostenible*. (Sexta ed.). Mexico D.F., Mexico: Pearson Educación.
- Novak, J., & Gowin, B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martinez Roca.
- Nuñez, I. (Julio de 2003). La biodiversidad: historia y contexto de un concepto. *Intervención*, 28(007).
- Odum, E. (1995). *Ecología: el vínculo entre las ciencias naturales y las sociales*. México: C.E.C.S.A.

- 
- Orozco Patiño, F. H. (1999). *Biología del nitrógeno. Conceptos básicos sobre sustransformaciones biológicas*. Medellín: Universidad nacional de Colombia Sede Medellín. Facultad de Ciencias.
- Ospina, H. (1999). *Educación, el desafío de hoy: construyendo posibilidades y alternativas*. Santafé de Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Piaget, J. (1963). *La representación del mundo en el niño*. Madrid: Editorial Morata.
- Portal de suelos FAO. (s.f.). [www.fao.org/soils-portal/es](http://www.fao.org/soils-portal/es). Recuperado el 12 de Enero de 2014, de Portal de suelos de la FAO: [www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es](http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es).
- Sánchez Sánchez-Cañete, F. J., & Pontes Pedrajas, A. (Septiembre de 2009). La comprensión de los conceptos de ecología y sus implicaciones para la educación ambiental. *Revista Eureka sobre Divulgación y Enseñanza de las Ciencias*, 7(Extraordinario), 271-285.
- Sánchez, G., & Valcárcel, M. (2003). Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, XI(1), 33-44.
- Sánchez, M. (2002). *La investigación sobre el desarrollo y la enseñanza de las habilidades de pensamiento*. Recuperado el 15 de Febrero de 2013, de Revista Electronica de Investigación Educativa 4 (1): <http://redie.uabc.mx/vol4no1/contenido-amestoy.html>
- Soil Science Society of America. (s.f.). [www.soils.org/discover-soils](http://www.soils.org/discover-soils). Recuperado el 12 de 01 de 2014, de Sitio web de Soil Science Society of America: <https://www.soils.org/discover-soils/soils-basics/what-makes-soil-soil>
- Stevenson, F. J., & Cole, M. A. (1999). *Cycles of Soil. Carbon, Nitrógeno, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients*. USA: Jhon Wiley & Sons, inc.
- UNAM, Centro de Geociencias. (2009). *Conoce la Tierra. Estructura de la Tierra*. Recuperado el 7 de 9 de 2013, de [www.geociencias.unam.mx](http://www.geociencias.unam.mx) Sitio web de la Universidad Nacional Autónoma de México: [http://www.geociencias.unam.mx/geociencias/iype\\_cgeo/conoce.html](http://www.geociencias.unam.mx/geociencias/iype_cgeo/conoce.html)
- Valdivia, B., Granillo, P., & Villareal, M. d. (2007). *Biología, la vida y sus procesos*. México: Publicaciones Cultural.
- Winstanley, D., Demissie, M., & Hollinger, S. E. (2008). *Nitrogen Cycles Project*. Recuperado el 10 de Enero de 2013, de [www.sws.uiuc.edu](http://www.sws.uiuc.edu) Sitio web de Illinois State WaterSurvey: [www.sws.uiuc.edu/nitro/biggraph.asp](http://www.sws.uiuc.edu/nitro/biggraph.asp)
- WMO - GAW. (9 de Septiembre de 2014). *World Meteorological Organization. Global Atmosphere Watch*. (N. 1. Edition, Ed.) Recuperado el 28 de noviembre de 2014, de Greenhouse Gas Bulletin. The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2013.: [http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ghg/documents/GHG\\_Bulletin\\_10\\_EN\\_summary.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ghg/documents/GHG_Bulletin_10_EN_summary.pdf)
- Zarza Cortés, O. (Mayo de 2009). Invasión y experiencias educativas. *Aprendizaje ESO*, 18.

---

**Anexo A.**

**INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO**

**SEDE RURAL LAGUNILLA**

**BUSCANDO EL NITRÓGENO EN LA NATURALEZA**

**DIAGNÓSTICO DE IDEAS PREVIAS**

Estudiante: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Querido estudiante:

Tenga en cuenta que esta es una prueba diagnóstica, diligencie el cuestionario de manera individual, responda de acuerdo a sus conocimientos actuales, lea cuidadosamente y no deje ningún enunciado sin contestar.

- 1) El planeta Tierra está compuesto por varias esferas o capas. Liste las esferas terrestres que conoce:

---

---

---

- 2) ¿Cuáles esferas terrestres albergan vida?

---

---

- 3) ¿Qué es materia?

---

---

- 4) ¿De qué está hecha la materia?

---

---

- 5) La materia en la naturaleza tiene cambios físicos y cambios químicos. ¿En qué se diferencian los cambios químicos de los cambios físicos?

---

---

- 6) ¿En qué se diferencia una molécula de un elemento químico?

---

---

- 7) ¿Qué es una biomolécula?

---

---

---

8) Realice una lista con todas las palabras que se le vienen a la mente al escuchar la palabra “ciclo” o el término “cíclico”.

---

---

---

---

---

---

9) Los prefijos “bio” y “geo” se usan comúnmente en el lenguaje de las ciencias. Escriba el significado de cada prefijo y los aspectos con los que se relaciona:

Bio \_\_\_\_\_

---

---

Geo \_\_\_\_\_

---

---

10) ¿Qué entiende por ciclo biogeoquímico? Tenga en cuenta que se trata de una palabra compuesta.

---

---

---

---

---

11) ¿Qué es el aire y de qué está compuesto?

---

---

---

---

12) ¿Qué es el suelo y de qué está compuesto?

---

---

---

---

13) ¿De qué están hechas las células de los organismos vivos?

---

---

---



---

14) ¿Qué necesitan los seres vivos para vivir? ¿De dónde lo obtienen?

---

---

---

15) ¿En qué se diferencia la materia orgánica de la materia inorgánica?

---

---

---

16) Mencione un ejemplo donde la materia inorgánica pasa a ser materia orgánica:

---

---

---

17) ¿Cómo se descompone la materia orgánica en la naturaleza?

---

---

---

18) Mencione cinco funciones del suelo en el ecosistema:

1 \_\_\_\_\_

2 \_\_\_\_\_

3 \_\_\_\_\_

4 \_\_\_\_\_

5 \_\_\_\_\_

19) ¿Qué es un nutriente? ¿Dónde se almacenan los nutrientes (elementos) en los ecosistemas?

---

---

---

20) ¿De dónde obtienen las plantas los nutrientes que necesitan para vivir?

---

---

---

21) ¿De dónde obtienen los animales los nutrientes que necesitan para vivir?

---

---

---

22) ¿De dónde obtiene Usted los nutrientes que necesitan para vivir?

---

---

---

23) ¿Qué le sucede a los nutrientes que se encuentran almacenados en los seres vivos cuando el organismo se muere?

---

---

24) ¿Qué pasaría si un ecosistema pierde todo su suelo?

---

---

---

---

---

---

---

---

25) ¿En qué se diferencia un suelo rico en materia orgánica de un suelo pobre en materia orgánica?

---

---

---

Responda los enunciados 26, 27 y 28 después de observar detalladamente la siguiente ilustración:

