



SECRETARÍA ACADÉMICA
COORDINACIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN DESARROLLO EDUCATIVO

“Diseño y validación de una secuencia didáctica acerca del fenómeno biológico de la descomposición de alimentos por mohos, desde la perspectiva de modelos y modelización”

Tesis que para obtener el Grado de
Maestra en Desarrollo Educativo
Presenta

María del Rosario Gerónimo Cárdenas

Directora de Tesis
Dra. Dulce María López Valentín

Esta tesis se elaboró con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
(CONACYT)

AGRADECIMIENTOS

A mi hija Regina, porque desde que estuvo en mi vientre, me impulso a ser una mujer con mayor fortaleza, a dejar atrás mis miedos y las malas experiencias. Gracias mi niña preciosa, por haber llegado justo a tiempo a mi vida, por enseñarme a tener paciencia, a jugar y a correr contigo y tras de ti. Gracias por estar aquí, por ser mi apoyo y por haberme permitido robarte un poco de tiempo. ¡Te amo mi Rexi!

A mi Alemka, por haber llegado a mi vida y ayudarme a superar el miedo a ser mamá, por motivarme a continuar estudiando, por querer ser una mejor persona para ti. Recuerda que, a pesar de la distancia, siempre estás en mi corazón. Estaré aquí siempre para apoyarte en todo momento. ¡Te adoro mi Alemka!

A mi mami, por ser mi gran apoyo, siempre y en todo momento, por haber cuidado con mucho cariño y paciencia de mi Regina, por haberme regalado tu tiempo para que continuara estudiando, por impulsarme a seguir adelante, a luchar, a pensar positivamente, a tener paciencia, a sonreírle a la vida, y a saber que las cosas siempre mejoraran. Por ser mi ejemplo de superación. ¡Te quiero mucho Mami!

A mi Cornelio, por confiar en mí, por motivarme, por apoyarme, por acompañarme en las desveladas, por estar conmigo en los momentos buenos y malos, y sobre todo, por enseñarme y explicarme aquello que no entendía. Gracias mi amor, por tu paciencia (a veces) y ser mi enlace entre mi realidad y la ficción y, sobre todo, por el gran amor que me das. Espero me alcance la vida para devolvértelo.

A mi padre, mi hermana y hermanos, por estar siempre presentes en mis momentos difíciles, por escucharme, por ayudarme, por estar a mi lado, compartiendo experiencias felices, y otras veces, no tanto, por ser mis grandes y mejores amigos.

Un especial agradecimiento a mi asesora, la Dra. Dulce María López Valentín, por acompañarme e iluminarme en todo el trayecto de mi trabajo de tesis, por ser parte fundamental al ayudarme a ampliar la visión de mis ideas iniciales, y por haberme nutrido de su amplia experiencia y conocimientos con el tema que abordé. Gracias por ser mi guía para la fundamentación sólida de este trabajo, y principalmente, por su constante retroalimentación para llevar a buen término mi proyecto. Gracias por ofrecerme su amistad incondicional, por escucharme en todo momento y por tener la paciencia de comprender mis múltiples situaciones personales.

Agradezco a mis lectoras la Dra. Carmen Urzua, la Dra. Mayra García y la Dra. María Teresa Guerra, y mi lector de tesis, el Dr. Ángel López, por dedicar su preciado tiempo para revisar con atención un trabajo extenso, y cada uno aportar

valiosos consejos e información que espero haber aplicado correctamente para darle mejor forma a mi trabajo final.

A mis amigas y compañeras de clase, Luissita e Ivonne por inspirarme a través de su ejemplo, dedicación y empeño en sus proyectos, que siempre hay que darle para adelante; gracias por estar ahí para escucharme y compartir los sinsabores de la vida, esperemos conservar nuestra bella y entrañable amistad por muchos años.

A mis profesoras y profesor de la línea por tenerme paciencia en las clases, que al principio eran muy áridas para mí, pero que con su guía fui acercándome con más confianza a los temas.

A mis profesoras y profesores de la Maestría en Desarrollo Educativo, por darme las herramientas para afrontar el difícil camino de elaboración de mi tesis.

A la UPN, por permitirme formar parte de tan distinguida comunidad, y por brindar el espacio físico en dónde intercambié ideas, conocimientos y emociones con mis profesores y compañeros.

Al CONACYT, por confiar en mi proyecto y otorgarme una beca, que sin ese apoyo me hubiera sido muy difícil dedicarme al proyecto, con cuyo resultado espero aportar de regreso conocimiento útil para mejorar la enseñanza de las ciencias.

Y finalmente, agradezco a los profesores, y sobre todo a los alumnos de la escuela primaria Rosario Castellanos y José María Velasco, por permitirme involucrarme en una parte mínima de su aprendizaje, pero espero haya sido muy significativa en el camino del maravilloso mundo de la ciencia.

Contenido

INTRODUCCIÓN	19
CAPÍTULO 1. CONSTRUCCIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO	22
Introducción	22
1.1 Planteamiento del problema	23
1.2 Justificación	26
1.3 PreguntaS de investigación	27
1.4 Objetivos	28
General	28
Específicos	28
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO ACERCA DE MODELOS Y MODELIZACIÓN 29	29
Introducción	29
2.1 La didáctica de las ciencias o educación en ciencias	30
2.2 El constructivismo y su relación con la didáctica de las ciencias	32
2.3 ¿Qué es un modelo científico?	33
2.4 Respecto a los modelos y la modelización en la enseñanza de las ciencias	38
2.4.1 Modelo Cognitivo de Ciencia de Giere.....	39
2.4.2 ¿Qué es un modelo?	40
2.4.1 Perspectiva teórica de modelización para la SD.....	45
2.4.2 Ciencia escolar, modelo científico escolar y actividad científica escolar	46
2.5 Modelo Científico Escolar de Arribo, aspectos teóricos	49
2.6 El uso de recursos tecnológicos para la enseñanza de la ciencia	50
CAPÍTULO 3. MARCO REFERENCIAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MCEA.....	52
Introducción	52
3.1 Desde las ideas previas	52
Introducción	52
3.1.1 Ideas previas en la educación en ciencias.....	54
3.1.2 Ideas previas y secuencias didácticas reportadas en la literatura especializada relacionadas con el fenómeno de la descomposición de alimentos	56
3.1.3 Descripción de las investigaciones encontradas acerca del concepto de ser vivo	63
3.1.4 Descripción de las investigaciones encontradas sobre microorganismos	71
3.2 Desde lo curricular	82
3.2.1 Plan de estudios 2011, algunas características.....	82
3.2.2 Campo formativo exploración y comprensión del mundo natural y social	83
3.2.3 Bloques de estudio centrados en los hongos, la descomposición y el cuidado del medio ambiente	88
3.3 Desde lo disciplinar	100
3.3.1 Clasificación de los microorganismos.....	100
3.3.2 Los hongos y algunas de sus particularidades	102
3.3.3 ¿Qué se comprende por descomposición o deterioro de los alimentos?	104

3.3.4	Secuencia de eventos para que se descomponga un alimento	105
3.3.5	Nivel en que se detecta la descomposición	106
3.3.6	Indicadores de descomposición microbiana de alimentos	106
3.3.7	Microorganismos en los alimentos	108
3.3.8	Descomposición de grupos de alimentos específicos	110
3.3.9	Tipos de deterioro en vegetales	111
3.3.10	Factores que influyen en el crecimiento microbiano en los alimentos	116
3.3.11	Biología de la composta	117
CAPÍTULO 4. PERSPECTIVA METODOLÓGICA DE INVESTIGACIÓN: POSTULACIÓN DEL MCEA Y CRITERIOS PARA LA SD		120
	Introducción	120
4.1	Perspectiva metodológica de investigación	120
4.1.1	Población objetivo	122
4.1.2	¿Cómo se realizará el análisis de resultados?	124
4.1.3	Instrumentos de recogida de información	126
4.1.4	Características particulares de los instrumentos	128
4.2	Modelo Científico Escolar de Arribo, aspectos metodológicos	128
4.2.1	Construcción del Modelo Científico Universitario (MCi) sobre la descomposición de alimentos por mohos	132
4.2.2	Construcción del Modelo Curricular Inferido sobre la descomposición de alimentos por mohos	142
4.2.3	Elaboración del Modelo Estudiantil Inicial Inferido acerca de la descomposición de alimentos por mohos	144
4.2.4	Postulación del Modelo Científico Escolar de Arribo	146
4.3	Criterios de diseño y validación de la SD	153
4.4	Organización de la SD	154
4.4.1	Fases de la secuencia didáctica	155
4.4.2	Secuenciación de las actividades de aprendizaje	156
4.4.4	Preguntas mediadoras	158
4.4.5	Los trabajos prácticos para el desarrollo de las SD's	159
4.4.6	Propósito de la SD	160
4.4.7	Objetivos de la SD	160
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS		162
	Introducción	162
5.1	Adecuaciones realizadas a la SD, de acuerdo al pilotaje	162
5.2	Generalidades sobre la aplicación de la SD	163
5.3	Ruta de análisis	164
5.4	resultados obtenidos por pregunta y su análisis	168
5.4.1	Fase Inicial, de construcción de ideas y de aplicación y revisión	169
5.4.2	Modelos explicativos iniciales, intermedios y alcanzados, de los estudiantes sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos	201
5.5	Integración de resultados	231
5.5.1	Los seres vivos y sus funciones básicas, análisis de las preguntas que englobaron estos aspectos (1 a 6 y 8)	231
5.5.2	Fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos, análisis de las preguntas que englobaron este aspecto (7 y 11)	233

5.5.3 Descomposición de los alimentos por mohos, relacionado con el Ciclo de la Materia, análisis de las preguntas que englobaron estos aspectos (9 y 10)	235
5.5.4 Nivel alcanzado del MCEA por parte de los estudiantes de 4º grado de primaria.....	236
CONCLUSIONES	246
SUGERENCIAS FINALES.....	257
Algunas reflexiones sobre la secuencia didáctica	257
Otros aspectos de mejora	259
Revisión de las habilidades de lectura y escritura que tienen o presentan los estudiantes	259
Plantear actividades de trabajo colaborativo	260
REFERENCIAS.....	262
Anexo 1. Secuencia didáctica sobre la descomposición de alimentos por mohos	278
Anexo 2. Cuestionario A (Modelos iniciales) y cuestionario b (modelos alcanzados).....	313
Anexo 3. Instrumento poe	317
anexo 4. Cuento “seres vivos que no vemos”	318
anexo 5. Esquema de algunos tipos de moho	320
anexo 6a. Lugar en donde vive un moho (individual).....	321
anexo 6b. Lugar en donde vive un moho (grupál).....	322
anexo 7. Modelos intermedios sobre el fenómeno estudiado	323
Anexo 8. Nota informativa.....	324
anexo 9a. Red alimentaria para composta.....	325
anexo 9b. Interacciones entre organismos en una composta	326
Anexo 10. Elaboración de composta (sep, 2011)	327
Anexo 11. Modelo explicativo del FDAM, relacionado con el Ciclo de la Materia	328

TABLA DE CONTENIDOS

Tabla 1. Características específicas de algunas de las definiciones de modelo científico. Fuente: elaboración propia	37
Tabla 2. Resumen de investigaciones acerca de las ideas previas de los estudiantes del fenómeno de la descomposición de alimentos (elaboración propia).	58
Tabla 3. Algunas ideas previas sobre la descomposición de alimentos.....	62
Tabla 4. Resumen de investigaciones acerca de las ideas previas de los estudiantes del concepto ‘ser vivo’	64
Tabla 5. Algunas ideas previas identificadas sobre el concepto de ser vivo	70
Tabla 6. Resumen de investigaciones acerca de las ideas previas de los estudiantes del concepto ‘microorganismos’.....	73
Tabla 7. Algunas de las ideas previas sobre el concepto de microorganismos.....	80
Tabla 8. Materias enfocadas al estudio de las Ciencias Naturales.	85
Tabla 9. Aprendizajes esperados y contenidos de cada bloque y grado escolar relacionados con los temas “Cuidado del medio ambiente, hongos y bacterias y descomposición de alimentos”. Fuente: Adaptado de los programas de estudio de Educación Básica, a nivel Primaria, 2011.	92
Tabla 10. Tipos de deterioro fúngico de frutas y hortalizas	112
Tabla 11. Propuestas de construcción de modelos de Gutiérrez (2001) y Justi y Gilbert (2002). Cuadro comparativo sobre sus semejanzas y diferencias.....	129
Tabla 12. Componentes que constituyen al modelo. Tomado de “Sustentación teórica y descripción metodológica del proceso de obtención de criterios de diseño y validación para secuencias didácticas basadas en modelos: el caso del fenómeno de la fermentación” por López-Mota, A. y Moreno-Arcuri, G., 2014, Bio-grafía – Escritos sobre la Biología y su enseñanza. Vol. 7 – Núm. 13, julio – diciembre de 2014, p. 109-126.....	131
Tabla 13. Modelo científico universitario de la descomposición de alimentos por hongos filamentosos, vinculado con el Modelo de Ser Vivo-Ecosistema y con el Modelo del Ciclo de la Materia.....	140
Tabla 14. Modelo Curricular Inferido sobre la descomposición de alimentos por mohos	143
Tabla 15. Modelo estudiantil inicial inferido acerca de la descomposición de alimentos por mohos.....	145
Tabla 16. Tensión entre el MCi, MCu y MEi para la construcción y postulación del MCEA	147
Tabla 17. Modelo Científico Escolar de Arribo acerca de la descomposición de alimentos por mohos, vinculado con el Modelo de Ser Vivo y con el Modelo del Ciclo de la Materia	151
Tabla 18. Organización de la secuencia didáctica sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos.	161
Tabla 19. Respuestas obtenidas de los estudiantes que marcaron alguna imagen de la pregunta 1, del Cuestionario A, Modelos Iniciales y del Cuestionario B, Modelos Alcanzados. Fuente: Elaboración propia.....	170
Tabla 20. Subcategorías obtenidas de los estudiantes acerca de las respuestas que dieron a la pregunta 2, del Cuestionario A (modelos iniciales) y del Cuestionario B (modelos alcanzados). Fuente: Elaboración propia.	172
Tabla 21. Respuestas de los estudiantes sobre las propiedades de los microorganismos, del Cuestionario A (modelos iniciales) y del Cuestionario B (modelos alcanzados). Fuente: Elaboración propia.....	176

Tabla 22. Figuras que se identificaron en las respuestas de los estudiantes, al pedirles que dibujaran un microorganismo, del Cuestionario A, Modelos Iniciales y del Cuestionario B, Modelos Alcanzados. Fuente: Elaboración propia.	177
Tabla 23. Respuestas que escribieron los estudiantes, acerca del lugar en donde viven los microorganismos que dibujaron, del Cuestionario A, Modelos Iniciales y Cuestionario B, Modelos Alcanzados. Parte 1. Fuente: Elaboración propia.	181
Tabla 24. Condiciones que se identificaron, acerca del por qué los microorganismos viven en los lugares que propusieron, del Cuestionario A, Modelos Iniciales y Cuestionario B, Modelos Alcanzados. Parte 2. Elaboración propia.	183
Tabla 25. Respuestas acerca de si un microorganismo es un ser vivo, del Cuestionario A (Modelos Iniciales) y Cuestionario B (Modelos Alcanzados). Fuente: Elaboración propia.	184
Tabla 26. Cambios sensoriales identificados por parte de los estudiantes, al descomponerse un alimento. Respuestas del Cuestionario A (Modelos Iniciales) y del Cuestionario B (Modelos Alcanzados). Elaboración propia.	185
Tabla 27. Categorías identificadas en las respuestas de los estudiantes del Cuestionario A (Modelos Iniciales) y Cuestionario B (Modelos Alcanzados). Fuente: Elaboración propia.	187
Tabla 28. Modelos intermedios construidos por los estudiantes, acerca de cómo se nutren los mohos. Fuente: Elaboración propia.	192
Tabla 29. Causas que mencionaron los estudiantes en el instrumento: 'Fenómeno de la descomposición de alimentos'; Modelo explicativo sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos y; Cuestionario B (Modelos Alcanzados). Fuente: Elaboración propia.	196
Tabla 30. Explicación que dieron los estudiantes, acerca de lo que les sucedió a los alimentos que se descompusieron o se echaron a perder y que observaron a través de los videos. Fuente: Elaboración propia.	206
Tabla 31. Modelos explicativos de los estudiantes, construidos en cada una de las fases de la secuencia didáctica, acerca de cómo o por qué se da el fenómeno de la descomposición de alimentos. Fuente: Elaboración propia.	214
Tabla 32. Aspectos relacionados con el lugar donde se encuentra un alimento para que se descomponga, ubicados en el Cuestionario A (Modelos Iniciales) y en el Cuestionario B (Modelos Alcanzados). Fuente: Elaboración propia.	219
Tabla 33. Hábitos de reciclaje que marcaron los estudiantes acerca de los alimentos que están descompuestos o echados a perder. Fuente: Elaboración propia.	222
Tabla 34. Razones que dieron los estudiantes del por qué se deben colocar los alimentos descompuestos, en lugares específicos. Fuente: Elaboración propia.	223
Tabla 35. Explicaciones que dieron los estudiantes acerca de lo que pasa con las hojas secas. Caso presentado en el Instrumento FDA relacionado con el Ciclo de la Materia. Fuente: Elaboración propia.	225
Tabla 36. Dibujos en donde los estudiantes explican el por qué se descomponen o se echan a perder los alimentos. Elaboración propia.	227
Tabla 37. Causas que dieron los estudiantes acerca del por qué se descomponen o se echan a perder los alimentos. Fuente: Elaboración propia.	229
Tabla 38. Modelo Científico Escolar de Arribo actualizado acerca del fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos, vinculado con el modelo de ser vivo. Fuente: Elaboración propia.	240

Tabla 39. Rúbrica para determinar el logro alcanzado por parte de los estudiantes de 4º grado de primaria, respecto al MCEA actualizado sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos	241
Tabla 40. Nivel de logro alcanzado por cada estudiante, de acuerdo a la rúbrica realizada basada en el MCEA actualizado	242

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de los cinco reinos. Ubicación de los hongos, dentro de la taxonomía propuesta por Tortora, Funke y Case (1993), así como la filogenia de éstos propuesta por Campbell, et al, (2007). (Adaptación propia).....	102
Figura 2. Población objetivo	123
Figura 3. Proceso general del análisis de datos cualitativos. Tomado de Rodríguez, Lorenzo y Herrera (2005). Teoría y práctica del análisis de datos cualitativos. Proceso general y criterios de calidad.	124
Figura 4. Forma en que se relacionan los modelos con el de ser vivo. Tomado de “Los modelos como organizadores del currículo en biología, por García, 2005, Enseñanza de las Ciencias, número extra, 1-6. Copyright, 2005 por Enseñanza de las Ciencias.).....	133
Figura 5. Funciones del Modelo ‘Ser Vivo’: nutrirse, relacionarse y reproducirse. Adaptado de “Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela primaria” por Gómez Galindo, A. A., Sanmartí, N., Pujol, R. M., 2007, Enseñanza de las Ciencias 25 (3), 325-340. Copyright, 2007 por Enseñanza de las Ciencias.....	134
Figura 6. Modelo Ser Vivo, situado en el Modelo Ecosistema. Tomado de “Los modelos como organizadores del currículo en biología, por García, P. 2005, Enseñanza de las Ciencias, número extra, 1-6. Copyright, 2005 por Enseñanza de las Ciencias).	135
Figura 7. Representación esquemática del ciclo de la materia dentro de los ecosistemas. Adaptado de “Children’s ideas about ecology 2: ideas found in children aged 5 -16 about the cycling of matter” por Leach, Driver, Scott y Wood-Robinson,1996, International Journal of Science Education 18 (1), p. 20. Copyright 1996 por International Journal of Science Education.	136
Figura 8. El fenómeno de la descomposición de alimentos y el diálogo que tiene con otros modelos. Adaptado de “El diálogo disciplinar como herramienta para diseñar islotes de racionalidad” por Calafell, G. y Bonil J. 2007, Encuentros Multidisciplinares, 9, 58-65. Copyright 2007 por Encuentros Multidisciplinares.....	138
Figura 9. Tipos de actividades según su finalidad didáctica. Tomado de Sanmartí, N. (2002). Organización y secuenciación de las actividades de Enseñanza / aprendizaje. En N. Sanmartí, Didáctica de las Ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria (pp. 185-203) Madrid: Editorial Síntesis Educación.....	157
Figura 10. Ruta para analizar los resultados de la aplicación de la secuencia didáctica sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos, por mohos, basado en la modelización. Elaboración propia.	168
Figura 11. Modelo Cognitivo Inicial de Ser Vivo, de una población de estudiantes de 4º grado de primaria.....	175

Figura 12. Modelo Cognitivo Alcanzado de Ser Vivo, de una población de estudiantes de 4º grado de primaria.	175
Figura 13. Causas que mencionaron los estudiantes en el instrumento: ‘Fenómeno de la descomposición de alimentos’; ‘Modelo explicativo sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos y; Cuestionario B (Modelos Alcanzados). Fuente: Elaboración propia.....	200
Figura 14. Modelo cognitivo inicial de los estudiantes A1 (13/36= 36%), sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos causado por el aumento de la temperatura ¹ . Fuente: Elaboración propia.....	202
Figura 15. Modelo cognitivo inicial de los estudiantes A2 (10/36= 28%), sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos causado por el paso del tiempo e identificado por cambios sensoriales (color, olor, textura). Fuente: Elaboración propia..	202
Figura 16. Modelo cognitivo inicial de los estudiantes A3 (6/36= 17%), sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos causado por aumento de la temperatura y el paso del tiempo, pero además, porque el alimento está partido, abierto o maltratado. Fuente: Elaboración propia.....	203
Figura 17. Modelo cognitivo inicial de los estudiantes A4 (3/36= 8.5%), sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos causado por seres vivos, como moscas u hormigas, ya sea que se la coman o la chupen. Fuente: Elaboración propia.....	204
Figura 18. Modelo intermedio de los estudiantes I1 (6/31= 19%), acerca de cómo se descompusieron o se echaron a perder los alimentos que observaron a través de los videos. Fuente: Elaboración propia.....	207
Figura 19. Modelo intermedio de los estudiantes I2 (5/31= 16%), acerca de cómo se descompusieron o se echaron a perder los alimentos que observaron a través de los videos. Fuente: Elaboración propia.....	207
Figura 20. Modelo intermedio de los estudiantes I3 (4/31= 13%), acerca de cómo se descompusieron o se echaron a perder los alimentos que observaron a través de los videos. Fuente: Elaboración propia.....	208
Figura 21. Modelo intermedio de los estudiantes I4 (4/31= 13%), acerca de cómo se descompusieron o se echaron a perder los alimentos que observaron a través de los videos. Fuente: Elaboración propia.....	208
Figura 22. Modelo intermedio de los estudiantes I5 (3/31= 10%), acerca de cómo se descompusieron o se echaron a perder los alimentos que observaron a través de los videos. Fuente: Elaboración propia.....	208
Figura 23. Modelo intermedio de los estudiantes I6 (3/31=10%), acerca de cómo se descompusieron o se echaron a perder los alimentos que observaron a través de los videos. Fuente: Elaboración propia.....	209
Figura 24. Modelo alcanzado por los estudiantes B1 (15/34= 44%), acerca de cómo y por qué se descomponen o se echan a perder los alimentos. Respuestas del Cuestionario B (Modelos Alcanzados). Fuente: Elaboración propia.	210
Figura 25. Modelo alcanzado por los estudiantes B2 (4/34= 12%), acerca de cómo y por qué se descomponen o se echan a perder los alimentos. Respuestas del Cuestionario B (Modelos Alcanzados). Fuente: Elaboración propia.	211
Figura 26. Modelo alcanzado por los estudiantes B3 (3/34= 9%), acerca de cómo y por qué se descomponen o se echan a perder los alimentos. Respuestas del Cuestionario B (Modelos Alcanzados). Fuente: Elaboración propia.	211

Figura 27. Modelo alcanzado por los estudiantes B4 (3/34= 9%), acerca de cómo y por qué se descomponen o se echan a perder los alimentos. Respuestas del Cuestionario B (Modelos Alcanzados). Fuente: Elaboración propia.	212
Figura 28. Modelo alcanzado por los estudiantes B5 (3/34= 9%), acerca de cómo y por qué se descomponen o se echan a perder los alimentos. Respuestas del Cuestionario B (Modelos Alcanzados). Fuente: Elaboración propia.	212
Figura 29. Modelo alcanzado por los estudiantes B6 (3/34= 9%), acerca de cómo y por qué se descomponen o se echan a perder los alimentos. Respuestas del Cuestionario B (Modelos Alcanzados). Fuente: Elaboración propia.	212
Figura 30. Componentes identificados del MCEA, en algunos de los modelos alcanzados por los estudiantes acerca del fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos. Fuente: Elaboración propia.	234
Figura 31. Nivel alcanzado del MCEA actualizado por parte de los estudiantes de 4 ^o grado de primaria, acerca del fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos, relacionado con el modelo de Ser Vivo. Fuente: Elaboración propia.....	245

ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1. Definición de Modelo Científico de acuerdo con Gutiérrez, 2014 – ONEPSI. Tomado de “Representaciones estudiantiles sobre nutrición humana como modelo estudiantil inicial para referencia didáctica, por López, A. y Angulo, F., 2016, Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, 12 (2), p. 91.....	36
Esquema 2. Funcionamiento del proceso de construcción y reconstrucción de modelos mentales, según el modelo ONEPSI (adaptado de Gutiérrez, 2001). (Recoge condicionantes ontológicos, epistemológicos y psicológicos, de ahí el nombre del modelo). Tomado de “El papel de la conversación didáctica en la modelización y progresión del conocimiento escolar: el caso de la hidrostática en ESO” por Aliberas, J., Izquierdo, M. y Gutiérrez, R., 2013, IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, p. 77.....	37
Esquema 3. Marco referencial desde lo disciplinar acerca del fenómeno de la descomposición de alimentos (elaboración propia).....	119
Esquema 4. Estructura para construir el Modelo Científico Escolar de Arribo. Fuente: Elaboración propia.	131

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Célula eucarionte.....	326
Imagen 2. Algunas de las partes del moho Aspergillus SP y el moho Penicillium SP.	109
Imagen 3. Vista microscópica del moho Aspergillus SP.	113
Imagen 4. Vista macroscópica del moho Aspergillus SP.	113
Imagen 5. Vista microscópica del moho Penicillium SP.....	113
Imagen 6. Vista macroscópica del moho Penicillium SP.	113
Imagen 7. Vista microscópica del moho Alternaria.	114
Imagen 8. Vista macroscópica del moho Alternaria.	114
Imagen 9. Vista microscópica del moho Fusarium.	114
Imagen 10. Vista macroscópica del moho Fusarium.	114

Imagen 11. Vista microscópica del moho Geotrichum.	115
Imagen 12. Vista macroscópica del moho Geotrichum.	115
Imagen 13. Vista microscópica del moho Mucor.	115
Imagen 14. Vista macroscópica del moho Mucor.	115
Imagen 15. Vista microscópica del moho Rhizopus stolonifer.	116
Imagen 16. Vista macroscópica del moho Rhizopus Stolonifer.	116
Imagen 17. Grupos funcionales de organismos en una red alimentaria para composta. Tomado de Composting in the classroom. Scientific Inquiry for High School por N. Trautmann, y M. Krasny, 1997, Nature Science Foundation, Cornell Waste Management Institute and Cornell Center for the Environment, Ithaca, 116pp..	1165
Imagen 18. Interacciones entre organismos en una composta. Adaptado de Composting in the classroom. Scientific Inquiry for High School por N. Trautmann, y M. Krasny, 1997, Nature Science Foundation, Cornell Waste Management Institute and Cornell Center for the Environment, Ithaca, 116pp... ..	11626

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Dibujos de los estudiantes, de lo que para ellos es un microorganismo, del Cuestionario A, Modelos Iniciales y del Cuestionario B, Modelos Alcanzados. Fuente: Elaboración propia.	179
Cuadro 2. Dibujos de los estudiantes que se relacionaron muy poco, con lo que eran los microorganismos, del Cuestionario A, Modelos Iniciales y del Cuestionario B, Modelos Alcanzados. Fuente: Elaboración propia.	180

RESUMEN DE LA INVESTIGACIÓN

En este reporte de investigación, se diseñó y validó una secuencia didáctica (SD) desde la perspectiva teórica y metodológica de modelos y modelización, acerca del fenómeno biológico de la descomposición de alimentos por mohos, para promover la construcción de modelos científicos escolares en estudiantes de 4º grado de primaria, de una escuela del Estado de México, e indagar en las ventajas y virtudes que tiene construir modelos en las clases de Ciencias Naturales.

Se abordó el fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos, debido a que los estudiantes desconocen cómo sucede este proceso de deterioro y algunos de los principales causantes del mismo, además, no identifican la utilidad que pueden tener los alimentos en descomposición.

El referente principal para el diseño y validación de la SD fue el Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA) como referente teórico-conceptual-metodológico y basado en tres dimensiones: estudiantil (ideas previas), curricular y científico. La metodología de investigación utilizada para el análisis de la información fue la cualitativa.

Entre los principales resultados sobresalen los siguientes: la mayoría (97%) de los estudiantes identificó que todo ser vivo necesita nutrirse; la mayoría (77%) de los alumnos reconoció que el moho es uno de los principales causantes en descomponer los alimentos; y un 82% de los estudiantes logró distinguir que un alimento entra a una etapa de descomposición por los cambios sensoriales que presenta (cambio de color, sabor y olor).

Desde esta perspectiva teórica y su puesta en práctica mediante la aplicación de la SD basada en el MCEA, favoreció la construcción de modelos científicos escolares para explicar el fenómeno abordado, ya que casi la mitad de los estudiantes logró alcanzar un nivel Medio del modelo postulado; y aun con variaciones en el modelo, permitió transferir el fenómeno de la descomposición de alimentos, a lo que sucede con las hojas secas, pues un tercio (33%) de los estudiantes lo identificó.

INTRODUCCIÓN

El reporte de investigación – intervención que aquí se presenta, tiene el objetivo de diseñar y validar una secuencia didáctica (SD) basada en los enfoques teórico – metodológicos acerca de modelos y modelización, para examinar si se promueve la construcción de modelos científicos escolares en estudiantes de 4º grado de primaria acerca del fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos.

Se pretende que al aplicar la SD, basada en prácticas de modelización y a partir del sustento teórico-metodológico del Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA), los estudiantes logren explicar el fenómeno de la descomposición de alimentos, al distinguir la participación de los mohos¹, como seres vivos, en este proceso; el medio de transporte que éstos (los mohos) utilizan para llegar al alimento; y el vínculo de este fenómeno con el Ciclo de la Materia.

En los siguientes párrafos se resumen los aspectos generales de cada uno de los capítulos de esta tesis.

En el Capítulo 1, presento los intereses y motivaciones que llevaron a construir el objeto de estudio, que es el de diseñar y validar una secuencia didáctica, desde esta perspectiva teórica, a fin de promover la construcción de modelos científicos escolares. Aquí, se plantea el problema y se justifica el porqué de su elección. Asimismo, se describen las preguntas de investigación que se responderán después de haber aplicado la SD y analizado los resultados y los objetivos que se pretenden alcanzar.

En el Capítulo 2, que trata acerca del marco teórico sobre la perspectiva de modelos y modelización, se adentra a la Didáctica de las Ciencias y se hace énfasis en la perspectiva que se tiene acerca de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales, se vincula la relación que existe entre el constructivismo y la didáctica de las ciencias, centrado en la construcción de significados para dar sentido al mundo;

¹ En este reporte de investigación, se tomarán como sinónimos las palabras “moho” y “hongo”. Si bien, la literatura científica aclara que el moho es un tipo de hongo, los estudiantes de educación básica, a nivel primaria, reconocen más la palabra “moho”.

además, se define lo que es un modelo científico, lo que son los modelos y la modelización, desde la perspectiva epistemológica de Giere, así como los modelos científicos escolares, la ciencia escolar y la actividad científica escolar.

Ahora bien, para instrumentar esta visión de modelos y modelización, haré uso del MCEA, que es un dispositivo teórico metodológico que hace homogénea la información necesaria, en términos de modelos, de tres dimensiones diferentes: ideas previas de los estudiantes, aspectos curriculares, en este caso, lo propuesto por la SEP (2011a) y fundamentos disciplinares del fenómeno en cuestión, además de que me servirá como mi hipótesis directriz para diseñar y validar la SD. En este capítulo solo se abordarán sus aspectos teóricos, ya en el Capítulo 4, veremos su preparación metodológica; y por último, se aportan aspectos importantes a considerar en el uso de recursos tecnológicos para la enseñanza de las ciencias.

En el Capítulo 3, se expone el marco referencial para la postulación del MCEA, desde tres dimensiones: estudiantil, que proviene de la revisión de la literatura de las ideas previas sobre el fenómeno de la descomposición de los alimentos; curricular, que procede del Plan y Programas de Estudio propuestos por la SEP, así como de los libros de texto, con énfasis en el campo de formación 'exploración y comprensión del mundo natural y social'; y el científico, construido a partir de la literatura científica relacionada con el fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos.

Ya en el Capítulo 4, se muestra la perspectiva metodológica de investigación, que será de corte cualitativo, con el propósito de obtener información detallada al aplicar la SD, se define la población objetivo con la que se trabajaré, el procedimiento que se realizara para analizar los resultados de la investigación, así como los instrumentos para la recogida de información. Aquí, se revisa la perspectiva metodológica del MCEA y que, para postularlo, se construirán los modelos: estudiantil (*MEi*), curricular (*MCu*) y científico (*MCi*) vinculado con el Modelo de Ser Vivo y con el Modelo del Ciclo de la Materia, desde los referentes vistos en el Capítulo 3, no sin antes, tomar como base la concepción de modelo que se pondrá en práctica y que precisa los componentes del MCEA. Posteriormente, se definirán

los criterios de diseño y validación para la construcción de la SD, que será complementado con enfoques metodológicos de actividades que apoyan la construcción de actividades científicas escolares, y de la secuenciación de éstas, que ayudan en la construcción de modelos científicos escolares.

En el Capítulo 5, se realizó el análisis de resultados de los instrumentos utilizados, después de aplicar la SD, en donde se consideraron como ejes de análisis, los resultados del *Cuestionario A, Modelos Iniciales*, aplicado antes de poner en práctica la SD y los resultados del *Cuestionario B, Modelos Alcanzados*, utilizado al final de la misma. Ambos cuestionarios estuvieron basados en lo postulado en el MCEA, que sirvieron como criterios de análisis. Asimismo, desde esta perspectiva de Modelos, de manera inferencial, se pudo identificar la naturaleza de sus modelos iniciales, intermedios y alcanzados a los que llegaron los estudiantes, que si bien, no fueron objeto de estudio, analizar sus progresiones, se pueden considerar para futuras investigaciones. Lo que si se realizó, es que con base en ellas, se pudo detectar el nivel alcanzado del MCEA.

Por último, se presentan las conclusiones obtenidas, después del análisis y la interpretación de resultados. Se da respuesta a las preguntas de esta investigación/intervención y se muestran si se lograron alcanzar los objetivos propuestos. Al final, se destacan algunas reflexiones acerca de la secuencia didáctica aplicada y algunos temas que son importantes considerar, al llevarla a la práctica con los estudiantes.

CAPÍTULO 1. CONSTRUCCIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO

INTRODUCCIÓN

Para construir el objeto de estudio, me di a la tarea de revisar diversos estudios e investigaciones que han trabajado con planteamientos teóricos y metodológicos acerca de los modelos y modelización y su uso en el salón de clases.

Uno de los autores más representativos en este campo es Giere (2004), pues propone la postura del Modelo Cognitivo de Ciencia (MCC) que implica pensar desde modelos, de explicar el mundo, y de alguna forma, prever su comportamiento, en el cual se circunscribe el uso de modelos teóricos y de procesos de modelización, con el propósito de que los estudiantes construyan sus propios modelos para explicarse los fenómenos naturales.

En ese sentido, ¿cuál o cuáles serían las ventajas de pensar desde modelos en el salón de clases de Ciencias Naturales?, ¿cuáles son aquellos méritos o virtudes que tienen estos planteamientos epistemológicos, teóricos y metodológicos, que hoy en día tienen gran relevancia en la enseñanza de las Ciencias? Muchos autores como Gutiérrez (2004, 2005), Adúriz e Izquierdo, (2002, 2009), Schwartz, et al (2009), entre otros, se han dado a la tarea de investigar a profundidad lo que son los modelos científicos, y cómo estos pueden “tener un valor educativo, que [sintoniza] con la posibilidad de diseñar [actividades científicas escolares] para las clases de ciencias naturales de primaria y secundaria” (Adúriz e Izquierdo, 2009). En este sentido, autores como Sanmartí (2002), Gómez (2013), Acher (2014), entre otros, se han centrado en el enfoque de modelización y sus procesos.

Con esto en mente, me propuse diseñar y validar una SD fundamentada desde la perspectiva teórica de modelos y modelización, para contribuir en la construcción de modelos científicos escolares, y a su vez, indagar en las ventajas de que los estudiantes construyan modelos en el salón de clases de Ciencias Naturales.

Por consiguiente, me di a la tarea de detectar los temas en donde los estudiantes de primaria, tienen más dificultades para comprender los contenidos de ciencias naturales. Una vez detectado, hice una revisión del Plan y Programa de Estudio de la SEP (2011a y 2011b) y en los libros de texto, para ver de qué manera se aborda este contenido en dichos documentos. El resultado de ello, es lo que expongo en esta sección, en el planteamiento del problema y en su justificación. Además, planteo la pregunta de investigación y los objetivos que se pretenden alcanzar durante el desarrollo de este proyecto.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La utilidad o conveniencia de esta investigación/intervención es que pretendo diseñar y validar una SD fundamentada desde la perspectiva teórica de modelos y modelización, para contribuir en la construcción de modelos científicos escolares, y a su vez, indagar en las ventajas de que los estudiantes construyan modelos.

Para averiguarlo, mi punto de partida fue definir el tema que trabajaría para el desarrollo de la SD bajo estos fundamentos. El tema tenía que ser de mi interés y uno en el cual los estudiantes tuvieran dificultades para comprenderlo. Con esto en mente, revise los resultados de las pruebas EXCALE² (INEE, 2013), respecto al *Conocimiento, cuidado y conservación de los seres vivos y el medio natural*, y distinguí que algunos de los reactivos de mayor dificultad estuvieron asociados con las “medidas para reducir la producción de basura” (2013) e “identificar residuos orgánicos” (2014).

Una de las medidas para reducir dicha producción, sería separar los residuos orgánicos de los inorgánicos. Para lograr que esto suceda, los alumnos deben identificar que la vida de un alimento no concluye cuando se desecha al bote de basura debido a que puede ser aprovechado por seres vivos microscópicos que se nutren y se reproducen, como los mohos, y que a su vez, los residuos que ellos (los

² Exámenes de la calidad y el logro educativos (EXCALE). Este examen se realizó al finalizar el ciclo escolar 2012-2013 y 2013-2014 a niños de tercero y sexto grado de primaria.

mohos) generan, pueden servir como fertilizante para otros organismos, como las plantas.

Con base en ello, hice una revisión del Programa de Estudio (SEP, 2011b) y detecté que para cuarto grado de primaria, se esperaba que los alumnos identificaran: “que los hongos y las bacterias crecen, se nutren y reproducen al igual que otros seres vivos” y que “la temperatura, el tiempo y la acción de los microorganismos influyen en la descomposición de los alimentos” (SEP, 2011a:105-106); no obstante, en los libros de texto, lo único que muestra el texto a las niñas y niños, es que los hongos y las bacterias son seres vivos (sin aclarar este hecho) y que a causa de ellos, se descomponen los alimentos, pero sin definir el por qué o cómo sucede eso; además, de que en el libro de texto hay poco material didáctico que ilustre este fenómeno, por ejemplo, en él sólo aparece la imagen de un jitomate y encima de éste, algo parecido al algodón (que en este caso, es un tipo de hongo microscópico), pero sin indicarle o señalarle que eso que ve ahí, es un moho. De manera inmediata, se aborda en dos párrafos lo que es la descomposición de alimentos.

Paralelamente, existen otros aspectos que influyen en el aprendizaje de los estudiantes, sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos. Por ejemplo, la comprensión de este fenómeno en edades tempranas (entre 7 a 11 años) tiene ciertas dificultades, debido al nivel de desarrollo cognitivo con el que cuentan los estudiantes, pues, en los estudios realizados por Brinkman y Boschhuizen (citados en Driver et al., 1999:86), afirman que los niños parecen no ser conscientes del papel que los microorganismos desempeñan como descomponedores de la materia. O bien, con los estudios de Díaz et al. (1996), realizado a niños entre 9 y 12 años de edad, concibieron a la descomposición de los alimentos como un proceso intrínseco de la materia sin que intervinieran seres vivos ni de dentro ni de fuera del alimento.

Por otro lado, Bandiera (2007), afirma que “debido a la escasa atención prestada en niveles escolares anteriores a la educación secundaria, no se observa un aumento significativo en las concepciones alternativas de los alumnos de nivel secundaria, respecto a la microbiología, sobre todo, cuando ellos expresan sus

representaciones y opiniones sobre la naturaleza y el comportamiento de los microorganismos. Además, habría que agregar, que en secundaria se tiene un currículum extenso en temas, centrado en la información, que no permite tener una aproximación más cuidadosa de lo que se enseña en el salón de clases.

En este orden de ideas, y a fin de argumentar el porqué de la importancia de disminuir o eliminar las dificultades que tienen los estudiantes en identificar las “medidas para reducir la producción de basura, la SEP (2014c) afirma que “[nuestro] planeta sufre un deterioro causado por diferentes motivos, entre los cuales ocupa un lugar importante el desecho de materiales que son arrojados al suelo, a los ríos, al drenaje, al aire o al mar. Esto provoca una gran contaminación...” (p. 90).

En México, por ejemplo, la contaminación del subsuelo es un problema de salud pública, que se debe controlar, a fin de eliminar o disminuir las consecuencias que trae consigo en la calidad de vida de los ciudadanos. Tan solo, en el país se recolectan diariamente “103 mil 126 toneladas de residuos sólidos urbanos. Dichos datos se refieren a basura producida en las ciudades, la cual incluye desechos generados en casa habitación, comercios, instituciones, lugares de recreación y otros. Asimismo, “nuestro país se ubica en el quinto lugar de los países del mundo que más producen residuos (materiales de desecho) al año. Sin embargo, no sólo es importante la cantidad de residuos que producimos, sino también su naturaleza...” (SEP, 2011a).

En el Distrito Federal se cuenta con cifras que indican que cada habitante produce 1.5 kilos de desechos, de los cuales el 30% puede ser material reciclado, siempre y cuando se separe de forma correcta, como los residuos de comida (orgánicos), papel, cartón, empaques, bolsas o vidrio (Excelsior, 17 de junio de 2017).

Un hecho que vale la pena acotar, es si será correcto llamar a los residuos de comida “desperdicios”, pues éstos aún son útiles, con ellos se puede elaborar composta, que es utilizada como fertilizante para plantas. (Trautmann y Krasny, 1997).

1.2 JUSTIFICACIÓN

Indagar las ventajas y virtudes que tienen los fundamentos teóricos sobre modelos y prácticas de modelización en la enseñanza de las ciencias, particularmente, en la aplicación de SD's, nace del interés genuino por comprender su utilidad en el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Por ello, diseñaré y validaré una SD, que tendrá como sustento teórico metodológico el MCEA, a fin de promover la construcción de modelos científicos escolares, y a su vez, detectar sus atributos. En ella, abordaré el fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos, en virtud de que puede apoyar a estudiantes de 4º grado de primaria, a identificar que la vida de un alimento no concluye cuando se tira al bote de basura debido a que puede ser aprovechado por seres vivos microscópicos que se nutren y se reproducen, como los mohos, y que a su vez, los residuos que generan, pueden servir como fertilizante para otros organismos, como las plantas; a explicar la función de los microorganismos en este fenómeno; a distinguir que el proceso de descomposición es parte fundamental del ciclo de la materia (los mohos son unos de los “consumidores primarios que descomponen y mineralizan sustancias orgánicas complejas” (Domínguez, Aira y Gómez-Brandón, 2009); y comprender que al separar la basura orgánica de la inorgánica, ambas podrían reutilizarse y disminuir la acumulación de éstas.

Adicional a ello, pretendo aportar ideas que complementen los Planes y Programas de Estudio de la SEP sobre este fenómeno; identificar la transformación de los modelos iniciales, intermedios y finales sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos de estudiantes de 4º grado de primaria. Dichos resultados podrán servir como una contribución para futuros estudios referentes a este fenómeno; que el proyecto tenga relevancia social e implicaciones prácticas, debido a que puede ayudar a que, al menos, esta población de estudiantes se sensibilice sobre el beneficio que tiene no ensuciar o contaminar el papel, plástico y vidrio con los componentes orgánicos, para su posterior reuso, reducción y reciclado de materiales; y finalmente, reconocer si al utilizar este enfoque teórico, los estudiantes

logran un aprendizaje más duradero y pueden extrapolarlo al aprendizaje de nuevos fenómenos.

1.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

En este reporte de investigación se diseñará y validará una secuencia didáctica fundamentada teóricamente desde la perspectiva de modelos y modelización acerca del fenómeno de la descomposición de los alimentos por mohos, con implicaciones para el medio ambiente y con la integración de las tecnologías de la información, a fin de identificar las ventajas de este enfoque teórico.

Las preguntas planteadas para esta investigación, y que se responderán en el apartado de Conclusiones, son:

1. ¿Cómo el diseño y la validación de una secuencia didáctica desde la perspectiva de modelos y modelización, contribuye a construir modelos científicos escolares sobre el fenómeno biológico de la descomposición de alimentos por mohos?
2. ¿En qué medida los estudiantes de cuarto grado de primaria lograrán alcanzar el Modelo Científico Escolar de Arribo postulado?
3. ¿En qué medida los estudiantes de 4º grado de primaria pueden explicar el fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos?
4. ¿Cuáles son las ventajas de construir modelos en el salón de clases?

1.4 OBJETIVOS

General

Diseñar y validar una secuencia didáctica basada en modelos y en prácticas de modelización, acerca del fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos, para examinar si se promueve la construcción de modelos científicos escolares en estudiantes de 4º grado de primaria y, a su vez, detectar las ventajas de construir modelos en el salón de clases.

Específicos

- Diseñar y validar una secuencia didáctica acerca del fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos, sustentada teórica y metodológicamente, en el MCEA y basada en prácticas de modelización para la construcción de modelos científicos escolares.
- Analizar el nivel de logro alcanzado del MCEA postulado, por parte de los estudiantes
- Analizar los modelos explicativos que lograron alcanzar los estudiantes acerca del fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos, después de la aplicación de la secuencia didáctica basada en modelos y en modelización.
- Analizar los modelos iniciales, intermedios y finales obtenidos de los estudiantes, después de haber aplicado la secuencia didáctica, para comparar las transformaciones que tuvieron en cada fase.
- Inferir las ventajas de diseñar y validar una secuencia didáctica basada en modelos y en prácticas de modelización para estudiantes de 4º grado de primaria, acerca del fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO ACERCA DE MODELOS Y MODELIZACIÓN

INTRODUCCIÓN

Desde la disciplina de la didáctica de las ciencias, presento los referentes teóricos que sustentan mi proyecto de investigación/intervención; particularmente, en la parte epistemológica, me centraré en la postura de ciencia que adopta el Modelo Cognitivo de Ciencia de Giere (MCC), el cual implica pensar desde modelos, de explicar el mundo, y de alguna forma, prever su comportamiento, por lo cual se circunscribe el uso de modelos y de modelización; después, describiré algunos autores que definen lo que son los modelos científicos, con el fin de ubicar la concepción de modelo que pondré en práctica; y enseguida, puntualizaré lo que es la modelización y su función en la construcción de la secuencia didáctica.

Hay que destacar que “los modelos cognitivos de ciencia hacen hincapié en que la ciencia es el resultado de una actividad cognitiva,... y que para hacer ciencia es necesario actuar con una meta (interpretar el mundo, darle significado para poder intervenir en él)...” (Izquierdo, 2000).

La posición epistemológica antes abordada, será retomada desde una perspectiva teórica – didáctica propuesta por Adúriz e Izquierdo (2002, 2009) y Adúriz y Ariza (2014), y que retoma la Didáctica de las Ciencias, su relación con la ciencia escolar y los conceptos de actividad científica escolar y modelo científico escolar,

Ahora, para llevar a cabo una secuencia didáctica, desde esta perspectiva, recurriré a la propuesta teórica – metodológica de López y Rodríguez (2013), sobre el Modelo Científico Escolar de Arribo, el cual es un dispositivo que se establece como hipótesis directriz para tener claridad de lo que se desea lograr y a dónde uno quiere llegar con las actividades que se propondrán y llevarán a cabo en el salón de clases. Y por último, hablaré acerca de la importancia de hacer uso de recursos tecnológicos utilizados para la enseñanza de la ciencia.

2.1 LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS O EDUCACIÓN EN CIENCIAS³

La definición más afín acerca de la didáctica de las ciencias que se encuentra directamente relacionada con la perspectiva de ciencia que tengo, es aquella que propone López (2003) y que

[permite], en perspectiva, mejorar la enseñanza de las ciencias naturales – física, química, biología– y su aprendizaje en individuos –estudiantes, futuros docentes– y grupos escolares y en diversos niveles educativos, a partir de considerar los procesos cognitivos de representación de los estudiantes relativos a la adquisición y desarrollo de conceptos, habilidades y actitudes. Y su repercusión en distintos aspectos de la educación –currículo: como estructura y proceso, formación y actualización de profesores, gestión escolar, tecnología educativa, evaluación del aprendizaje, diferencias étnicas y de género, entre otros aspectos–, desde perspectivas teóricas y metodológicas diversas que se nutren de tradiciones identificadas de investigación. (Rodríguez, Izquierdo y López, 2011, p. 13).

Parafraseando a Rodríguez, et al, (2011) la didáctica de las ciencias es una disciplina que hace énfasis en la formación para la vida y la ciudadanía, que tiene como eje principal *la ciencia al servicio de la educación*, y que hace hincapié en la formación de valores, a fin de que las personas ejerzan una vida responsable ante el medio ambiente, una vida pública e informada y una conducta responsable para la sociedad.

Cabe destacar que el objeto de estudio de la educación en ciencias “es entender y mejorar el aprendizaje de las ciencias naturales en individuos y grupos escolares, por lo que los ámbitos de investigación se han centrado en el diseño y desarrollo curricular, representaciones mentales de los sujetos, práctica docente y evaluación

³ En el contexto mexicano el término “didáctica de las ciencias”, ha sido semejante a ‘metodologías de enseñanza y aprendizaje’. Para mí, la didáctica de las ciencias no sólo será eso, sino, más bien parafraseando a López (2003) implicará renovar y mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales mediante el desarrollo de habilidades, actitudes y conocimientos, así como desde distintos ámbitos educativos, por ejemplo, el escolar, la formación docente, la gestión y organización educativa, la evaluación entre otras. Hecha esta salvedad, a lo largo de este documento, manejaré de forma indistinta ambos términos didáctica de las ciencias o educación en ciencias.

de los aprendizajes y ambientes de aprendizaje y gestión escolar en el aula” (Rodríguez, et al, 2013, p. 3).

Por lo anterior, en este proyecto me centraré en el ámbito del diseño y desarrollo curricular, al construir una secuencia didáctica basada en modelos y en la modelización, que apoye en reconocer el fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos a estudiantes de 4º grado de primaria.

La didáctica de las ciencias se ha configurado como campo disciplinario y ha atravesado varios obstáculos para llegar a ello, como por ejemplo la dimensión meramente práctica que se le da pensar que la enseñanza es algo simple. Sin embargo, ha salido adelante mediante las líneas de investigación que se han llevado a cabo, de reconocer desafíos y de planteamientos constructivistas, que más allá de que sean simplistas, se trata de que creen situaciones problemáticas abiertas, de trabajo científico en equipo y de una interacción entre los equipos (Gil, Carrascosa y Martínez, 2000).

De hecho, Adúriz e Izquierdo (2002) resaltan que la didáctica de las ciencias no constituye una rama de la didáctica general. Más bien, surge de una confluencia con la investigación anglosajona en *Science Education*, de naturaleza inicialmente curricular y psicologista y que se ha constituido a partir de las propias *ciencias naturales*, enriqueciéndose con aportes epistemológicos y psicológicos, más que pedagógicos. Por lo que para ellos, es una disciplina por el momento autónoma, centrada en los contenidos de las ciencias, desde el punto de vista de su enseñanza y aprendizaje y, nutrida por los hallazgos de otras disciplinas ocupadas de la cognición y el aprendizaje, sustentada en un enfoque curricular que combina los abordajes epistemológico y psicológico y que ha sumado a ellos, la perspectiva pedagógica. Por lo que la epistemología, la historia de la ciencia y la psicología de la educación han provisto sus fundamentos teóricos. A su vez, que se encuentra en relación de dependencia con cualquier otra disciplina académica que se soslaya en un campo interdisciplinar.

La enseñanza [y el aprendizaje] de las ciencias en educación básica, tiene la intención de “[formar un] pensamiento crítico en las y los estudiantes, que les

permita tomar decisiones fundamentadas y responsables respecto a temas de interés social; principalmente acerca del ambiente –como el calentamiento global y el cambio climático–, la salud –como la obesidad infantil en México y el mundo– y el uso de la tecnología –por ejemplo, las implicaciones sociales en torno al genoma humano–;...” (Rodríguez, Izquierdo, y López, 2011, p. 12).

Para completar la idea anterior, se puede decir que “la función de la enseñanza de las ciencias en este nivel escolar es educar a todas las personas y no solo a quienes en un futuro se dedicarán a su estudio” (Rodríguez, Izquierdo y López, 2011, p. 11).

2.2 EL CONSTRUCTIVISMO Y SU RELACIÓN CON LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

El paradigma constructivista, además de las nuevas corrientes epistemológicas, fueron los que influyeron fuertemente en la enseñanza de las ciencias, que derivó en nuevas propuestas curriculares y en abrir nuevas líneas de investigación (Sanmartí, 2002).

Driver y Oldham (1998) especifican que “este enfoque del aprendizaje tiene sus raíces en la epistemología de la tradición interpretativa o *Verstehen* (Weber, 1949), que se centra en la importancia del significado construido por las personas en sus intentos de dar sentido al mundo. Por tanto, el sentido que se da a cualquier hecho es visto como algo dependiente no solo de la situación en sí misma, sino también de los propósitos y los procesos de construcción activa del significado por parte de la persona. Las construcciones realizadas se conciben como modelos provisionales, puestos a prueba continuamente, por confrontación con la experiencia y, si es necesario, modificados en consecuencia. Esta línea de pensamiento se ocupa de las intenciones, creencias y emociones de las personas tanto como de su conceptualización, y reconoce la influencia de la experiencia previa que tiene en la forma como se perciben e interpretan los fenómenos” (p. 115).

“La forma en que los niños desarrollan sus propias miniteorías o constructos personales basados en la experiencia directa con el mundo físico y en la interacción social informal fue descrita por Claxton (1983), quien sugirió la importancia de tener en cuenta todo ello en las clases de ciencias” (Driver y Oldham, 1998).

De igual manera, este paradigma constructivista se fue consolidando en la Didáctica de las Ciencias, del cual se derivaron nuevas propuestas curriculares. “Algunos de los principales elementos que lo definieron, fueron: los conceptos se construyen, más que se descubren. Las ideas de la ciencia son teorías construidas para explicar la realidad, pero no son la realidad; cuando se empieza el estudio de una teoría o de un concepto, el alumno ya tiene construidas ideas sobre el mismo; para enseñar se debe partir de las concepciones previas de los estudiantes y se deben proponer actividades que ayuden a cuestionar dichas concepciones; los errores de los alumnos deben considerarse como etapas, totalmente normales del desarrollo de sus ideas” (Sanmartí, 2002).

Izquierdo (2000) afirma que “el constructivismo didáctico asume como meta enseñar a pensar científicamente para que los alumnos sean capaces de introducir cambios, de hacer que la sociedad progrese. Por ello, podemos considerar que la actividad educativa influye (o pretende influir) en los otros contextos de actividad científica” (p. 44).

2.3 ¿QUÉ ES UN MODELO CIENTÍFICO?

Varias investigaciones abordan el tema de lo que son los modelos científicos y la modelización, y ante la polisemia de definiciones que son expresadas sobre estos conceptos, no se logra comprender su propósito ni su funcionalidad en lo referente a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Algunos autores, como Leemer (2006) comentan: “aunque los modelos científicos se mencionan y se usan continuamente en didáctica de la física, existe muy poca reflexión sobre qué son realmente estos modelos y en cómo se relacionan con la realidad” (citado en Gutiérrez, 2014, p. 49).

Del mismo modo, Gutiérrez (2014) aclara que “sin una adecuada comprensión de lo que es un modelo científico, difícilmente el profesor podría acometer la enseñanza de las ciencias de manera aceptable” (p. 49).

Mientras que Schwarz y Gwekwerere (2007) explican que “tal vez, la incorporación de modelos como ejemplos típicos de objetos o fenómenos... indica los esfuerzos de los profesores para incorporar modelos sin una clara comprensión de la naturaleza de éstos (los modelos)” (p, 170).

Por lo anterior, me di a la tarea de revisar algunas de las definiciones que ofrecen autores representativos en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias, y que, de cierto modo, dan sentido a su significado, pues no sólo explican lo qué es, sino que, además, mencionan su finalidad en la enseñanza de las ciencias, así como aspectos básicos o características que debieran tener dichos modelos, con el propósito de conocer su función.

Giere (1992) lo define como “cualquier representación subrogante, en cualquier medio simbólico, que permite pensar, hablar y actuar con rigor y profundidad sobre el sistema que se está estudiando” (citado en Adúriz e Izquierdo, 2009).

Justi (2006) dice que los modelos científicos:

Son frecuentemente complejos o bien se expresan mediante formas de representación complejas (como, por ejemplo, formulaciones matemáticas). El importante papel que juega la construcción de modelos para la enseñanza de la ciencia, es vital, debido a tres finalidades: aprender ciencia (naturaleza, aplicación y limitaciones de modelos científicos), aprender sobre ciencias (naturaleza de los modelos y evaluar el papel de los mismos) y aprender a hacer ciencia (alumnos capaces de crear, expresar y comprobar sus propios modelos) (p. 176).

Asimismo, Justi junto con Gilbert (2002) proponen un modelo para la construcción de modelos. Precisan que se debe definir un objetivo, seleccionar el origen del modelo o tener experiencia con el objeto a modelar, enseguida elaborar el modelo mental, expresarlo usando alguna de las formas de representación, después, llevar a cabo experimentos mentales; si el resultado es correcto, planificar y llevar a cabo pruebas experimentales, y si lo que se obtiene es correcto, se habrá alcanzado el objetivo, aunque, será necesario considerar el rango de validez y las limitaciones del modelo; pero, si el resultado es incorrecto, modificar o rechazar el modelo mental, y nuevamente, seleccionar el origen del modelo, o irse un paso antes, y definir nuevamente el objetivo.

Entretanto, Schwarz, et al (2009), definen modelo científico como una representación que abstrae y simplifica un sistema centrándose en las características clave para explicar y predecir los fenómenos científicos (p. 633).

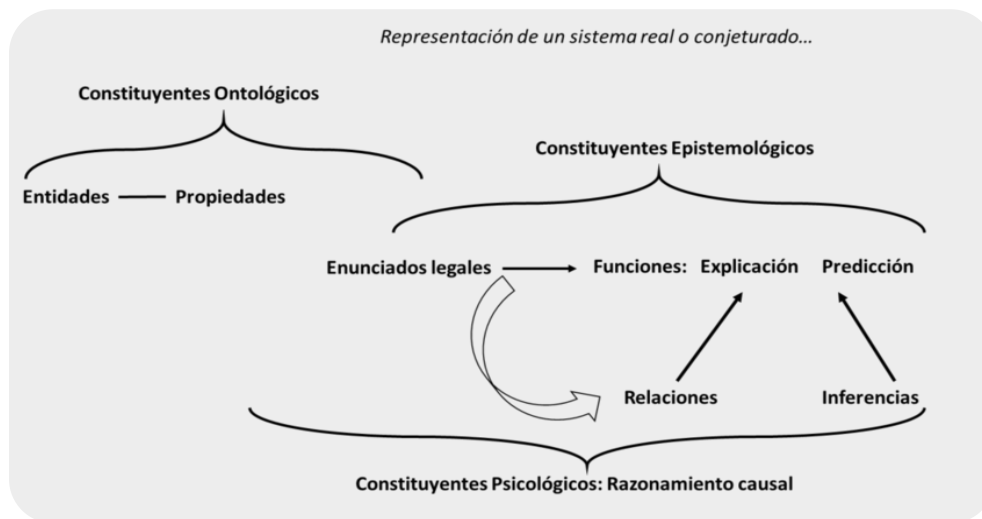
Para complementar su concepto, Schwarz retoma la definición de modelo de Lesh y Doerr (2000), que describen como:

Un sistema que consiste en (a) **elementos**, (b) **relaciones entre los elementos**, (c) **las operaciones que describen cómo interactúan los elementos**, y (d) **patrones o reglas**, tales como simetría, conmutatividad o transitividad, que se aplican a las relaciones y operaciones anteriores. Sin embargo, no cualquier sistema funciona como un modelo. Para ser un modelo, se debe usar un sistema para describir algún otro sistema, o pensar en ello, o darle sentido, o explicar o hacer predicciones al respecto” (p. 362).

Por otro lado, Gutiérrez (2014) también define lo que es un *modelo científico*; para ello, recurre al aspecto ontológico de Mario Bunge, debido a que tiene una concepción semántica de las teorías científicas y una posición moderadamente realista. Por lo cual, aclara el significado etimológico de ontología, que es “*ciencia del ser*”, “... la ciencia que se ocupa de las cosas, de las entidades, del ser, en cuanto a sus atributos esenciales; es decir, se ocupa sólo de *lo que hace que una cosa sea lo que es y no otra*” (p. 50). Después de esta aclaración, Gutiérrez define *modelo científico* como “una representación de un sistema real o conjeturado, consistente en un conjunto de entidades con sus principales propiedades explicitadas y un conjunto de enunciados legales que determinan el comportamiento de esas entidades” (p. 51). Asimismo, añade que las funciones esenciales de un modelo son la explicación y la predicción (Ver Esquema 1).

La definición anterior, se sitúa como “... *instancia crítica* desde la que valorar las variadas definiciones de modelo científico y de las funciones atribuidas a los mismos, que se encuentran en los distintos autores” (Gutiérrez, 2014, p. 50). “Esto ayuda a unificar criterios de lo que es un *modelo científico*” (López y Angulo, 2016).

De esta manera, “la explicación del fenómeno queda plasmada en la estructura y funcionamiento del mismo, mientras que los “enunciados legales” dan cuenta del comportamiento del fenómeno ya sea de forma cuantitativa o cualitativa” (López y Angulo, 2016, p. 90).

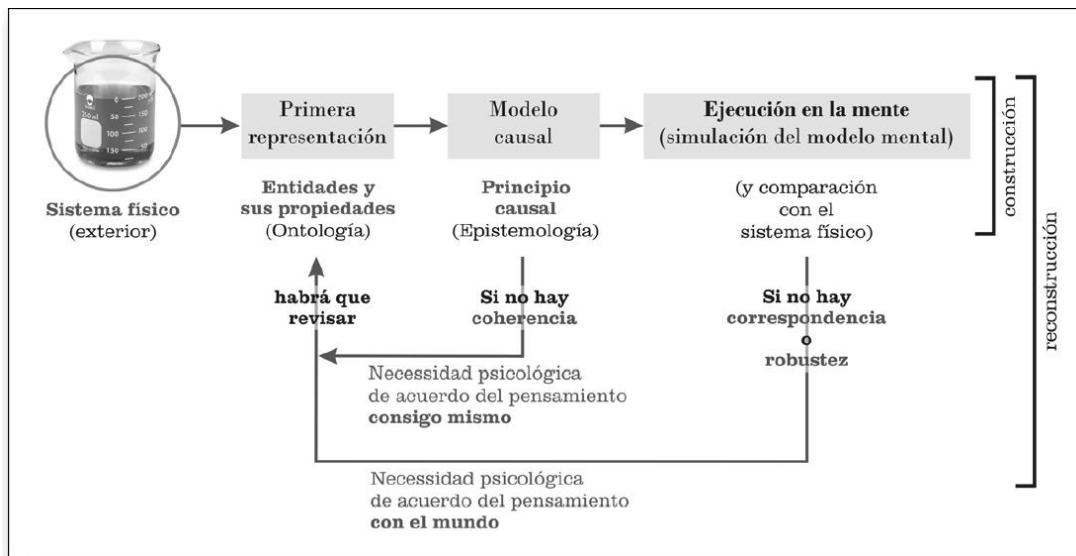


Esquema 1. Definición de Modelo Científico de acuerdo con Gutiérrez, 2014 – ONEPSI. Tomado de “Representaciones estudiantiles sobre nutrición humana como modelo estudiantil inicial para referencia didáctica, por López, A. y Angulo, F., 2016, *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 12 (2), p. 91.

Al igual que Justi y Gilbert (2002), Gutiérrez establece el modelo llamado ONEPSI:

Surge como fundamento que da cuenta de lo que es un modelo científico, pero que apropiadamente se puede aplicar para explicar las representaciones utilizadas por los sujetos o la ciencia misma a fin de explicar y predecir el comportamiento de fenómenos estudiados por ella y que presentan valor educativo. Integra las restricciones ontológicas (ON) y epistemológicas (EP) basadas en creencias personales y en hechos observados en contextos culturales (al igual que el modelo mental De Cleer & Brown, [1981]), pero también el componente psicológico (PSI) que mueve a las personas a modificar sus puntos de vista en tanto se replantea la causalidad. De allí surge la nominación ONEPSI (citado en López y Angulo, 2016, p. 89).

Adicional a ello, el modelo ONEPSI “describe con precisión el proceso por el cual los humanos construimos modelos mentales de los sistemas físicos, los reconstruimos si no nos resultan satisfactorios, y los usamos para inferir el comportamiento real de los sistemas” (Ver Esquema 2) (Gutiérrez, 2001, citado en Aliberas, Izquierdo y Gutiérrez, 2013).



Esquema 2. Funcionamiento del proceso de construcción y reconstrucción de modelos mentales, según el modelo ONEPSI (adaptado de Gutiérrez, 2001). (Recoge condicionantes ontológicos, epistemológicos y psicológicos, de ahí el nombre del modelo). Tomado de “El papel de la conversación didáctica en la modelización y progresión del conocimiento escolar: el caso de la hidrostática en ESO” por Aliberas, J., Izquierdo, M. y Gutiérrez, R., 2013, *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, p. 77.

En la Tabla 1, comparo las características específicas de cada una de las definiciones de *modelo científico*, a fin de distinguir cuál de ellos presenta una idea clara y concisa de lo que son y su funcionalidad.

Tabla 1. Características específicas de algunas de las definiciones de modelo científico. **Fuente:** elaboración propia

	Giere (1992)	Lesh y Doerr (2000)	Justi (2006)	Schwarz, et al (2009)	Gutiérrez (2014)
¿Qué es?	Cualquier representación subrogante	Sistema	Representaciones complejas	Representación	Representación de un sistema real o conjeturado
¿Cuáles son sus componentes?		Elementos	Cosas		Conjunto de entidades
					Propiedades
¿Cuál es su función?	Permite pensar, hablar y actuar con rigor y profundidad sobre el sistema que se está estudiando, en cualquier medio simbólico	Patrones o reglas			Conjunto de enunciados legales
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Relaciones entre los elementos ▪ Operaciones que describen cómo interactúan los elementos 		Abstrae y simplifica un sistema. Proporcionar características clave para explicar y predecir fenómenos	Determinan el comportamiento de esas entidades (reglas de funcionamiento / Coherencia). Explicar y predecir fenómenos

Como se puede apreciar en la Tabla 1, todos los autores aportan algún aspecto que da claridad de lo que es un modelo científico, pero Giere (1992) define notoriamente su funcionalidad, mientras que Gutiérrez (2014) proporciona los elementos que lo constituyen. Cabe destacar que Gutiérrez y Justi junto con Gilbert (2002) son los que proponen un modelo para el proceso de construcción de modelos, esto debido a que la ciencia se puede definir como “un proceso de construcción de modelos con distintas capacidades de previsión... no como una etapa auxiliar, sino como un aspecto fundamental en el proceso dinámico y no lineal de construcción del conocimiento científico (p. 176)”

De manera general, se puede decir que los modelos científicos “son instrumentos mediadores entre la realidad y la teoría” (Morrison y Morgan, 1999, citado en Justi, 2006); tienen un “papel representacional, que [los] sitúa entre teoría y mundo, [y que] constituye una de sus características fundamentales, a fin de recuperarlo cuando se pretende introducir en el aula de ciencias” (Adúriz, 2014, p. 28). Pues al introducirlos, “los profesores pueden aprovechar los modelos para: demostrar cómo funcionan las cosas; explicar conocimientos científicos complejos” y comprender que “se construyen para entender, explicar y predecir fenómenos” (Gutiérrez, 2014, p. 38, 44).

2.4 RESPECTO A LOS MODELOS Y LA MODELIZACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

La ciencia, por ser una actividad humana, resulta compleja y complicada de describir. Al tener como antecedente que “el método científico está en crisis porque no consiguió, entre otros aspectos, un lenguaje preciso que conectase los términos que se refieren a entidades experimentales y los que se refieren a entidades teóricas, se puede ver que dicha crisis está muy relacionada con el problema en la enseñanza de las ciencias. Por lo tanto, han surgido nuevos modelos de ciencias como el ‘modelo cognitivo de ciencias’ de Giere, que trata de explicar el mundo y prever su comportamiento, a través de actividades científicas que se realizan para

comprender cómo funciona la ciencia mediante el análisis de su sistema de valores y del establecimiento de las reglas del juego” (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999).

Antes de continuar, primero veamos, lo que significa estar posicionado en un modelo de ciencia cognitiva.

2.4.1 Modelo Cognitivo de Ciencia de Giere

Giere está incorporado a una corriente semanticista que trata a las teorías científicas, más que un sistema de enunciados, como un sistema de modelos, es decir, permite hablar de una ley científica involucrando a la economía, la psicología o la sociología; y no exclusivamente de la ley física como ocurre en una concepción heredada (Arboleda, 2006).

Derivado de ello, Giere (1988, en Stany, 2007) “aboga por una filosofía de la ciencia naturalizada, entendida como la idea de que todas las actividades humanas deben ser comprendidas como fenómenos totalmente naturales, tal como las actividades de los elementos químicos o los animales. Se fundamenta en que los científicos, como cualquier otro humano, construyen modelos sobre la realidad y que las teorías pueden entenderse como modelos (mentales) teóricos” (p. 34-37). O bien, entendida “como el intento de explicar las decisiones de los científicos a partir del supuesto de que éstos son agentes con determinadas capacidades psíquicas, lo que le lleva a utilizar modelos de explicación procedentes de la psicología. Y supone que el cognitivismo es la teoría más útil y fiable para cumplir con esta tarea” (Zamora, 2014).

Por lo tanto, “el Modelo Cognitivo de Ciencia (Giere, 1988; 1992, en Izquierdo, et al, 1999), muestra que el proceso mediante el cual se construyen estos conocimientos no es radicalmente diferente del de otras elaboraciones humanas con las cuales se da significado a los acontecimientos que se quieren controlar. El conocimiento científico tiene de peculiar que puede estar al alcance de todos aquéllos que quieren saber cómo funciona el mundo y cómo intervenir en él. En suma, frente a otros modelos de ciencia, el Modelo Cognitivo de Ciencia destaca los aspectos

psicológicos y sociales que son el origen del pensamiento científico experimental, a partir del cual es posible, después, el razonamiento y la justificación teórica” (p. 46).

Con esto en mente, cabe preguntarnos, ¿por qué y para qué hablar de modelos en la enseñanza de las ciencias?, ¿qué es un modelo?, ¿de qué manera se elaboran?, ¿cuál es su utilidad en la ciencia? “En general, en la investigación científica se emplea la idea de modelo para abarcar un esquema teórico [...] de un sistema o de una realidad compleja [...] que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento (RAE 2008, en Adúriz e Izquierdo, 2009)”... que “funciona como un facilitador para la comprensión del mundo real” (Moreira, et al, 2002, en Adúriz e Izquierdo, 2009).

2.4.2 ¿Qué es un modelo?

Giere (2004) nos explica que las cosas que comúnmente son llamadas *modelos* parecen formar una clase heterogénea que incluye modelos físicos, modelos a escala, modelos análogos, modelos matemáticos, entre otros; y que en algunas ciencias, los modelos son construidos de acuerdo a *principios* formulados explícitamente, como generalizaciones, no obstante, nos dice que son verdades vacías, o falsas, por lo que propone hallar otra manera de caracterizar estos principios como usar objetos con gran nivel de abstracción, que exhiban todos y sólo las características especificadas en los *principios* y que éstos últimos actúen como plantillas generales para la construcción de objetos abstractos más específicos, llamados *modelos* con características del mundo real. Por lo que, al usar modelos abstractos para representar sistemas reales, puede aplicar también a modelos físicos, en donde las ventajas de usarlo sea poder escoger las características similares relevantes y dar una idea razonable de que tan parecido podría ser según lo esperado.

En este sentido, para Adúriz e Izquierdo (2009) “modelo es un objeto o evento del mundo real que es representado de alguna manera, mientras que otras veces, llamamos ‘modelo’ a la representación simbólica que se hace de una entidad real...

En el primero, el ‘modelo’ remite a un *arquetipo, ejemplo paradigmático o epítome* de una clase o conjunto; en el segundo el ‘modelo’ remite a una versión *estilizada, réplica o esquema* de algo que señala una *imitación o simulación*” (p.41).

Al retomar las concepciones de ‘modelo’ de Suppe, Giere y Van Fraassen (en Adúriz e Izquierdo, 2009), explican que comparten características valiosas para la enseñanza de las ciencias naturales, que son:

1. El interés está puesto en cómo las teorías científicas dan sentido al mundo sobre el que se aplican y cómo cobran sentido para quienes las están aplicando, más que en la estructura lógica y lingüística estricta de cada teoría.
2. Las teorías no son solo los enunciados teóricos de los que aquellas están compuestas, sino que contienen también los hechos interpretados por ellas... constituyen también un saber cómo (know how) en torno a las explicaciones e intervenciones que se pueden hacer con ellas.
3. Las teorías quedan mejor determinadas y caracterizadas por sus respectivas clases de modelos; por tanto, resulta más relevante dedicarse a estudiar metateóricamente estos que aquella.
4. No hay una relación tan directa entre lo que decimos (proposiciones) y los fenómenos, sino que esa relación está mediada por los modelos en tanto representaciones no lingüísticas del mundo, representaciones que no son reducibles ni a enunciación, ni a realidad, puesto que son ‘autónomas’ con relación a ambas (Justi, 2006).
5. Se toma “en pie de igualdad” las distintas formas lingüísticas con las que se pueden presentar los mismos modelos, sin presuponer la supremacía o prioridad de algunas (la axiomática, por ejemplo) por sobre otras. En este aspecto, la visión basada en modelo es mucho más flexible que la epistemología precedente, al considerar como conocimiento teórico un saber no rígidamente formalizado que se puede expresar con muy distintos lenguajes: [los modelos abstractos] pueden ser una maqueta, un dibujo, un hecho ejemplar. [P]ueden presentarse de manera simple, destacando solo lo

esencial para que resulten explicativos. [P]ueden definirse de muchas maneras diferentes (Izquierdo, 2007).

Al hacer la analogía con un mapa de lo que es un modelo, puedo decir que el mapa cuenta con diversos recursos y señalizaciones, y que captura solo algunos elementos de un lugar, pero que te apoya perfectamente en ubicarte en una realidad, mientras que el modelo *“constituye una guía extremadamente potente para la intervención sobre el mundo en el contexto de la actividad científica erudita y también –creemos– en la enseñanza de las ciencias naturales”* (Adúriz e Izquierdo, 2009, p. 46).

En lo referente a aquello que “caracteriza la actuación de los científicos y las científicas, es la construcción de teorías. Las teorías científicas, si bien son provisorias y perfectibles, no resultan nunca arbitrarias, puesto que pretenden hablar del mundo... Estas teorías son las representaciones específicas de la ciencia... Ellas están formadas por modelos teóricos y por dominios de fenómenos; entre modelos y fenómenos se establecen relaciones sustantivas que se desarrollan gracias a la formulación de hipótesis, que son contrastadas con la realidad para poder ser aceptadas. Los científicos elaboran modelos teóricos de manera creativa e imaginativa, para conseguir que muestren o sugieran las características “transversales” de determinadas agrupaciones de fenómenos” (Lombardi, 1998; Izquierdo, et al, 1999; en Adúriz e Izquierdo, 2009).

Conviene subrayar que para Giere (en Adúriz e Izquierdo, 2009), **“modelo teórico** es una entidad abstracta, no lingüística que se comporta como lo “mandan” los enunciados o proposiciones que definen esa entidad, por ejemplo: modelos abstractos altamente elaborados, maquetas, imágenes, tablas, grafos, redes, analogías... siempre que habiliten a quien los usa, a describir, explicar, predecir e intervenir; es decir, cualquier representación subrogante, en cualquier medio simbólico, que permite pensar, hablar y actuar con rigor y profundidad sobre el tema que se está estudiando” (p. 45).

Evidentemente, con el concepto que propone Giere hace que la enseñanza de las ciencias, no se vea tan metódica ni estricta. Esta sencillez con la que habla este autor, aporta la confianza suficiente para trabajar en el salón de clases y “pensar sobre ciertos hechos-clave reconstruidos teóricamente (la caída de una manzana, el balanceo de un candelabro, la frenada de una patineta, el impacto entre dos bolas de billar...) para dar sentido a los fenómenos del mundo que nos rodea (la gravitación, las oscilaciones, el movimiento, el choque...) que se nos muestran análogos a aquellos” (p. 46) y utilizar los modelos abstractos que él propone.

Los modelos, como fuertes depositarios de analogías y metáforas, sirven para conocer algo de lo nuevo a partir de lo ya conocido, para unir dos realidades que hasta el momento eran extrañas. Pensar a través de modelos posibilita establecer relaciones entre “lo real” y “lo construido” y desarrollar una visión multicausal a partir de considerar más de una variable al mismo tiempo, todo ello con la finalidad de poder predecir y explicar (Izquierdo, et al, 1999).

Una de las actividades científicas de mayor importancia en la enseñanza de las ciencias y que hoy en día es reconocida por filósofos de la ciencia, es la modelización. En una de sus definiciones más prácticas, es la forma en cómo se construyen modelos:

La modelización considera la enseñanza como el conjunto de acciones que promueve el profesorado para favorecer el proceso de modelización que realizan alumnos y alumnas con la finalidad de “dar sentido” a los hechos del mundo, un sentido que ha de tender a ser coherente con el conocimiento científico actual... Hacer ciencia escolar, es llevar adelante una actividad en la cual la modelización, la experimentación y la discusión se entrecruzan para una reconstrucción de los fenómenos. En esta perspectiva metodológica se pone el acento en la explicitación, a través de distintos lenguajes, de modelos explicativos que sean coherentes con los hechos observados y que evolucionen (Sanmartí, 2002, p. 186).

Por lo tanto, “los estudiantes deben tener la oportunidad de participar en actividades diversas de modelización, como explorar, expresar, construir, aplicar y revisar modelos” (Gutiérrez, 2014, p. 38).

A partir de lo anteriormente expuesto, aprender en la escuela significa construir modelos que den sentido a los hechos que viven los alumnos en su contexto.

Estos modelos serán relevantes siempre y cuando conecten con fenómenos familiares sobre los cuales puedan pensar, hablar y actuar. Desde esta perspectiva, se denomina modelización, “al proceso de construir estas relaciones y entendemos que es clave para aprender ciencias, puesto que a través de él los estudiantes saben “dar sentido” a los hechos de su mundo utilizando modelos cada vez más complejos” (García y Sanmartí, 2006, p.284).

Otra definición de modelización es la que nos proporcionan Izquierdo y Adúriz (2003) el cual nos explican que es el proceso de transformación del mundo que se produce como consecuencia del pensamiento científico y modelos teóricos a las ideas básicas, fundamentales, irreductibles, que las ciencias han establecido para pensar sobre los diferentes tipos de fenómenos que estudian.

Para Gómez (2006, citada en Gómez, 2013) el proceso de modelización se abstrae e idealiza un fenómeno particular y se integran entidades abstractas, sus relaciones y propiedades, para describir la estructura interna, la composición o el funcionamiento del sistema o fenómeno y para generar predicciones que permitan intervenir en él.

Cabe destacar que Acher, Arca y Sanmartí (2007) comprenden la modelización como un “proceso en donde los niños tienen la capacidad de organizar formas reconocibles y manejables durante la comprensión de fenómenos complejos” (p.398).

Expongo algunas de las definiciones sobre lo que es modelización con el objeto de hacer mi propia conceptualización, al tomar como base lo que declaran los autores. Para mí, la modelización son aquellas acciones que los alumnos realizan, concernientes con el fenómeno que se pretende comprender; acciones que implican la construcción de modelos (maquetas, argumentos, dibujos, símbolos, analogías, ideas) entendidos como las representaciones o ideas abstractas que resultan de lo que observan, viven, experimentan, sienten, piensan y comunican y que le dan

sentido y significado al contexto en el que se desenvuelven, mediante la toma de decisiones conscientes.

Por lo tanto, la modelización es una herramienta que los alumnos pueden utilizar para construir, usar, comparar y evaluar el modelo que estén creando. Para que, cuando el alumno tome conciencia o reflexione sobre este proceso, querrá decir que él o ella estarán metamodelizando.

2.4.1 Perspectiva teórica de modelización para la SD

La modelización servirá como una de las bases en el desarrollo de mi secuencia didáctica, así como para el proceso de enseñanza y de aprendizaje de los alumnos a fin de que comprendan el fenómeno de descomposición de alimentos, los microorganismos que intervienen en este proceso, y por ende, en el ciclo de la materia, que será el gran modelo que explicará el fenómeno, el cual se relaciona con el recorrido que realizan los organismos vivientes).

La perspectiva teórica que retomaré para ello, será la propuesta por Sanmartí (2007), en la que explica que “aprender ciencias comporta aprender a mirar y ver las experiencias desde puntos de vista distintos y a pensar sobre ellos desde concepciones que a menudo son diferentes de las intuitivas. Este mirar y pensar nuevo se genera al hablar, aunque sea hablar con uno mismo, y se concreta en el uso de un vocabulario y de unas expresiones específicas. En el proceso de intentar comunicar coherentemente unas ideas, éstas se reformulan y se priorizan unos datos sobre otros” (p.2).

En este sentido, Sanmartí (2002) nos expone que hacer ciencia en la escuela, es decir, hacer ciencia escolar, es llevar a cabo una actividad en la cual la modelización, la experimentación y la discusión se entrecruzan para reconstruir los fenómenos y a partir de situaciones transformadas en problemas para los estudiantes, ellos expresan sus ideas y los profesores los ayudan a ponerlas en

juego promoviendo la discusión sobre aspectos que a su juicio, son relevantes en relación con el modelo o teoría científica de referencia.

Aquí, “el acento se pone en la explicitación a través de distintos lenguajes, de modelos explicativos por parte del alumnado que sean coherentes con los hechos observados, y que evolucionen a partir de la génesis de nuevas experiencias y del intercambio de puntos de vista entre los miembros del grupo-clase” (Sanmartí, 2002, p. 186).

2.4.2 Ciencia escolar, modelo científico escolar y actividad científica escolar

Un concepto que se incluye dentro de la didáctica de las ciencias, es el de ciencia escolar, el cual Izquierdo, Sanmartí y Espinet (1999) se refieren a ese contexto en donde se desarrollan actividades científicas escolares, como es la escuela. La ciencia escolar debe tener valor para los alumnos a fin de hacer de ella una actividad significativa. Debe considerar distintos aspectos para que esto suceda, como: los objetivos de los alumnos en las clases de ciencias, el mundo a conocer a partir de la manipulación y de la modelización, los métodos a practicar y los lenguajes teóricos.

Izquierdo y Adúriz (2003) destacan que los estudiantes necesitan una apropiada ciencia escolar, pues requieren una introducción a la cultura científica, antes de que puedan “actuar como científicos”; y que también se requiere un modelo que le dé importancia a los aspectos discursivos y retóricos de la actividad científica en el salón de clases. El modelo cognitivo de la ciencia puede aportar ambos elementos, porque puede explicar la ciencia de los científicos y la ciencia escolar, al aprovechar que ambas ciencias proponen comprender el mundo y la comunicación de ideas teóricas con exactitud y significativamente.

Para que las prácticas y la ciencia escolar, tengan la misma relevancia, la primera se debe relacionar con la transposición didáctica (Chevallard, 1985, en Izquierdo, et al, 1999), a fin de diseñar actividades que introduzcan el modelo y generen el hecho

científico, para conceder así, más atención a las prácticas de iniciación; y la segunda, porque la ciencia que se enseña y se construye en el aula, es diferente a la que construyen los científicos, por lo tanto, se deben conocer plenamente sus características y finalidades.

Para acercar estas prácticas de iniciación a los alumnos y de cierta forma, hacerlas significativas, es necesario plantear preguntas sencillas para aproximarlos a la realidad del fenómeno. O bien, encontrar situaciones de la vida cotidiana que puedan ser utilizadas como analogías, para que el alumno tenga una aproximación global del fenómeno, la manipulación y el instrumento. Es por ello, que Izquierdo, Sanmartí y Espinet (1999) recomiendan que las prácticas deben ser planificadas con muchísima atención y de una manera estratégica, al considerar: el momento del proceso de enseñanza y aprendizaje en la que se sitúa la práctica; la actividad cognitiva y lingüística que deseamos impulsar; los instrumentos de regulación y autoevaluación de los aprendizajes y; la selección cuidadosa de los fenómenos, que serán los que puedan interpretarse mediante los modelos y conceptos que vertebran el currículo y limitarse a ellos.

Del mismo modo, es necesario considerar la teoría de los contenidos, o lo que se ha de tener en cuenta para escoger los temas de la ciencia escolar, a fin de considerar: los objetivos o finalidades educativas; los núcleos temáticos organizados alrededor de los modelos teóricos apropiados; los procesos de justificación; y los criterios para conectar con otros conocimientos, con el propósito de conseguir que el alumnado vea la clase de ciencias como una ocasión de entrar en una historia como protagonistas, narradores y guionistas. Esto se vive al hacer algo de lo que sepa hablar y que le introduzca al planteamiento de problemas y a la búsqueda de estrategias de resolución, a la realización de investigaciones, y se inicia al disponer de una buena pregunta que se ha de aprender a formular (Izquierdo, 2005).

Por lo tanto, “el principal reto de la ‘ciencia del profesor de Ciencias’ es diseñar una ciencia escolar que permita desarrollar en clase una actividad científica” (Rodríguez,

et al, 2011, p. 32), en la cual procedimientos, actitudes e ideas vayan de la mano, y así, las acciones docentes puedan ser exitosas.

Si bien, anteriormente se habló sobre el concepto de modelo científico, en este apartado se enfoca en el modelo científico escolar, como aquel que se lleva a cabo en el aula, en el contexto escolar. Ahora, tener claridad de lo que es un modelo científico permitirá “ubicar aquellos aspectos de los modelos de la ciencia relevantes para trabajar en el aula y contribuir al mejoramiento de la educación científica” (Adúriz y Ariza, 2012).

Sin embargo, hay que considerar que “un modelo científico contiene la articulación de un gran número de hipótesis de altísimo nivel de abstracción atinentes a un cierto campo problemático de la realidad. El alto grado de formalización de un tal modelo hace que esté a menudo fuera de las capacidades operatorias y de la disponibilidad de conocimientos previos de los alumnos de la escuela primaria y secundaria. [Por ello], aprender ciencias naturales en la escuela requeriría, entonces, reconstruir los contenidos científicos por medio de una imagen didáctica adecuada que los «lleve al aula»” (Galagovsky y Adúriz, 2001, p. 234).

Desde “la Didáctica de las Ciencias, esta visión implica poner el acento de la actividad escolar, en la construcción de modelos o tramas de ideas por parte de los alumnos, modelos que les proporcionan una representación y explicación de las características de los hechos del mundo... Estos modelos de la ciencia escolar, no tienen que ser los mismos que los de la ciencia experta, aunque han de ser coherentes con ella” (García y Sanmartí, 2006, p. 284).

Ahora bien, según Echeverría (1995, en Izquierdo, et al, 1999) la actividad científica se desarrolla en cuatro ámbitos: la innovación o descubrimiento, la evaluación o justificación, la enseñanza y la aplicación. Y es precisamente en la enseñanza donde se consolidan los conocimientos científicos normativos, los que cada generación considera imprescindibles para que los jóvenes puedan llegar a incorporarse al grupo disciplinar. Así, también la escuela, siendo normativa y precisamente porque lo es, es un contexto de actividad científica.

Específicamente, la actividad científica escolar (ACE) tiene dos grandes objetivos: estructurar las mentes y formar las conciencias. Es preciso mencionar que las teorías científicas son conjuntos de modelos teóricos con los cuales interpretan grupos de fenómenos. Los modelos teóricos, son por tanto, fruto del pensamiento abstracto o una representación del mundo, y a su vez, un diálogo entre especialistas o de personas. En ese sentido, para crear propuestas concretas, los conocimientos escolares han de ser útiles para razonar sobre un mundo en evolución en el cual se pueda intervenir y han de poder relacionarse entre sí, criterios de racionalidad moderada, aplicados al conocimiento científico y a la actividad científica escolar, para ello, existen tres grandes retos: dar pautas para una actividad científica escolar en la cual se aprendan conocimientos disciplinares; justificar una atención preferente al lenguaje; e identificar proyectos que se puedan llevar a cabo en la escuela a partir de la confluencia entre diferentes «saberes» disciplinares (Izquierdo, 2007).

2.5 MODELO CIENTÍFICO ESCOLAR DE ARRIBO, ASPECTOS TEÓRICOS

A partir de lo anteriormente expuesto sobre modelos y modelización, examinemos ahora el Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA) (López y Rodríguez, 2013). Este dispositivo está “sustentado en la visión semántica de Giere y en la conceptualización derivada de ello de ‘ciencia escolar’ (López y Moreno-Arcuri, 2014, p. 117).

La intención del MCEA es que se establezca como hipótesis directriz para tener claridad de lo que se desea lograr y a dónde uno quiere llegar con las actividades que se propondrán y llevarán a cabo en el salón de clases, así como definir criterios para el diseño y validación de la secuencia didáctica.

De igual manera, el propósito del MCEA es

Alinear y hacer homogénea la información necesaria, en términos de modelos –de tres dimensiones diferentes– para diseñar y validar estrategias didácticas y de acuerdo con López y Moreno-Arcuri (2014, p. 118):

- *Estudiantil*, proveniente de las ideas previas de los estudiantes, antes de iniciar el desarrollo de la estrategia didáctica
- *Curricular*, procedente de los programas de estudio y de los libros de texto, mediante su revisión
- Científica, originada en el ámbito científico de las distintas disciplinas, en donde se revisa la literatura científica para identificar, seleccionar, inferir el modelo erudito que explica y predice el fenómeno en cuestión

Después de que se construyen los tres modelos antes mencionados (estudiantil, curricular y disciplinar) se colocan en una tabla para poder tensionarlos (o ajustarlos), a fin de postular el MCEA,

Que sirve como criterio para el diseño de la estrategia didáctica y, como herramienta de validación para probar si puede ser alcanzado o no, y en qué medida. La tensión se realiza en términos de los elementos o entidades que constituyen el sistema a ser representado, las propiedades de los mismos, las relaciones entre dichas entidades y las reglas de inferencia que rigen tales relaciones. De ahí surge el MCEA, que debe quedar ubicado en un modelo que se encuentra generalmente entre el modelo curricular y el modelo inicial de los estudiantes, pero en la línea de explicación del modelo científico (López y Moreno-Arcuri, 2014, p. 119).

En este orden de ideas, para proponer el MCEA, construiré los tres modelos: estudiantil (*MEi*), curricular (*MCu*) y científico (*MCi*). No obstante, antes de elaborarlos, debo seleccionar el modelo que tomaré como base para construirlos. Estos aspectos serán abordados en el Capítulo 4.

2.6 EL USO DE RECURSOS TECNOLÓGICOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA

En cuanto al diseño de la secuencia didáctica se tiene contemplado el uso de recursos tecnológicos, como videos o el uso de un microscopio para apoyar la comprensión del tema. Ya que se ha visto que estos recursos son “eficaces para el aprendizaje y la resolución de problemas en el campo de las ciencias naturales, argumentando a su favor la capacidad que ofrecen para “visualizar” los fenómenos estudiados” (Aldrich, et al, 2003 en Chao, 2015, p. 216).

Es más, “para compensar las limitaciones perceptuales y cognitivas y generar una mejor correlación entre el modelo explicativo científico, que describe al fenómeno

natural y la experiencia empírica sensorial, se recurre a sistemas de representación gráfica y visual, por lo general icónica y/o a textos y ecuaciones descriptivas que pretenden retratar las relaciones y elementos ocultos a la percepción, como tradicionalmente ocurre en los materiales de instrucción utilizados en la enseñanza de este tipo de fenómenos” (Chao, 2015, p. 212).

Como explican Mayer (1989a) y Johnson-Laird, (1983, 1998), es posible que se puedan generar ideas o modelos mentales erróneos, por lo que valerse de herramientas tecnológicas adecuadas, consentiría distinguir las concepciones y percepciones que se construyen durante el aprendizaje de algunos fenómenos científicos (Chao, 2015).

Parafraseando a Chao (2015), gracias a lo multifacéticos y a su interactividad, las tecnologías digitales pueden llegar a ser herramientas de apoyo sensoriales que favorezcan la representación de procesos que escapan a la percepción natural, y así favorecer el aprendizaje, argumentando a su favor la capacidad que ofrecen para ‘visualizar’ los fenómenos estudiados, por ejemplo, las múltiples posibilidades de representación, de narración y de contextualización que ofrecen estas tecnologías presuponen un cambio cualitativo en la forma de enseñar ciencias.

CAPÍTULO 3. MARCO REFERENCIAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MCEA

INTRODUCCIÓN

En este capítulo, expongo la revisión de la literatura que hice acerca de las ideas previas que tienen los estudiantes sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos; asimismo, hago una descripción y análisis del Plan de Estudios 2011, propuesto por la Secretaría de Educación Pública, específicamente, del campo formativo Exploración y comprensión del mundo natural y social, con la intención de contextualizar el fenómeno de la descomposición de alimentos y el marco en el cual se mira el cuidado del medio ambiente en cuarto grado de educación primaria. Finalmente, explico aspectos generales del fundamento disciplinar de mi fenómeno de estudio, es decir, de la descomposición de alimentos, así como la función de los microorganismos en este proceso.

3.1 DESDE LAS IDEAS PREVIAS

Introducción

En este apartado presento la revisión bibliográfica que realicé acerca de las ideas previas y secuencias didácticas sobre descomposición de alimentos, en distintas revistas especializadas, como: *Alambique*, *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, *Aula de Innovación Educativa*, *Bio-grafía*, *Enseñanza de las Ciencias*, *International Journal of Science and Mathematics*, *International Journal of Science Education*, *Journal of Biological Education*, *Journal of Microbiology and Biology Education*, *Research in Science Education*, *School Science Review*, *Science Education*, *Tecné*, *Episteme* y *Didaxis*, así como algunos capítulos de libros relacionados con el tema. Las palabras clave que se utilizaron para la búsqueda de información, fueron: microorganismos, bacteria, microbio, hongos, descomposición de alimentos, ser vivo, ideas previas, ciencia escolar, misconceptions, teaching and

learning sequences, didactic sequences, fungus, microbes, microorganisms, decay, living beings y food decomposition.

Debido a que encontré poca información de años recientes (2010 a la fecha) sobre la descomposición, realicé una búsqueda en años anteriores (1996 a la fecha).

Conviene subrayar que, como la descomposición de alimentos se relaciona con los seres vivos, específicamente con *microorganismos* como “descomponedores y recicladores de carbono, nitrógeno, agua y minerales” (Leach, et al, 1992, citado en Driver, 1994, p. 86), se hizo, de igual forma, una búsqueda de las ideas previas de ambos conceptos, a fin de analizarlas y complementarlo con el tema en cuestión.

No estaría de más traer a colación a Arbalaez (2008) y a Ero-Tolliver, Lucas y Schauble (2013) pues aclaran que son pocas las investigaciones que hacen alusión a las representaciones conceptuales de los estudiantes sobre las bacterias y más aún, sobre la relación que éstos establecen entre las bacterias y la transformación de los alimentos o la descomposición, sin embargo, las que han sido desarrolladas sirven de referente para confrontarlas con la situación actual y desde un contexto local.

Al encontrar pocas investigaciones reportadas acerca de este tópico, tomé la decisión de contribuir en la investigación acerca de la descomposición de alimentos por mohos, al desarrollar, aplicar y valorar, desde la visión de la didáctica de las ciencias, una secuencia didáctica basada en la modelización, acerca del fenómeno de la descomposición de alimentos, que apoye la comprensión de los efectos de los microorganismos (hongos) en los alimentos, para niños de cuarto grado de primaria.

En esta revisión bibliográfica muestro una descripción breve de cada una de las investigaciones que encontré acerca de la descomposición de alimentos, ya que será mi fenómeno de estudio, seguido de las investigaciones realizadas acerca del ser vivo; y por último, sobre microorganismos. En cada descripción centro mi atención en el tema investigado, la población a la que se dirigió, la metodología que utilizaron los autores y en algunos casos, los resultados obtenidos, con el propósito de distinguir las dificultades encontradas para comprender el fenómeno a modelizar;

posteriormente, muestro las ideas previas que tienen las niñas y los niños sobre descomposición de alimentos, ser vivo y microorganismos; y en la tercera parte, expongo, específicamente, las estrategias didácticas publicadas al respecto.

3.1.1 Ideas previas en la educación en ciencias

Una de las líneas de investigación más sólidas en la Didáctica de las Ciencias, es la de las “ideas previas”, debido al “amplio campo de acción en investigación e innovación” (Gómez, 2008) que ofrecen para la planeación educativa.

Si los profesores conocieran las ideas previas que tienen los estudiantes al llegar a clases, les ayudaría a definir las actividades de enseñanza y/o aprendizaje que deben llevar a cabo, a fin de que los alumnos comprendan los conceptos o contenidos relacionados con las ciencias naturales.

Es por ello, que en esta investigación se exploraron las ideas previas que tienen los estudiantes sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos y de los conceptos relacionados, con el objetivo de retomarlas para estructurar y diseñar de la mejor manera, la secuencia didáctica que se llevará a cabo en un aula de una escuela primaria, no sin antes aclarar, que el concepto de “ideas previas”, tiene varios sinónimos (por decirlo de alguna forma), por tal motivo, revisaremos un poco de la historia de este concepto, a fin de comprender por qué se les llama así.

Existen varias conceptualizaciones acerca de lo que son las ideas previas, muestra de ello, Abimbola (1988) citado en Cubero (1994), comenta que “hay dos categorías de conocimiento que son considerados **concepciones falsas o erróneas** (misconceptions) que hace referencia a una idea equivocada, y que tiene evidentes connotaciones negativas, comparan las ideas del alumno con el conocimiento científico y las valoran como equivocadas; Driver y Easley (1978) proponen llamarles a las ideas de los niños, **preconceptos**, [que implica] la aceptación de que sólo podrán llamarse conceptos aquellas ideas que se correspondan con el conocimiento científico o académico establecido... o la expresión de una serie de ideas que no tienen el estatus de comprensiones generalizadas...”; y “si en vez de

considerar al conocimiento científico como la representación más válida, se le concede un estatus relativo en relación con otros tipos de saber, las concepciones de los niños aquí son **representaciones alternativas**..., que incluye nombres como *concepciones o esquemas previos y marcos, ideas o concepciones alternativas*..., e indican que los alumnos han desarrollado representaciones autónomas para conceptualizar su experiencia con el mundo, en donde el error es más un punto de partida que el resultado de una deficiencia”; y por último, “las **ideas previas o preinstruccionales** que parten de reconocer que los niños tienen ideas, que saben cosas aunque no se las hayan enseñado” (Cubero,1994:35-36).

Del mismo modo, De Posada (2000) se enfoca en el estudio de las ideas previas y explica que

Existen dos tendencias distintas que otorgan un cuerpo de conocimiento coherente a las ideas de los alumnos: aquellos que ven las **ideas previas como barreras potenciales** para el aprendizaje (ideas erróneas, interpretaciones erróneas); y otros que mantienen una **idea evolutiva** en la que los nuevos conceptos científicos se integran con las ideas preexistentes (concepciones o ideas previas, razonamientos espontáneos, etc.)...”, pero hay otros que “recalcan la *importancia de estas ideas en la estructura cognitiva* del alumno (esquemas, ideas o concepciones alternativas, ciencia de los niños, etc.)... [Hay] diferentes posiciones que abordan la construcción y evolución de las ideas previas de forma diferente, como por ejemplo: el movimiento de las concepciones alternativas (Driver, Guesne y Tiberghien, 1989); las posiciones epistemológicas e históricas (Bachelard, 1935; Gagliardi y Giordan, 1986); y las posiciones psicológicas (Piaget, 1971 y 1973; Vigotsky (1962) y Ausubel, Novak y Hanesian, 1978)” (p. 370-376).

De Posada (2000) enfatiza en el hecho de que “un buen conocimiento de las concepciones de los alumnos aportaría una herramienta que ayudaría a determinar qué actividades son necesarias para la adecuada asimilación de ciertos conceptos”.

Driver, et al, (1989) la autora más representativa en este tema, enfatiza que “es necesario tener en cuenta las ideas de los alumnos al enseñar, sin embargo, no es fácil llevar esta exigencia a la práctica. Además de que las experiencias previas de los niños con los fenómenos dominan su pensamiento...” Para las autoras, “el aprendizaje tiene lugar en la interacción entre, por una parte, las experiencias del aprendiz y, por otra, las “entidades mentales”, “las ideas” o “esquemas”, utilizados para interpretar y dar sentido a aquellas experiencias”.

En este orden de ideas, para el desarrollo de este proyecto retomaré el concepto de **idea previa**, ya que es el que considera que los antecedentes (por decirlo de alguna forma) que tengan los alumnos sobre un tema, serán un punto de partida y/o un enlace entre sus nuevos conocimientos y los preexistentes. Asimismo, al considerar las aportaciones de Driver, et al, (1989) y retomar las ideas previas de los niños en relación con la descomposición de alimentos, los seres vivos y los microorganismos, permitirá una mejor adaptación de la enseñanza en estos temas, sobre todo, en la elaboración de la secuencia didáctica que realizaré.

3.1.2 Ideas previas y secuencias didácticas reportadas en la literatura especializada relacionadas con el fenómeno de la descomposición de alimentos

En la Tabla 2, muestro de forma sintética y en orden cronológico las investigaciones encontradas acerca de las ideas previas y secuencias didácticas en revistas especializadas sobre la descomposición de alimentos, como: Enseñanza de las Ciencias, International Journal of Science Education, *Asia- Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, *Research in Science Education*, así como en el libro *Dando sentido a la ciencia en secundaria*, de Rosalind Driver (1999).

Descripción general de las investigaciones encontradas acerca del fenómeno

Díaz, et al, (1996) investigaron si los alumnos son capaces de atribuir a los microorganismos algunas transformaciones de los alimentos y de distinguir los procesos familiares relacionados con la fermentación. Se realizó un cuestionario con cuatro preguntas de opción múltiple a 343 estudiantes de 4º y 7º (9 y 12 años respectivamente) de Educación General Básica, en España. En el análisis de una de las preguntas, afloraban numerosas ideas sobre la transformación y descomposición del alimento, que por lo general, parecían concebidos como un proceso intrínseco de la materia sin que intervinieran seres vivos ni de dentro ni de fuera del alimento, y en el cual sólo el paso del tiempo parecía ser tenido en cuenta como elemento importante. Como resultado, obtuvieron que los alumnos, a pesar de que conocen que los microorganismos pueden vivir a expensas de los alimentos, muestran escasa capacidad para reconocer causas microbiológicas en el origen de algunas transformaciones alimentarias.

Tabla 2. Resumen de investigaciones acerca de las ideas previas de los estudiantes del fenómeno de la descomposición de alimentos (elaboración propia).

Investigaciones sobre ideas previas						
No.	Año	Revista/Libro	Nombre del Artículo/Libro	Autor (es)	Propósito de la investigación	Resultados
1	1996	Enseñanza de las Ciencias	¿Son los alumnos capaces de atribuir a los microorganismos algunas transformaciones de los alimentos?	Díaz, R., López, R., García, A., Abuin, S., Nogueira, E., y García, J.	Investigar si estudiantes relacionan microorganismos con transformaciones de alimentos	Los alumnos, a pesar de que conocen que los microorganismos pueden vivir a expensas de los alimentos, muestran escasa capacidad para reconocer causas microbiológicas en el origen de algunas transformaciones alimentarias
2	1996	International Journal of Science Education	Children's ideas about ecology 2: ideas found in children aged 5-16 about the cycling of matter.	Leach, J., Driver, R., Scott, P. y Wood-Robinson, C.	Investigar ideas sobre conceptos ecológicos, el ciclo de la materia y la descomposición	Se obtuvo evidencia de que los estudiantes más jóvenes no tenían experiencia apropiada de los fenómenos relacionado a la nutrición de las plantas, respiración y descomposición. Los estudiantes más grandes mostraron un rango de conocimiento específico acerca de los organismos.
3	1999	Libro	Dando sentido a la ciencia en secundaria. Investigaciones sobre las ideas de los niños	Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V.	Investigaciones previas (vida y procesos vitales, los materiales y sus propiedades y los procesos físicos) de alumnos de secundaria.	Identificar la resistencia del alumno al cambio de sus ideas. Cuestionar la enseñanza de las ciencias por transmisión de conocimientos. Estrategias para conocer lo que los alumnos piensan y lo que saben hacer en la clase de ciencias
4	2007	Asia- Pacific Forum on Science Learning and Teaching	English and Turkish pupils understanding of decomposition	Cetin, G.	Investigar la comprensión acerca de la descomposición	Los estudiantes ingleses parecieron desempeñarse mejor que los estudiantes turcos proveyendo mayor comprensión de la descomposición. Sus niveles de comprensión deberían ser considerados por profesores y desarrolladores de la currícula para aclarar las ideas previas de la descomposición
5	2008	Tesis de Licenciatura	Representaciones conceptuales en estudiantes de grado octavo, sobre las bacterias y los procesos de transformación de alimentos en los que intervienen	Arbelaez, S. y Soto, G	Analizar las representaciones de los estudiantes de grado octavo, acerca del concepto bacteria y las interrelaciones que se establecen en los procesos de transformación de los alimentos en los que intervienen	La investigación aporta elementos teóricos para la identificación y análisis de las representaciones conceptuales de estudiantes sobre las bacterias y los procesos en los que intervienen, considerando la influencia sociocultural y la intervención en el aula
Investigaciones sobre secuencias didácticas						
6	2013	Research In Science Education	Young Children's Thinking About Decomposition: Early Modeling Entrees to Complex Ideas in Science.	Ero-Tolliver, I., Lucas, D. y Schauble, L.	Desarrollar en los estudiantes una mejor comprensión del proceso de descomposición a través de diversas actividades relacionadas al tema	A través de una variedad de dispositivos de representación, incluyendo dibujos, narraciones grabadas, y modelos físicos, los estudiantes llegaron a considerar la descomposición como un proceso, en lugar de simplemente considerarlo como un estado final que no requiere mayor explicación

Leach, Driver, Scott y Wood-Robinson (1996) estudiaron la comprensión que tienen los niños entre 5 y 16 años de edad en escuelas al norte de Inglaterra en relación a las ideas sobre el ciclo de la materia en los ecosistemas, enfocado en las fuentes de materia para el crecimiento de las plantas, las “necesidades” de las plantas, las fuentes de materia para el crecimiento animal, el proceso de descomposición y el rol de la descomposición en el ciclo de la materia. Por medio de los sondeos, principalmente las entrevistas individuales ambientadas en una serie de contextos, se obtuvieron las ideas que tienen los niños respecto al ciclo de la materia y su relación con plantas y animales. La muestra fue de 200 alumnos.

Driver, et al, (1999:94) explican que en “investigaciones recientes en Portugal, Estados Unidos e Inglaterra identificaron nociones comunes en las explicaciones de los niños sobre la descomposición”, una de ellas fue que “los niños más pequeños pensaban que los seres muertos simplemente desaparecen, o tenían nociones centradas en el ser humano que no tenían en cuenta las ideas sobre la conservación de la materia después de la muerte”. Además encontraron que “la mayoría de los niños piensan en la descomposición como la desaparición total o parcial de la materia”. Por ejemplo, en el estudio realizado por Sequeira y Freitas (Driver, 1999:96) “muy pocos niños tenían ideas acerca de que la materia orgánica se transforma en materia mineral durante la descomposición, sobre ningún otro tipo de reciclado”.

Otro ejemplo es el de Brinkman y Boschhuizen (Driver, et al, 1999:86) en donde aclaran que los niños “... [asocian] la descomposición de los alimentos con contaminación microbiana en el contexto de la higiene de la casa. Sin embargo, los alumnos generalmente parecen no ser conscientes del papel que los microorganismos desempeñan en la naturaleza, especialmente como descomponedores y recicladores de carbono, nitrógeno, agua y minerales. Incluso después de la enseñanza no parecen concebir la importancia fundamental de los microbios para la vida en general: el 30% de una muestra de adolescentes israelíes decía que eliminarían todos los microorganismos de la Tierra si fuera posible; otro

3% les dejaría existir pero sólo como deferencia a que son parte de la creación de Dios, aunque sin ninguna participación aparente el plan general”.

Cetin (2007) investiga los niveles de comprensión sobre el tema de la descomposición en estudiantes de séptimo grado (12 a 13 años) de los países de Inglaterra y Turquía. Pretende diagnosticar principalmente los temas de descomposición de moléculas orgánicas, descomposición de material biodegradable y no biodegradable, descomposición en el entorno, las relaciones entre la producción, consumo y descomposición en el ciclo de los materiales, y la conservación del entorno ambiental en diferentes contextos de la vida diaria después de enseñar conceptos de ecología. El estudio se centró en dos escuelas públicas, una de Turquía y la otra de Inglaterra. Realizó una prueba de 4 preguntas diagnósticas a 96 estudiantes, cada pregunta con cuatro respuestas múltiples a escoger y una respuesta abierta, sobre la descomposición en diferentes contextos cotidianos. El análisis de los datos fue descriptivo. Los resultados muestran que los estudiantes ingleses parecieron desempeñarse mejor que los estudiantes turcos al proporcionar mayor comprensión de la descomposición. Los niveles de comprensión de los estudiantes deberían ser considerados por profesores y desarrolladores de la curricula para aclarar las ideas previas de la descomposición.

Arbalaez y Soto (2008) exploraron las representaciones de los estudiantes de octavo grado (13 a 16 años), acerca del concepto bacteria y las interrelaciones que se establecen en los procesos de transformación de los alimentos en los que intervienen. La investigación deja ver que los estudiantes, en su mayoría, no establecieron relaciones claras entre los microorganismos y la transformación de los alimentos. Asimismo, aporta elementos teóricos para la identificación y análisis de las representaciones conceptuales de estudiantes sobre las bacterias y los procesos en los que intervienen, considerando la influencia sociocultural y la intervención en el aula.

Respecto a la secuencia didáctica encontrada acerca de este fenómeno, Ero-Tolliver, Lucas y Schauble (2013) trataron de mejorar la comprensión del proceso de descomposición de alumnos de 6 a 7 años de edad, de primer grado, mediante

una serie de observaciones e investigaciones coordinadas. Durante el desarrollo de la clase, se recopilaron videos de la actividad en clase, diarios de estudiantes y gráficos e ilustraciones producidas por el profesor. La muestra fue de 23 estudiantes. Al finalizar las actividades, los estudiantes mostraron una mejor comprensión de la composición y variabilidad de los suelos, el rol de los organismos en la descomposición y los factores ambientales que influyen en el tiempo de descomposición.

En definitiva, podría decir que entre las múltiples ideas que tienen tanto niños como jóvenes sobre la descomposición de alimentos, es que creen que es una característica propia, en este caso del alimento o materia orgánica, que no depende de las circunstancias en las que se encuentre, es decir, que la materia orgánica se echa a perder “porque sí”; además de ello, infiero que tienen la firme idea de que no intervienen seres vivos, en este caso, de que los microorganismos sean los causantes de la descomposición. Puedo deducir, incluso, que no son conscientes de la existencia de estos seres vivos. Por otro lado, hubo estudiantes que dijeron que si fuera posible, eliminarían a todos los microorganismos de la Tierra. Asimismo, los niños piensan que la materia orgánica naturalmente desaparece.

Puedo concluir que los niños no logran identificar una relación directa de los microorganismos con la descomposición de alimentos, no comprenden el rol que juegan estos microorganismos en la naturaleza, pues no distinguen su papel como consumidores primarios de la materia, y por lo tanto, piensan que la materia (orgánica) desaparece como por arte de magia. En donde los niños tienen mayor claridad es en que no deben comer alimentos del suelo porque ya tiene gérmenes, y probablemente piensen que si entra a su cuerpo puede ser dañino; en investigaciones con estudiantes más grandes (13-16 años) continua la dificultad de comprender la relación clara entre los microorganismos y la transformación de los alimentos.

En la Tabla 3, se expone un resumen de las ideas previas de los estudiantes, que fueron obtenidas de las distintas investigaciones encontradas.

Tabla 3. Algunas ideas previas⁴ sobre la descomposición de alimentos

Categoría	Ideas previas de los estudiantes	Fuente
Tiempo	Consecuencia gradual e inevitable del tiempo	Smith y Anderson (1986), citados en Leach, J., Driver, R., Scott, P. y Wood-Robinson, C. (1996)
Factores físicos	En la descomposición, pueden intervenir, ya sea, la lluvia, el agua, el sol, el oxígeno, el aire o la humedad	Ero-Tolliver, I., Lucas, D. y Schauble, L. (Octubre, 2013) Cetin, G. (2007)
Seres vivos (microorganismos y/o insectos)	Escasa capacidad para reconocer causas microbiológicas <i>“Los bichitos actúan sólo sobre alimentos que saben que están abandonados”.</i>	Díaz, R., López, R., García, A., Abuin, S., Nogueira, E., y García, J. (1996)
	No son conscientes del papel que juegan los microorganismos en la naturaleza	Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (1999)
	No son conscientes de que los microbios inician el proceso de descomposición	
	Los insectos rompen el material del alimento, los bichos se comen la materia	
	<i>“Estar agitado”, “estar caliente”, “cocer”, “hervir”</i>	
Conservación de la materia	La materia simplemente desaparece al desintegrarse	Sequeira y Freitas (1986), citados en Leach, J., Driver, R., Scott, P. y Wood-Robinson, C. (1996)
	No son conscientes de que el material procedente de los organismos muertos se convierte en parte del entorno no viviente	Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (1994)
	No interviene ningún ser vivo, sólo desaparece	Díaz, R., López, R., García, A., Abuin, S., Nogueira, E., y García, J. (1996) Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (1994)
	<i>“Las cosas se pudren solas”</i>	
	Los niños piensan que las personas y los animales pisan las hojas, lo cual las reduce a piezas más pequeñas	
Tierra/suelo/composta	Los estudiantes conciben la tierra como homogénea, sustancia sin vida que generalmente tiene que ser evitado por sus cualidades contaminantes	Ero-Tolliver, I., Lucas, D. y Schauble, L. (Octubre, 2013)
	Cinco de seis niños sentían que la tierra de alguna manera ayuda a crecer a las plantas, pero no tenían idea de cómo	
	Algunos creían que los animales dentro del contenedor [de composta] se comían el contenido y quizás jugaban (no especificado) un rol en su transformación	
	Debido a que mucho del material que tenía el contenedor eran alimentos, los estudiantes especularon que los animales [gusanos, escarabajos, arañas, bichos,...] estaban comiendo la comida	
	Aunque algunos niños sospecharon que la humedad jugaba un rol en la creación de composta, ninguno mencionó la posibilidad de que el aire podría tener un rol	
	<i>“Solo se pudren las cosas en el suelo”</i>	
	Las cáscaras de naranja entran en la tierra más rápido, pero las pequeñas latas no	Cetin, G. (2007)

⁴ Algunas de las ideas previas son citas textuales de los estudiantes, a fin de dar énfasis en los pensamientos que tienen sobre este fenómeno. Las que no están en cursivas, son las reflexiones y los resultados de las investigaciones.

3.1.3 Descripción de las investigaciones encontradas acerca del concepto de ser vivo

En la Tabla 4, muestro un resumen de las investigaciones encontradas acerca de las ideas previas y secuencias didácticas sobre el concepto de ser vivo, en orden cronológico. Cinco de las investigaciones las encontré en la revista *Enseñanza de las Ciencias*, una de ellas en la revista *Aula de Innovación Educativa*, otra en *Alambique*, otra en la revista *Bio-grafía* y la última en la revista *Técne, Episteme y Didaxis (TED)*.

Descripción general de las investigaciones encontradas acerca del concepto de ser vivo

Caballer y Giménez (1992) investigaron las ideas espontáneas de las y los niños en relación con el concepto de pluricelularidad en diferentes niveles educativos. Se definió una pregunta que guió la investigación, ¿cuáles son las características generales de las ideas de los y las alumnas sobre la constitución celular de los seres vivos? Fueron consultados 146 alumnos de 8º (13 años aprox.) EGB⁵, 151 alumnos de 1º (14 años aprox.) de BUP⁶, 61 alumnos de COU⁷ (16 años aprox.) de Biología y 53 alumnos de Escuelas de Formación del Profesorado (17-18 años aprox.). Se realizó un cuestionario que incluía cuestiones directas que interpelan sobre la estructura celular de los seres vivos y cuestiones indirectas sobre la estructura y funcionamiento de los seres vivos.

⁵ EGB significa Educación General Básica (España).

⁶ BUP significa Bachillerato Unificado Polivalente (España).

⁷ Significa Curso de Orientación Universitaria (España).

Tabla 4. Resumen de investigaciones acerca de las ideas previas de los estudiantes del concepto ‘ser vivo’

Investigaciones sobre ideas previas						
No.	Año	Revista	Nombre del Artículo	Autor (es)	Propósito de la investigación	Resultados
1	1992	Enseñanza de las Ciencias	Las ideas de los alumnos y alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos	Caballer, M., y Giménez, I.	Identificar las características generales de las ideas de los y las alumnas sobre la constitución celular de los seres vivos	Las concepciones encontradas muestran que este concepto no se ha interiorizado significativamente. Y aun cuando se asuma la estructura celular, no se relaciona con funciones fisiológicas tales como el transporte, el crecimiento o las funciones de secreción.
2	2013	Enseñanza de las Ciencias	La clasificación de la materia viva en Educación Primaria: Criterios del alumnado y niveles de competencia	Galán, P., y Martín, R.	Analizar criterios que utiliza el alumnado para clasificar la materia viva	Los criterios que espontáneamente utiliza el alumnado de primaria para clasificar la materia viva, son el de “animal”, el de “planta”, y “otras formas de vida”, en este último detectaron que la ausencia de funciones y estructuras es lo que caracteriza su idea de lo que no es ni animal ni planta, y no el atributo movimiento, por lo que presentó gran dificultad a la hora de justificar su clasificación, y se aplicó atendiendo a lo que no tiene (órganos, movimiento, etc.) o no hace (funciones vitales) aumentando a lo largo de los ciclos
3	2015	Bio-grafía	El concepto de “ser vivo” en estudiantes de sexto grado	Hernández, C.	Investigación sobre ideas previas	Se reconoce falta de claridad de los estudiantes frente a la organización de los seres vivos y en sus explicaciones se denota que la vida surge por un factor externo (agua, oxígeno, sulfato, botón), no entendida como un proceso continuo; no perciben su complejidad, al no reconocer su organización por niveles; reconocen el crecimiento como una característica propia de los seres vivos, pero no lo relacionan con la secuencia lógica que se enseña en los currículos (ciclos de vida).

Investigaciones sobre secuencias didácticas

No.	Año	Revista	Nombre del Artículo	Autor (es)	Propósito de la investigación	Resultados
4	2007	Enseñanza de las Ciencias	Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela primaria	Gómez, A., Sanmartí, N. y Pujol, R.	Fundamentar una unidad didáctica	Al poner en marcha una unidad didáctica que fue llevada a cabo en el aula, explican que los escolares utilizaban de forma natural diversos niveles de observación para la explicación de los fenómenos, que si bien, lo utilizaron como fuente de riqueza en el desarrollo de la conversación en el aula, también constituyó un obstáculo a superar

Investigaciones sobre secuencias didácticas

No.	Año	Revista	Nombre del Artículo	Autor (es)	Propósito de la investigación	Resultados
5	2009	Enseñanza de las Ciencias	Análisis del proceso de enseñanza-aprendizaje del ser vivo en un aula de primaria	De la Heras, M., y Jiménez, R.	Investigación acerca de las ideas iniciales del concepto ser vivo	Tras la puesta en práctica de la unidad didáctica de índole investigativa, en todos los conceptos estudiados con relación al ser vivo se observó un cambio significativo en las ideas de partida de los alumnos, salvo en el concepto "clasificación de los seres vivos"
6	2009	Enseñanza de las Ciencias	Estrategia didáctica para transformar las concepciones de los niños preescolares sobre seres vivos	Reyes, L., y López, Á.	Discutir resultados de una estrategia didáctica aplicada	Al inicio de la estrategia, el modelo de ser vivo era el siguiente: tienen ojos, nariz y boca, se mueven y hacen ruidos. Al finalizar la estrategia, el modelo que los niños mencionaron para denotar las características de un ser vivo fueron las siguientes: comen, se mueren, respiran, tienen hijos, no necesariamente deben de tener ojos, nariz y boca, no todos hacen ruido y se mueven de distintas formas.
7	2009	Aula de Innovación Educativa	¿Qué enseñar sobre los seres vivos en los niveles educativos iniciales?	Garrido, M., y Martínez, C.	Propuesta de secuenciación conceptual sobre seres vivos	Las autoras presentan una posible organización y secuenciación conceptual, dirigida a la enseñanza de los seres vivos en la educación infantil y primaria. Por ello, dirigen la mirada a ideas clave que favorezcan la adquisición de un modelo de

						ser vivo cada vez más amplio y complejo, pero al tiempo más unitario y sintético
8	2011	Alambique	La enseñanza del ser vivo en primaria a través de una secuencia de estrategias indagatorias	De la Heras, M., y Jiménez, R.	Analizar una unidad didáctica de corte investigativo en primaria	La necesidad de la autorreflexión del alumnado mientras se lleva a cabo la secuencia de enseñanza, lo que permite ir redirigiendo y focalizando las actividades hacia el objetivo que se pretende conseguir. Y al partir de sus propias propuestas o intereses, la motivación está asegurada
9	2015	Tecné, Episteme y Didaxis (TED)	Diseño y aplicación de una unidad didáctica para la enseñanza-aprendizaje del concepto diversidad vegetal en estudiantes de noveno grado de la Institución educativa Eugenio Ferro Falla, Campoalegre, Huila.	Guarnizo, M., Puentes, O., y Amórtegui, E.	Diseñar y aplicar una unidad didáctica para la enseñanza aprendizaje del concepto diversidad vegetal en estudiantes de noveno grado	Los resultados mostraron un reconocimiento de algunos referentes históricos-epistemológicos por parte de los estudiantes, así como el aprendizaje de contenidos conceptuales sobre la riqueza y abundancia biológica, la morfología vegetal, la taxonomía y clasificación de plantas

Galán y Martín (2013) analizaron los criterios que utiliza el alumnado de primaria para clasificar la materia viva e identificar cómo utilizan los criterios básicos (animal, planta, otras formas de vida) de clasificación de dicha materia. El estudio se ha realizado con 55 alumnos y alumnas de 2º, 4º y 6º de Primaria de un Colegio Público. Los criterios que espontáneamente utiliza el alumnado de primaria para clasificar la materia viva (primera tarea) son el de “animal”, el de “planta”, y un tercer grupo de gran variabilidad. Cuando utilizan los criterios “animal” y “planta” (segunda tarea) lo justifican asociándolos mayoritariamente al “movimiento” (o a su ausencia) y con lo vivo. Las ideas estructurales (posesión o no de órganos específicos) aumentan progresivamente a lo largo de los ciclos en el caso de los animales, y en el caso de las plantas aumenta considerablemente al pasar al 2º ciclo, para volver al mismo porcentaje que en el 1º. En el caso del criterio “otras formas de vida”, detectamos que la ausencia de funciones y estructuras es lo que caracteriza su idea de lo que no es ni animal ni planta, y no el atributo movimiento. La aplicación de este criterio presenta gran dificultad a la hora de justificar su clasificación, y mayoritariamente se aplica atendiendo a lo que no tiene (órganos, movimiento, etc.) o no hace (funciones vitales) aumentando a lo largo de los ciclos.

Hernández (2015) investigó las ideas previas de los estudiantes sobre el concepto de ser vivo. Lo realizó mediante un análisis cualitativo, en una clase de ciencias, con 40 alumnos de 11 a 13 años de edad. El autor propuso una clase dinámica en donde al inicio indagó sobre las características propias de los seres vivos. Después de presentó un video donde se mostró la formación de cristales. Después se planteó un problema central con base en la siguiente pregunta ¿son los cristales seres vivos?

Gómez, Sanmartí y Pujol (2007) fundamentan teóricamente una unidad didáctica, dirigida a estudiantes de primaria, donde se busca interpretar qué sucede con los seres vivos cuando hay un incendio forestal. Dicha fundamentación se sustenta en tres aspectos: a) la construcción del modelo teórico escolar de ser vivo en el marco de una ciencia escolar; b) tres escalas de observación en el modelo y su uso como herramienta conceptual para transitar del fenómeno a la interpretación teórica y c)

la utilización de una maqueta dinámica como mediador didáctico que permitiera negociar las representaciones de los escolares acerca del fenómeno.

De la Heras y Jiménez (2009) investigaron sobre las dificultades y obstáculos del proceso de enseñanza-aprendizaje del concepto de ser vivo en un aula de primaria. Y lo que se pretendió, fue analizar el cambio que se va produciendo en sus concepciones previas a medida que se van sucediendo las actividades propuestas. Se llevó a cabo en un aula de 5º de primaria de un colegio público. Realizaron una investigación cualitativa, utilizando cuestionarios pre-test/post-test, cuestionario final, diario de reflexión y entrevista a la tutora.

Reyes y López (2009) presentan, analizan y discuten, los resultados de una estrategia didáctica cuyo objetivo era la transformación de las ideas previas de los alumnos de educación preescolar sobre ser vivo. La muestra fue de 20 niños con 5 años de edad. Al inicio de la estrategia, el modelo de ser vivo era el siguiente: tienen ojos, nariz y boca (antropomorfismo), se mueven y hacen ruidos, no se mencionan los criterios de crecimiento, alimentación, reproducción, respiración, muerte y relación; así mismo, sólo se manejan en la línea de 'son seres vivos' o 'no son seres vivos', pero no 'no lo sé'. A la mitad de la estrategia los niños comenzaron a abandonar la idea de que los seres vivos forzosamente deben poseer rasgos antropomorfos y que si bien éstos podían aparecer en un contexto imaginario no necesariamente se trataba de un ser vivo. Al finalizar la estrategia, el modelo que los niños mencionaron para denotar las características de un ser vivo fueron las siguientes: comen, se mueren, respiran, tienen hijos, no necesariamente deben de tener ojos, nariz y boca, no todos hacen ruido y se mueven de distintas formas. La metodología fue la que propuso Driver (1988): orientación, evocación de ideas, reestructuración y aplicación y revisión del cambio.

Garrido y Martínez (2009) desarrollaron una propuesta de secuenciación conceptual sobre los seres vivos en los niveles educativos iniciales, a fin de organizar los contenidos, si es posible, integrarlo dentro del curriculum. Los seres vivos se identifican como sistemas complejos, caracterizados por su capacidad de

autorrenovarse, autorreproducirse, autoorganizarse y autorregularse, en continua interacción con su entorno (García Rovira, 2005).

De la Heras y Jiménez (2011), describen y analizan la puesta en práctica de una unidad didáctica de corte investigativo en primaria, para construir un conocimiento escolar sobre un concepto básico: los seres vivos. Se hace una evaluación de las estrategias metodológicas y de las secuencias de las actividades planteadas. Mediante un pretest y postest se evidencia el cambio de las ideas con las que parten.

Guarnizo, Puentes y Amórtegui (2015), abordaron una investigación de aula que consistió en el diseño y aplicación de una unidad didáctica, sobre el concepto de diversidad vegetal, para estudiantes de noveno grado (14-15 años). Estuvo guiada bajo un enfoque cualitativo.

En conclusión, de los artículos ubicados, las ideas que tienen los estudiantes sobre el concepto de ser vivo que más resaltan (ver Tabla 5), son: que no tienen interiorizado significativamente este concepto, tienen una falta de claridad entre seres vivos y no vivos; que la vida surge por un factor externo; no perciben su complejidad al no reconocer su organización por niveles; la ausencia de funciones y estructuras es lo que caracteriza su idea de lo que no es ni animal ni planta, sin embargo, presenta mucha dificultad.

En cuanto a las secuencias didácticas:

- Todas tuvieron la intención de clarificar este concepto,
- Una de ellas, utilizó de forma natural, diversos niveles de observación para explicitar fenómenos, con ello, se observaron cambios significativos en las ideas iniciales de los estudiantes;
- Otras, proporcionaron características muy específicas de los seres vivos;
- Una secuencia favoreció la adquisición de un modelo de ser vivo;
- Otra, analizó como tal, la secuencia didáctica y permitió ir reorganizando y pensando en actividades más ad hoc para el tema; y por último,
- Una de ellas se centró en la diversidad vegetal.

Tabla 5. Algunas ideas previas identificadas sobre el concepto de ser vivo

Categoría	Ideas previas		Fuente
	Generalizaciones por los autores	Cita textual del estudiante	
Composición	Tienen células, tienen movimiento, tienen 5 sentidos, tienen huesos, aunque sólo algunos	<p><i>“Los cristales son seres vivos por el agua que le da la vida”, “por el oxígeno y porque el agua le da el movimiento”</i></p> <p><i>“Los cristales tienen una cantidad de materia con estructura atómica, son sólidos y su calor sale del sulfato”</i></p> <p><i>“El sulfato y el agua forman vida, por eso los cristales son seres vivos”</i></p>	Hernández, C. (2015)
Procesos		<p><i>“Los cristales tienen vida porque nacen, se reproducen y mueren”</i></p> <p><i>“Son vivos porque crecen, se reproducen”</i></p> <p><i>“El cristal no es ser vivo, hasta que se encuentra con el botón que le da la vida y se convierte en seres vivos”</i></p> <p><i>“El cristal no es un ser vivo porque no tiene respiración, ni cosas así”</i></p>	
Organización		<i>“Los cristales no tienen células”</i>	
Propiedades		<i>“Tienen movimiento que lo da el oxígeno”</i>	
Modelo de ser vivo	Tienen ojos, nariz y boca (antropomorfismo), se mueven y hacen ruidos, no se mencionan los criterios de crecimiento, alimentación, reproducción, respiración, muerte y relación; así mismo, sólo se manejan en la línea de ‘ <i>son seres vivos</i> ’ o ‘ <i>no son seres vivos</i> ’, pero no ‘ <i>no lo sé</i> ’		Reyes, L., y López, Á. (2009)
Estructura celular	Los alumnos y alumnas aparentemente creen o aceptan la idea de que los seres vivos están formados por células, pero, cuestionados en casos concretos o problemáticos, esta convicción se tambalea y se recurre a una respuesta aleatoria		Caballer, M., y Giménez, I. (1992)
Función	La representación mental del alumnado está relacionada con la imagen «célula-ladrillo» ligada al tejido epidérmico. Las respuestas nos hacen pensar que su esquema conceptual está más relacionado con un papel estructural de las células que con un papel funcional		
Animal	Las imágenes que se alejan más de los estereotipos que tenemos de animal o de planta, son los que presentan mayores dificultades, como ha sido el caso de la anémona, [mujer, líquen, bacteria y moho]		Galán, M. y Martín del Pozo, R. (2013)
	Manifiestan dificultades a la hora de considerar el ser humano como “animal”		
	Asocian claramente “animal – vivo”, de una forma muy destacable en los más pequeños (2º grado)		

Categoría	Ideas previas		Fuente
	Generalizaciones por los autores	Cita textual del estudiante	
Planta	Hay una evolución muy clara en toda la etapa [(2º a 6º grado)] para caracterizar como “planta” todo aquello que “no tiene movilidad		

3.1.4 Descripción de las investigaciones encontradas sobre microorganismos

Respecto a las investigaciones ubicadas sobre ideas previas y secuencias didácticas, acerca de los microorganismos, en la Tabla 6, muestro una síntesis de las mismas. De los diez estudios hallados, dos pertenecen a la revista *Enseñanza de las Ciencias*, tres a la revista *International Journal of Science Education*, uno a *Bio-grafía*, otro al *Journal of Microbiology & Biology Education*, dos a libros como *Dando sentido a la ciencia en secundaria* y *Contributions from Science Education Research*, y por último, una tesis de licenciatura titulada *Representaciones conceptuales en estudiantes de grado octavo, sobre las bacterias y los procesos de transformación de alimentos en los que intervienen*.

Descripción general de las investigaciones encontradas sobre el concepto de microorganismos

En las investigaciones que realizó Maxted (citado en Driver, et al, 1999)

Los niños no utilizaban de forma espontánea las palabras ‘microbio’ o ‘microorganismo’. Usaban con más frecuencia la palabra «germen» para describir el concepto, y una alternativa era bicho. Los adolescentes de 12 a 13 años sugerían mayoritariamente que los gérmenes son microscópicamente pequeños, ligeros y flotan en el aire. Algunos se referían a diferentes formas y tamaños. Los niños mencionaban una serie de sitios donde existen las bacterias, pero sólo dos se referían a un huésped vivo. En otro estudio, sujetos portugueses entre 8 y 13 años utilizaban la palabra «moho» para identificar el crecimiento de hongos en el pan, pero la consideraban similar a óxido en vez de a microbios”. En esta misma línea se encuentran los estudios de Nagy, en donde “se pidió a los sujetos que dibujaran los gérmenes. La mitad de los del grupo de menos edad, 5-7 años, no dibujaron algo. Los niños de más edad

hicieron puntos abstractos o estrellas, progresando con la edad hacia representaciones similares a insectos o arañas. Algunos de los niños para representar los gérmenes, dibujaban escenas de lugares sucios o enfermerías y hablaban de polvo, suciedad y veneno (p. 83).

Tabla 6. Resumen de investigaciones acerca de las ideas previas de los estudiantes del concepto ‘microorganismos’

Investigaciones sobre ideas previas						
No.	Año	Revista/Libro /Tesis	Nombre del Artículo/Libro/Tesis	Autor (es)	Propósito de la investigación	Resultados
1	1999	Libro	Dando sentido a la ciencia en secundaria. Investigaciones sobre las ideas de los niños	Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V.	Investigaciones acerca de las ideas previas (vida y procesos vitales, los materiales y sus propiedades y los procesos físicos) de alumnos de secundaria	Identificar la resistencia del alumno al cambio de sus ideas. Cuestionar la enseñanza de las ciencias por transmisión de conocimientos. Estrategias para conocer lo que los alumnos piensan y lo que saben hacer en la clase de ciencias
2	2000	International Journal of Science Education	A study of pupils' conceptions and reasoning in connection with 'microbes', as a contribution to research in biotechnology education	Simonneaux, L.	Investigar el razonamiento que existe detrás de las concepciones que tienen los estudiantes acerca de los microbios	De manera general, aunque todos los estudiantes entrevistados tuvieron materias sobre microorganismos en el año escolar previo, la concepción que tienen de lo que es un ‘microbio’, es remarcablemente variado y tiene muy poco que ver con el conocimiento establecido
3	2007	Libro	Micro-organisms: everyday knowledge predates and contrasts with school knowledge	Bandiera, M.	Este estudio confirma la necesidad de inducir a los alumnos a expresar sus conocimientos previos para mejorar la enseñanza acerca de los microorganismos.	Debido a la escasa atención prestada en niveles escolares anteriores a la educación secundaria, no se observa un aumento significativo en las concepciones alternativas de los alumnos de nivel secundaria, respecto a la microbiología, sobre todo, cuando ellos expresan sus representaciones y opiniones sobre la naturaleza y el comportamiento de los microorganismos
4	2008	Tesis de Licenciatura	Representaciones conceptuales en estudiantes de grado octavo, sobre las bacterias y los procesos de transformación de alimentos en los que intervienen	Arbelaez, S. y Soto, G	Analizar las representaciones de los estudiantes de grado octavo, acerca del concepto bacteria y las interrelaciones que se establecen en los procesos de transformación de los alimentos en los que intervienen	La investigación aporta elementos teóricos para la identificación y análisis de las representaciones conceptuales de estudiantes sobre las bacterias y los procesos en los que intervienen, considerando la influencia sociocultural y la intervención en el aula
5	2010	International Journal of Science Education	Using a Concept Mapping Tool with a Photograph Association Technique (CoMPAT) to Elicit Children's Ideas about Microbial Activity	Byrne, J.	Investigar lo que sabían los estudiantes sobre la actividad microbiana, utilizando la herramienta CoMPAT	Datos obtenidos de CoMPAT indican una tendencia en los niños de 11 años en estar más atentos a la conexión entre microorganismos y las enfermedades y descomposición de alimentos que las actividades benéficas en la producción de alimentos, medicina, y ciclo de la materia

Investigaciones sobre ideas previas

No.	Año	Revista/ Libro/ Tesis	Nombre del Artículo/Libro/Tesis	Autor (es)	Propósito de la investigación	Resultados
6	2011	International Journal of Science Education	Models of Micro-Organisms: Children's knowledge and understanding of micro-organisms from 7 to 14 years old	Byrne, J.	Investigar las ideas previas y actuales sobre microorganismos	Los hallazgos no indican una relación directa entre la edad y la complejidad de conceptos e ideas en relación a los microorganismos, aunque hay una alta proporción de que los niños de mayor edad tengan modelos más sofisticados
7	2016	Journal of Microbiology & Biology Education.	Microbes should be central to ecological education and outreach.	Barberán, A., Hammer, T., Madden, A., y Fierer, N.	Proporcionar estrategias para la inclusión del tema e importancia de los microbios y su interrelación con organismos y el entorno, en la educación ecológica y en políticas de decisión ambientales	Desarrolla propuestas para resaltar la relevancia de los microbios en su relación con otros organismos y su rol en el ciclo global
8	2016	Journal of Biological Education	Alternative Conceptions about Micro-organisms are Influenced by Experiences with Disease in Children	Prokop, P., Fančovičová, J. y Krajčovičová, A.	Determinar como la diferencia individual en la vulnerabilidad a las enfermedades, influencia la expresión de concepciones en relación a los microorganismos en niños de preescolar	Los niños que experimentaron más enfermedades infecciosas dibujaron microorganismos más pequeños en comparación con los que menos se enfermaron
9	2018	Enseñanza de las Ciencias	Los microorganismos en la educación primaria. Ideas de los alumnos de 8 a 11 años e influencia de los libros de texto	Ballesteros, M.I., Paños, E., & Ruiz-Gallardo, J-R.	Analizar mediante el empleo del dibujo y preguntas abiertas, las ideas que los alumnos de entre 8 y 11 años tienen sobre los microorganismos. Revisar 12 libros de texto de Ciencias Naturales en el mismo tramo, evaluando cómo se trata a estos seres.	Los alumnos tienen una concepción negativa y limitada de los microorganismos, en buena medida coincidente con la forma en que este tema es abordado por las diferentes editoriales.
10	2009	Enseñanza de las Ciencias	La influencia de la palabra microbio en las representaciones iniciales de alumnos de primaria	Mayerhofer, N.	Investigar ideas previas y sus representaciones gráficas y textuales a través de una unidad didáctica	Los niños asocian la palabra microbio a formas animales, humanas e incluso actitudes como la maldad o la agresividad. Los alumnos que no recibieron la influencia de la palabra microbio sitúan sus representaciones iniciales a un nivel meso o fenomenológico

Investigaciones sobre secuencias didácticas

No.	Año	Revista/ Libro/ Tesis	Nombre del Artículo/Libro/Tesis	Autor (es)	Propósito de la investigación	Resultados
11	2011	Bio-grafía	Trabajo práctico: recurso que propicia el aprendizaje significativo sobre diversidad y ecología microbiana en estudiantes de grado 4° del Colegio de Champagnat de Bogotá	Rozo, J.	Reconocer la importancia de los trabajos prácticos para la enseñanza de la diversidad y ecología microbiana y distinguir sus ideas previas sobre ello	Los trabajos prácticos como una propuesta de recursos que propician el aprendizaje significativo sobre la diversidad y ecología microbiana, a fin de orientar a los estudiantes hacia el trabajo científico e investigativo por medio de dichas actividades
12	2013	Journal of Microbiology & Biology Education	Examining an Online Microbiology Game as an Effective Tool for Teaching the Scientific Process	Bowling, K., Klisch, Y., Wang, S., y Beier, M.	Determinar la efectividad de un juego sobre la microbiología para la enseñanza del proceso y actitud científica	Los resultados mostraron un cambio positivo significativo en la actitud hacia la ciencia entre los estudiantes de sexto grado, quienes también calificaron su satisfacción con el juego más favorablemente que los estudiantes de grados más altos. El juego es igualmente eficaz para los hombres y las mujeres

Simonneaux (2000) investigó acerca del razonamiento que existe detrás de las concepciones que tienen los estudiantes acerca de los microbios, el cual tiende a condicionar su comprensión de la biotecnología, que implica el uso de bacterias y virus genéticamente modificados. Entrevistó a 10 estudiantes de 5º grado (entre 10 y 11 años de edad) al inicio del ciclo escolar. El análisis de las entrevistas estuvo basado en dos categorías de conocimiento: declarativos y procedimentales. Se les pidió a los estudiantes que dibujaran un virus y una bacteria para una historieta, con el propósito de identificar los valores emocionales asociados con dichos conceptos.

Bandiera (2007) en su estudio confirmó la necesidad de inducir a alumnos de secundaria (de edades comprendidas entre los 11 y los 14 años) a expresar sus conocimientos previos para mejorar la enseñanza acerca de los microorganismos. Asimismo, el estudio permitió la recolección de una serie de conceptos erróneos muy populares e indicó que los medios de comunicación de masas (principalmente spots publicitarios y programas de televisión) son fuente electiva de información para alumnos, en ausencia de cualquier aportación de una escuela italiana. Se realizaron 502 cuestionarios y se motivó a los alumnos para razonar su respuesta.

Arbalaez y Soto (2008) realizaron una investigación cualitativa, descriptiva, con observación participativa, con un grupo de estudiantes de octavo grado (de 13 a 16 años) acerca de las ideas previas sobre el concepto de bacteria y los procesos en los que intervienen. La investigación aporta elementos teóricos para la identificación y análisis de las representaciones conceptuales de estudiantes sobre las bacterias y los procesos en los que intervienen, considerando la influencia sociocultural y la intervención en el aula.

Byrne (2010) propuso averiguar lo que un grupo de 169 alumnos de 11 años de edad sabía sobre la actividad microbiana después de que acababan de completar una breve secuencia de aprendizaje sobre microorganismos basada en el programa de estudio de Ciencias del Currículo Nacional para Inglaterra (DfES / QCA, 1999). Los niños fueron seleccionados de tres escuelas públicas y proporcionaron una muestra que era generalmente representativa del grupo de edad en términos de capacidad académica, factores socioeconómicos, género, y etnicidad. Se les pidió

a los niños crear un mapa conceptual usando principalmente fotografías representativas de conceptos particulares asociados a áreas clave de la actividad microbiana investigada, con opción a agregar cualquier información adicional. Para el sistema de puntaje de los resultados se usó un sistema de cinco puntos de escala similar al usado por Yin (2005).

Byrne (2011), indagó las ideas actuales que tienen los niños entre 7-14 años de edad sobre los microorganismos. Para ello, usó un abanico de herramientas de recolección de datos. Tuvo un marco de referencia constructivista y se apoyó en el concepto de modelo mental. Byrne agrupó a los niños en tres grupos de edades, a quienes les pidió realizaran las siguientes actividades que permitió revisar su conocimiento y comprensión, incluyendo cambios cualitativos y cuantitativos que ocurrían en cada grupo: dibujo, lluvia de ideas, mapas conceptuales y entrevistas semi estructuradas. La muestra fue de 458 estudiantes.

Barberán, Hammer, Madden y Fierer (2016) exploran de qué manera se puede fomentar la educación sobre el tema “ecología microbiana” en los múltiples niveles educativos. Ellos argumentan que se descuida dicho tema generalmente en las narrativas que se utilizan para entender el funcionamiento de la Tierra como un sistema ecológico. Dividen el tema en 3 áreas principales de incidencia: a) Primaria y secundaria con el tema “Explora tu microbio (humano)”, b) Preparatoria con el tema “Los microbios gobiernan la Tierra”, y c) Opinión pública, con el tema “Hablemos de los microbios”.

Prokop, Fančovičová, y Krajčovičová (2016) averiguaron cómo afecta en los niños su previa experiencia con sus enfermedades, la concepción que tienen sobre los microorganismos. Se entrevistó a padres y niños. En total participaron 181 niños, con un promedio de edad de 5.3 años, de cuatro escuelas de kínder. Los resultados mostraron que los niños que experimentaron más enfermedades infecciosas dibujaron microorganismos más pequeños en comparación con los que menos se enfermaron. Además, usaron frecuentemente más colores oscuros; en ambos casos independiente de la edad y género.

Ballesteros, Paños y Ruiz (2018) hacen un estudio de corte cualitativo, con carácter exploratorio, pues explican que el problema abordado ha sido poco estudiado en nuestro entorno, y descriptivo, porque analiza y detalla las ideas de los participantes con relación al fenómeno estudiado. La muestra fue de 145 estudiantes con edades comprendidas entre los 8 y los 11 años, pertenecientes a los cursos de tercero, cuarto y quinto de primaria de un colegio público.

En cuanto a las investigaciones identificadas sobre secuencias didácticas acerca de este tema, Mayerhofer (2009) explora las ideas previas de alumnos de primer curso de primaria (6 años de edad) y sus representaciones gráficas y textuales sobre los microorganismos. La muestra estuvo compuesta por 41 alumnos de dos escuelas públicas. Su propósito fue saber cómo influye la palabra microbio a la hora de plantear la actividad en torno a los microorganismos. Se elaboró una unidad didáctica compuesta por tres sesiones. En la primera de ellas se les preguntó, ¿qué nos quitamos de las manos cuando las lavamos? En la segunda sesión se llevó a cabo un experimento y en la tercera sesión se analizaron los resultados de los cultivos.

Rozo (2011) realizó una investigación sobre los trabajos prácticos para la enseñanza de la diversidad y ecología microbiana. Lo realizó desde un enfoque investigativo cualitativo, con 32 estudiantes de 4º grado de primaria (entre 10 y 11 años de edad). Empleó técnicas de observación, la entrevista, talleres y prácticas de laboratorio, basadas en la metodología de Torres (1998). Rozo obtuvo cuatro categorías de análisis para las ideas previas que rescató a partir de las respuestas de los estudiantes respecto a las preguntas planteadas, a fin de tener un marco conceptual acerca de lo que saben acerca de los microorganismos: *hábitat de los microorganismos; implicaciones que tienen los microorganismos sobre el ser humano; funciones vitales de los microorganismos; interacción bacteria-hombre; y dibujar un microorganismo.*

Bowling, Klisch, Wang y Beier (2013) analizan la efectividad de un juego sobre microbiología. Los resultados mostraron un cambio positivo hacia la ciencia.

Derivado de las investigaciones encontradas, puedo resaltar lo siguiente: los niños y adolescentes, utilizan como sinónimo de microorganismo, la palabra “germen”; algunos de ellos, creen que los microorganismos son nocivos para los humanos (generan enfermedades) y los asocian con poca higiene y enfermedades; además de ello, algunos adolescentes (12 a 13 años) sugieren que los gérmenes son microscópicamente pequeños, ligeros y flotan en el aire; niños de entre 8 a 13 años utilizan la palabra moho, pero lo consideran similar al óxido; a algunos niños (de entre 8 a 10 años) se les pidió que dibujaran microorganismos, algunos de ellos no pudieron, otros dibujaron puntos abstractos o estrellas, progresando con la edad hacia representaciones similares a insectos o arañas, o bien, tienen formas antropomórficas con expresiones amistosas (ver Tabla 7).

Cabe destacar que una de las investigaciones afirma que la progresión no ocurre simplemente como resultado de edad, madurez o experiencia educativa de forma lineal y que el aprendizaje no es generalmente tan simplista, debido a que algunos niños, incluso desde los 7 años de edad, ya tienen un nivel de conocimiento y comprensión que podría utilizarse para enseñar este tipo de conceptos; por otra parte, no tienen conciencia del papel que juegan los microorganismos en la descomposición; En general, los estudiantes piensan en los humanos como el centro del ecosistema en lugar de un miembro interdependiente con otros organismos como los microbios; microorganismos que son capaces de moverse, o tienen extremidades, Algunos niños que se enfermaron, afirmaron que los microorganismos están 'en algún lugar en el abdomen, esto quizá haya sido por recibir más información de sus padres o médicos con respecto a la naturaleza de sus enfermedades, y, por lo tanto, sus ideas sobre el tamaño de los microorganismos son más precisos que las concepciones que tienen los niños sanos; por último, los medios de comunicación juegan un rol fundamental en las concepciones que tienen los estudiantes sobre los microorganismos;

En cuanto a las secuencias didácticas cada una tiene finalidades específicas, por ejemplo, una de ellas se propuso saber cómo influye la palabra microbio al momento de plantear actividades, otra, saber sobre la actividad microbiana después de que

acababan de completar una secuencia de aprendizaje; así como conocer la utilidad de los trabajos prácticos para la enseñanza de la diversidad y ecología microbiana; y finalmente, una de ellas, analizó la efectividad de un juego sobre microbiología.

Tabla 7. Algunas de las ideas previas⁸ sobre el concepto de microorganismos

Categoría	Ideas previas	Fuente
Ubicación	Habitan en el cuerpo humano, en la naturaleza, en el piso, en las hojas, en la basura	Rozo, J. (2011)
	Están fuera de casa, en la tierra	
	Están en la humedad, en el aire, en lugares fríos, pero en condiciones extremas (frío o caliente) no pueden vivir	
	Son omnipresentes, están en los alimentos	Byrne, J. (2011)
	Viven en lugares no higiénicos y en animales	
	Viven en alguna parte del cuerpo humano	
Rol en la digestión humana	<i>“Ayudan a que se absorba la comida que está en nuestro estómago”</i>	Rozo, J. (2011)
	<i>“Están en nuestro cuerpo, ayudan a digerir los alimentos”</i>	
	<i>“Las bacterias buenas me ayudan a convertir mis alimentos en azúcar y otras cosas necesarias para mi cuerpo”.</i>	
Representaciones	Inanimados y asociados con la suciedad, el suelo y los insectos	Sequeira y Freitas (1986), citados en Leach, J., Driver, R., Scott, P. y Wood-Robinson, C. (1996).
	Son animales o parecidos y se agrupan en gérmenes	Byrne, J. (2011)
	Pequeños animales, normalmente invertebrados y con características humanas	
	Es pequeño, pero el tamaño real no es comprendido	
	No son seres vivos, posiblemente vivos, basados en el movimiento y la reproducción	
	Matan, comen, ven, se multiplican, hacen daño, etc.	
	<i>“Es redonda, con un núcleo en medio, el corazón. Y eso de ahí... es músculo, que le permite moverse”</i>	Simonneaux, L. (2000)
	<i>“Como un demonio. Con un tridente, matando todo.”</i>	
	<i>“Son como serpientes, algo que sea horrible.”</i>	
	<i>“Con un cuerpo, su pequeña cabeza, un ojo, cabellitos, ... piecitos, su boquita con dientes filosos, ... Bien, con dientes, aunque no estaría muy seguro”</i>	Rozo, J. (2011)
	Como insectos sin piernas	
	<i>Si respirarán, tendrían órganos respiratorios. Nosotros tenemos piel, narices, pulmones... ¿pero los virus también tienen?... De hecho, seguramente están solo interesados en alimentarse... ¿Respirar? No, no estoy seguro que lo hagan”.</i>	
	Son como puntos abstractos o estrellas	Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (1994).
	Microorganismos de tamaño pequeño, de color oscuro	Prokop, P., Fančovičová, J. y Krajčovičová, A. (2016)

⁸ Algunas de las ideas previas son citas textuales de los estudiantes, a fin de dar énfasis en los pensamientos que tienen sobre este fenómeno. Las que no están en cursivas, son las reflexiones y los resultados de las investigaciones.

Categoría	Ideas previas	Fuente	
Relación con los alimentos	La leche <i>“está hecha de y contiene microbios”</i> <i>“Cuando tomo yogurt estoy comiendo bacterias”</i> .	Byrne, J. (2011)	
	La levadura es el microorganismo ‘universal’ usado en la producción de alimentos		
	<i>“Los microorganismos ayudan a hacer yogurt, cerveza y levadura el cual está en el pan”</i>		
	No se usan en los alimentos porque son peligrosos <i>“Contaminan los alimentos”</i>		
	La leche y el pan se ponen viejos o caducos		
Implicaciones para la salud	Los microorganismos son referidos como ‘malos’ porque causan enfermedades	Byrne, J. (2010)	
	<i>“Los antibióticos y las vacunas ayudan a detener las enfermedades”</i>		
	Las vacunas se usan para eliminar los microorganismos o las enfermedades		
	Los medicamentos como contenedores de microorganismos		
	El blanqueador contiene microorganismos para remover o matar microorganismos dañinos		
	Composta <i>“podría distribuir gérmenes”, “lleno de malos microorganismos, es un lugar sucio”</i>		
	Asocian condiciones de enfermedad y locura con la noción de microbios	Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (1994).	
	Su presencia en el cuerpo (humano) causa problemas y dolencias	Rozo, J. (2011)	
	<i>“Me enferman, me hacen actuar raro y me podrían matar”</i>		
	<i>“Ellos no solo contagian mi cuerpo sino que también contagian a los animales”</i>		
	<i>“Se pueden reproducir rápido dentro del cuerpo de los seres vivos y podría enfermar causando daños físicos”</i>		
	<i>“Queman nuestro cuerpo y hay un virus que se come los tejidos de la piel”</i>		
	<i>“Nos ayudan a hacer la cura para las enfermedades”</i>		
	<i>“Nosotros las ingerimos, nos hacen bienes o males, ayudan a curar enfermedades”</i>		
	<i>“Nos protegen de enfermedades y los hongos comestibles como el champiñón nos brindan energía”</i>		
	<i>“Cuando tomamos antibióticos estamos comiendo bacterias que me quitan las enfermedades”</i> .		
	Las bacterias son percibidas como menos peligrosas que los virus		Simonneaux, L. (2000)
	<i>“Anticuerpos... son como medicamentos, solo que ellos pertenecen a nuestro cuerpo”</i>		
	Descomposición		<i>“Las bacterias se deben alimentar de desperdicios. Cuando no hay más desperdicios, ellos no tienen nada”</i>
Vistas solamente como agentes de descomposición			Rozo, J. (2011)
La descomposición es resultado de la edad o condiciones físicas		Byrne, J. (2011)	
Todas las formas de descomposición son consideradas negativamente y roles positivos de los microorganismos en la descomposición no son reconocidos			
Interacción a nivel celular	<i>Ataca a las células de la piel, cualquier cosa que esté fuera del cuerpo”</i>	Simonneaux, L. (2000)	
	<i>“Interactúan con las células de nuestro cuerpo”</i>		
	<i>“Perjudican a la célula la cual explota y suelta una toxina mortal”</i>		
	<i>“Una pequeña célula viviente que morirá sino llega a anexarse a otra célula viviente”</i>	Rozo, J. (2011)	

3.2 DESDE LO CURRICULAR

3.2.1 Plan de estudios 2011, algunas características

La Reforma Integral de la Educación Básica (RIEB) realizada en 2011, está “orientada a elevar la calidad educativa, que favorece la articulación en el diseño y desarrollo del currículo para la formación de los alumnos de preescolar, primaria y secundaria; [que] coloca en el centro del acto educativo al alumno...” (SEP, 2011a, p. 8).

Derivado de lo anterior, el Plan de Estudios de Educación Básica

Define las competencias para la vida, el perfil de egreso, los estándares curriculares y los aprendizajes esperados que constituyen el trayecto formativo de los estudiantes, y que se propone contribuir a la formación del ciudadano democrático, crítico y creativo que requiere la sociedad mexicana en el siglo XXI, desde las dimensiones nacional y global, que consideran al ser humano y al ser universal (SEP, 2011a, p. 25).

Además, el Plan de Estudios de la SEP (2011) se orienta hacia los principios del Estado laico, como marco de la **educación humanista y científica** establecido en el Artículo Tercero Constitucional.

En cuanto al Mapa Curricular de Educación Básica, se encuentra organizado en cuatro campos de formación (ver Figura 1). Cada uno de ellos permite el logro de elementos que forman una ciudadanía global y un sentido nacional y humano de cada estudiante (SEP, 2011a), como la objetividad científica y crítica.

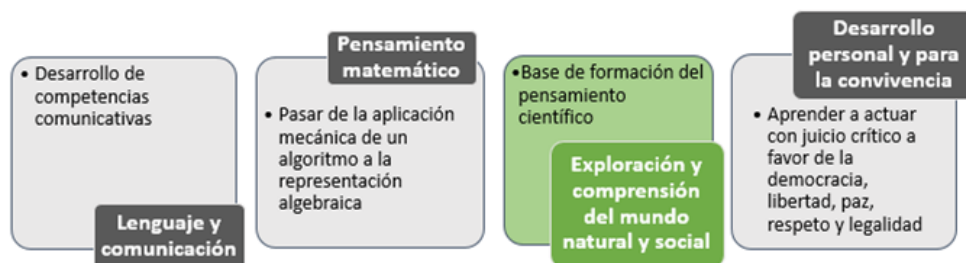


Figura 1. Campos de formación para la educación básica (SEP,

3.2.2 Campo formativo exploración y comprensión del mundo natural y social

En particular, en el campo formativo *Exploración y comprensión del mundo natural y social de educación básica*, la enseñanza de las Ciencias Naturales, busca relacionar aspectos biológicos, históricos, sociales, políticos, económicos, culturales, geográficos y científicos. Además de contribuir a la formación del pensamiento crítico, entendido como los métodos de aproximación a distintos fenómenos que exigen una explicación objetiva de la realidad (SEP, 2011a).

Por ejemplo, en educación preescolar, se acota a la ‘exploración y conocimiento del mundo’ y se centra:

En el desarrollo del pensamiento reflexivo, y busca que los niños pongan en práctica la observación, formulación de preguntas, resolución de problemas y la elaboración de explicaciones, inferencias y argumentos sustentados en las experiencias directas; en la observación y el análisis de los fenómenos y procesos perceptibles que les ayudan a avanzar y construir nuevos aprendizajes sobre la base de los conocimientos que poseen y de la nueva información que incorporan. La comprensión del mundo natural que se logra durante la infancia, sensibiliza y fomenta una actitud reflexiva sobre la importancia del aprovechamiento adecuado de la riqueza natural y orienta su participación en el cuidado del ambiente (SEP, 2011a:50).

En la Educación Primaria, se revisa en primero y segundo grados la asignatura de ‘Exploración de la Naturaleza y la Sociedad’, que pretende:

La integración de experiencias cuyo propósito es observar con atención objetos, animales y plantas; reconocer características que distinguen a un ser vivo de otro; formular preguntas sobre lo que quieren saber; experimentar para poner a prueba una idea o indagar para encontrar explicaciones acerca de lo que ocurre en el mundo natural y en su entorno familiar y social. [Con la finalidad de que] los alumnos fortalezcan sus competencias al explorar, de manera organizada y metódica, la naturaleza y la sociedad del lugar donde viven. Y es donde se establecen las bases para el desarrollo de la formación científica básica (SEP, 2011a:50).

De tercero a sexto grados se estudia la asignatura de 'Ciencias Naturales', la cual favorece la formación científica básica respectivamente. Del mismo modo,

Los estudiantes se aproximan al estudio de los fenómenos de la naturaleza y de su vida personal de manera gradual, con explicaciones metódicas y complejas, y buscan construir habilidades y actitudes positivas asociadas a la ciencia. La cultura de la prevención es uno de sus ejes prioritarios, puesto que, la asignatura propicia la toma de decisiones responsables e informadas a favor de la salud y el ambiente; prioriza la prevención de quemaduras y otros accidentes mediante la práctica de hábitos, y utiliza el análisis y la inferencia de situaciones de riesgo, sus causas y consecuencias. Relaciona, a partir de la reflexión, los alcances y límites del conocimiento científico y del quehacer tecnológico para mejorar las condiciones de vida de las personas (SEP, 2011a:51).

En educación secundaria en la materia de Ciencias, con énfasis en Biología, para primer grado, con énfasis en Física, para segundo grado y con énfasis en Química, para tercer grado, opera el planteamiento anterior.

Con esto en mente, el campo formativo 'Exploración y comprensión del mundo natural y social', específicamente, en primaria, pretende desarrollar en los estudiantes una formación científica básica.

Orientaciones generales de este campo de estudio

Con relación a los **estándares curriculares** (saberes y expectativas necesarias) de ciencias, presentan la visión de una población que utiliza saberes asociados a la ciencia, que les provea de una formación científica básica al concluir los cuatro periodos escolares" (SEP, 2011a, p. 88).

En cuanto a los **Programas de Estudio**, el enfoque que tiene, es el mismo de primero a sexto grado, pues sugiere:

Una propuesta formativa capaz de activar y conducir diversos esquemas de actuación comprometidos con los valores esenciales del razonamiento científico; de la mejora equilibrada y sustentable de la calidad de vida y de la convivencia

armónica entre los diferentes sectores de las sociedades locales y globales (SEP, 2011c:295).

En ese sentido, las ciencias naturales y las ciencias sociales interaccionan y se abordan de manera conjunta, para la práctica, la reflexión y el análisis de nuestras actividades diarias, como por ejemplo, la toma de decisiones para elegir productos que no afecten nuestra salud, o bien, para el manejo de residuos orgánicos e inorgánicos, y que se relaciona con el bienestar del otro (SEP, 2011c y d). Adicional a ello,

Profundiza los procesos, conocimientos, actitudes y valores asentados en preescolar. Las tres asignaturas que forman el campo de formación ofrecen oportunidades de integrar los conocimientos científicos... [Por otro lado], hacia el tercer periodo de la Educación Básica, los alumnos abordan problemas de mayor complejidad que implican la comprensión de diversas interpretaciones de los hechos (SEP, 2011c:296).

Conviene subrayar, que las materias que revisan los estudiantes en primaria enfocados a la enseñanza de las Ciencias Naturales, se exponen en la Tabla 8:

Primaria					
1o	2o	3o	4o	5o	6o
Exploración de la naturaleza y la sociedad		Ciencias Naturales			

Tabla 8. Materias enfocadas al estudio de las Ciencias Naturales.

Aclarado el punto anterior, los propósitos para el estudio de ‘la exploración de la naturaleza y la sociedad’ en primero y segundo grados, aspiran a que los alumnos “reconozcan su historia personal y contextual, las características de los seres vivos, las características y relaciones con la naturaleza, la sociedad y la cultura, valoren la diversidad natural y cultural y reconozcan la importancia de cuidar y valorar su cuerpo” (SEP, 2011c:91).

En tanto que los **propósitos** para el estudio de las ‘Ciencias Naturales’, de tercero a sexto año, pretenden que los niños

Reconozcan la ciencia y la tecnología como procesos de actualización permanente..., practiquen hábitos saludables para prevenir enfermedades,

accidentes y situaciones de riesgo..., participen en acciones de consumo sustentable..., expliquen fenómenos y procesos naturales..., conozcan las características de los seres vivos..., identifiquen interacciones entre los objetos del entorno asociadas a los fenómenos físicos..., identifiquen propiedades de los materiales..., integren y apliquen sus conocimientos, habilidades y actitudes... (SEP, 2011e:82).

En este orden de ideas, el **enfoque didáctico** para primero y segundo grados intenta “fortalecer su inquietud para conocer el mundo... y se formen una idea más organizada de los procesos naturales y sociales y de la forma en que pueden, [además de] cuidar de su bienestar y del lugar donde viven” (SEP, 2011c:97), así como, proporcionar las bases para el desarrollo de la formación científica básica, el estudio del espacio geográfico y del tiempo histórico.

Cabe destacar que en cuanto a la formación científica básica en estos grados de estudio, tiene la finalidad de que “planteen explicaciones iniciales de procesos y fenómenos naturales y,... pongan en práctica habilidades asociadas a la ciencia escolar con actividades de exploración y experimentación, vinculadas con actitudes para la prevención de enfermedades, riesgos y el cuidado del ambiente” (SEP, 2011c:101).

En tanto que el enfoque didáctico de tercero a sexto grados se dirige a dar una formación científica básica, el cual “implica que niños y jóvenes amplíen de manera gradual sus niveles de representación e interpretación respecto de fenómenos y procesos naturales, acotados en profundidad por la delimitación conceptual apropiada a su edad...” (SEP, 2011e:85). Además de desarrollar habilidades, actitudes y valores relacionados con la ciencia escolar, vinculados a la promoción de la salud y el cuidado del ambiente en la sociedad y hacia la ciencia y la tecnología (SEP, 2011e).

Las **competencias** a desarrollar en primero y segundo grados, en niñas y niños implica fomentar la integración de conocimientos, habilidades, actitudes y valores que contribuyen al desarrollo de éstas, y que tienen que ver con: la relación entre la naturaleza y la sociedad en el tiempo; la exploración de la naturaleza y la sociedad

en fuentes de información y, el aprecio de sí mismo, de la naturaleza y la sociedad (SEP, 2011d:103). De tercero a sexto grado, estas competencias implican: la comprensión de fenómenos y procesos naturales desde la perspectiva científica, la toma de decisiones informadas para el cuidado del ambiente y la promoción de la salud orientadas a la cultura de la prevención y la comprensión de los alcances y limitaciones de la ciencia y del desarrollo tecnológico en diversos contextos (SEP, 2011e:91).

Con relación al **papel del docente** es ineludible que distinga y comprenda los elementos antes mencionados (propósitos, enfoque didáctico, competencias), que tenga el conocimiento suficiente sobre los temas que aborde, que identifique los aprendizajes que se esperan de alumno, a fin de preparar y utilizar el material didáctico adecuado para el manejo de los contenidos. Específicamente, de tercero a sexto grado debe: comprender que el centro del proceso educativo es el alumno, y que por ello, tiene que fomentar su autonomía, su curiosidad y estimular su aprendizaje (SEP, 2011e).

En cuanto al **alumno**, debe tener un papel activo en la construcción o reconstrucción de sus aprendizajes, pues “[s]e requiere su interés y participación para llevar a cabo las estrategias de aprendizaje y aplicar conceptos, habilidades, valores y actitudes dentro y fuera del aula” (SEP, 2011d:104).

Las **actividades y los recursos para el aprendizaje** para primero y segundo grado están enfocados en preguntas detonadoras que estimulen el interés de los estudiantes, así como en la indagación que les permita un proceso de reflexión y encontrar las respuestas más adecuadas a las preguntas planteadas, con el fin de que representen retos cognitivos y los motiven a encontrar respuestas (SEP, 2011d). Adicional a ello, es pertinente crear ambientes de confianza dentro del salón de clases que permitan al alumno expresarse sin miedo y libremente.

De tercero a sexto grado, cambia el nombre de las actividades de aprendizaje, por el de modalidades de trabajo, lo cual involucra que las actividades tienen que organizarse en secuencias didácticas que cumplan con las características que establece el programa, como utilizar la estrategia didáctica llamada **trabajo por**

proyectos, que puede ser de tres tipos: científicos, tecnológicos y ciudadanos (SEP, 2011e).

Dentro de este contexto, la **organización de los aprendizajes** está dividida en cinco bloques de estudio para cada grado escolar. Particularmente, para primero y segundo grado un bloque se desarrolla en un bimestre. Cada bloque contiene las competencias que desarrollará el alumno, lo que se espera que aprenda y los contenidos a revisar. Además de un último apartado que se llama *Cómo celebramos*.

De igual modo, de tercero a sexto grado se organiza en cinco bloques, respectivamente, pero en torno a cinco ámbitos (SEP, 2011e:93):

- Desarrollo humano y cuidado de la salud,
- Biodiversidad y protección del ambiente,
- Cambio e interacciones en fenómenos y procesos físicos,
- Propiedades y transformaciones de los materiales y
- Conocimiento científico y conocimiento tecnológico en la sociedad.

Cada ámbito expone preguntas, a fin de generar expectativas e interés en los alumnos. Y cada bloque abarca un ámbito particular.

3.2.3 Bloques de estudio centrados en los hongos, la descomposición y el cuidado del medio ambiente

A partir de este momento, expondré los bloques de primero a sexto grado de primaria, los cuales abordan contenidos respecto al cuidado del medio ambiente, los hongos y las bacterias y, la descomposición de alimentos; así como los aprendizajes esperados en cada bloque, esto con la intención de compararlos con lo que se enseña en los libros de texto de cada grado escolar y analizar si es pertinente lo que se espera que aprendan los estudiantes con lo que se enseña:

- En **primer año**, el **Bloque II. Soy parte de la naturaleza**, “tiene el objetivo que los niños exploren el lugar donde viven, haciendo hincapié en

componentes naturales...” (SEP: 2011c:108), a fin de que identifiquen las transformaciones en la naturaleza. En el Bloque V. Los riesgos y el cuidado del lugar donde vivo “...identifican acciones que afectan la naturaleza y participan en actividades que contribuyen a su cuidado” (SEP: 2011c:109).

- En **segundo año**, en el **Bloque V. Juntos mejoramos nuestra vida**, las niñas y niños deben reconocer “que quemar objetos, arrojar basura, aceites, pinturas, y disolventes al agua o al suelo, así como desperdiciar el agua, la luz y el papel afectan la naturaleza” (SEP, 2011c:111).
- En **tercer año**, en el **Bloque II. ¿Cómo somos y cómo vivimos los seres vivos?** *Soy parte del grupo de los animales y me relaciono con la naturaleza* “contribuye a fortalecer los aprendizajes de los alumnos respecto al ámbito de Biodiversidad y protección del ambiente...” (SEP, 2011e:98) mediante actividades

Que les permitan indagar y reflexionar en torno a que el deterioro de un componente natural afecta a los demás, para reconocer la necesidad de realizar de manera cotidiana acciones de revalorización, rechazo, reuso, reducción y reciclado de materiales y productos, y el reverdecimiento de áreas, con la finalidad de contribuir a cuidar la naturaleza (SEP, 2011e:99).

- En **cuarto año**, en el **Bloque II. ¿Cómo somos y cómo vivimos los seres vivos?** *Los seres vivos formamos parte de los ecosistemas*, “se identifican las características de los hongos y las bacterias, lo cual contribuye al desarrollo de la noción de biodiversidad que se concretará en grados posteriores” (SEP, 2011b:100). “Se profundiza en el conocimiento de los seres vivos al identificar que los hongos y las bacterias crecen, se nutren y reproducen... Se promueve la reflexión de los beneficios y riesgos que estos organismos representan para otros seres...” (SEP, 2011b:101). En el *Bloque III. ¿Cómo son los materiales y sus cambios? La forma y la fluidez de los materiales y sus cambios de estado por efecto del calor* “aborda... los factores que intervienen en la cocción y la descomposición de alimentos... Asimismo, se estudia cómo la temperatura, el tiempo y la acción de los

microorganismos influyen en la cocción y descomposición de los alimentos (SEP, 2011b:102).

- En **quinto grado**, en el **Bloque II ¿Cómo somos y cómo vivimos los seres vivos?** *Los seres vivos son diversos y valiosos, por lo que contribuyo a su cuidado* se “plantea el estudio de... prioridades ambientales... Este bloque aborda principalmente contenidos del ámbito Biodiversidad y protección del ambiente (...)”

A partir del análisis de las prioridades ambientales, asociadas a la pérdida de la biodiversidad y la contaminación del agua, los alumnos avanzan en la comprensión de la problemática ambiental nacional, en el desarrollo de su habilidad para proponer soluciones y en la reflexión acerca de su participación, colaboración y responsabilidad en la prevención y mitigación de estos problemas. (SEP, 2011f: 102).

- En **sexto grado**, en el **Bloque II. ¿Cómo somos y cómo vivimos los seres vivos?** *Cambiamos con el tiempo y nos interrelacionamos, por lo que contribuyo a cuidar el ambiente para construir un entorno saludable*, “se profundiza el estudio... de algunas interacciones entre los componentes del ambiente, el consumo sustentable asociado a la calidad de vida, la contaminación del aire y su relación con el calentamiento global del planeta...” (SEP, 2011g: 102). Además,

Se pretende que alumnas y alumnos se reconozcan como parte del ambiente, el cual se integra de componentes naturales, sociales y sus interacciones, y reflexionen acerca de cómo la modificación de un componente incide en los otros. También identifican que la forma de satisfacer, con ciertos productos o servicios, algunas necesidades humanas de salud, nutrición, vivienda, vestido y educación implican un consumo excesivo o inapropiado de recursos materiales y energéticos, lo cual impacta en la calidad del ambiente y, por lo tanto, en la calidad de vida de las personas. De manera que se fomenta el consumo sustentable de bienes y servicios, como una acción personal y colectiva que contribuya al cuidado de la

riqueza natural y al bien común de las generaciones presentes y futuras...” (SEP, 2011g: 103).

- **El Bloque III. ¿Cómo son los materiales y sus cambios?** Los materiales tienen dureza, flexibilidad, permeabilidad y cambian de manera temporal o permanente, “plantea el análisis de la relación entre algunas propiedades de los materiales, su consumo sustentable, los beneficios y riesgos de las transformaciones temporales y permanentes de los materiales en el ambiente...” (SEP, 2011g: 103). “[S]e desarrollan actitudes orientadas al cuidado del ambiente al analizar implicaciones naturales y sociales de las estrategias de revalorización, rechazo, reducción, reuso y reciclado de materiales, asociadas con el consumo sustentable de papel y plástico” (SEP, 2011g: 104).

En la Tabla 9, presento los aprendizajes esperados y los contenidos de cada grado escolar, relacionadas con las temáticas expuestas en los bloques de estudio.

Tabla 9. Aprendizajes esperados y contenidos de cada bloque y grado escolar relacionados con los temas “Cuidado del medio ambiente, hongos y bacterias y descomposición de alimentos”. Fuente: Adaptado de los programas de estudio de Educación Básica, a nivel Primaria, 2011.

Grado	Bloque	Aprendizajes esperados en estudiantes	Contenidos
1º	II. Soy parte de la naturaleza	Describe características de los componentes naturales del lugar donde vive (SEP, 2011c:111)	La naturaleza del lugar donde vivo
		Distingue cambios en la naturaleza durante el año debido al frío, calor, lluvia y viento (SEP, 2011c:111)	Cambios en la naturaleza del lugar donde vivo
	V. Los riesgos y el cuidado del lugar donde vivo	Reconoce acciones que afectan la naturaleza y participa en actividades que contribuyen a su cuidado (SEP, 2011c:113)	Participo en el cuidado del lugar donde vivo
2º	II. Exploramos la naturaleza	Describe y registra algunas características del cielo	Qué hay en el cielo
		Distingue diferencias entre montañas y llanuras, así como entre ríos, lagos y mares	Cómo son las montañas, las llanuras, los ríos, los lagos y los mares
		Describe, tomando en cuenta el frío, el calor, la abundancia o la escasez de agua, las características de los lugares donde viven plantas y animales silvestres.	Cómo son los lugares donde viven plantas y animales silvestres
		Identifica diferencias y semejanzas entre plantas y animales del medio acuático y terrestre.	Cómo son plantas y animales del medio acuático y terrestre
	V. Juntos mejoramos nuestra vida	Reconoce que quemar objetos, arrojar basura, aceites, pinturas, y disolventes al agua o al suelo, así como desperdiciar el agua, la luz y el papel afectan la naturaleza (SEP, 2011d:115)	Cuidado de la naturaleza

Grado	Bloque	Aprendizajes esperados en estudiantes	Contenidos
3º	II. ¿Cómo somos y cómo vivimos los seres vivos? Soy parte del grupo de los animales y me relaciono con la naturaleza	Describe cómo los seres humanos transformamos la naturaleza al obtener recursos para nutrirnos y protegernos (SEP, 2011e:103)	¿Cómo nos relacionamos los seres humanos con la naturaleza? <ul style="list-style-type: none"> ✓ Relación de la satisfacción de necesidades de nutrición y protección con la extracción de recursos: costos y beneficios ✓ Valoración de beneficios y costos de la satisfacción de necesidades
		Explica la relación entre la contaminación del agua, aire y el suelo por la generación y manejo inadecuado de residuos e identifica las ventajas y desventajas de estrategias de consumo sustentable (SEP, 2011e:103)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Origen y destino de los residuos domiciliarios e industriales ✓ Valoración del impacto de la generación de residuos a nivel personal y en la naturaleza
		Explica la importancia de cuidar la naturaleza, con base en el mantenimiento de la vida	¿Cómo muestro mi aprecio por la naturaleza? <ul style="list-style-type: none"> ✓ Relación de las condiciones del agua, aire y suelo con los seres vivos ✓ Valoración de los beneficios de cuidar la naturaleza para el mantenimiento de la vida
		Identifica ventajas y desventajas de estrategias de consumo sustentable: revalorización, rechazo, reducción, reúso y reciclaje de materiales, así como del reverdecimiento de la casa y espacios públicos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Identificación de estrategias de consumo sustentable: revalorizar, rechazar, reducir, reusar y reciclar objetos y materiales, además de reverdecer con plantas el hogar, banquetas, camellones y parques, además de zonas naturales ✓ Comparación de las estrategias considerando beneficio personal, costo económico y ambiental, así como su posibilidad de participación individual y colectiva
	V. ¿Cómo conocemos? La investigación contribuye a promover la salud y a cuidar el ambiente	Aplica habilidades, actitudes y valores de la formación científica básica durante la planeación, el desarrollo, la comunicación y la evaluación de un proyecto de su interés en el que integra contenidos del curso	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Acciones para promover la salud ✓ Acciones para cuidar el ambiente

Grado	Bloque	Aprendizajes esperados en estudiantes	Contenidos
4º	II ¿Cómo somos y cómo vivimos los seres vivos? Los seres vivos formamos parte de los ecosistemas	Identifica que los hongos y las bacterias crecen, se nutren y reproducen al igual que otros seres vivos (SEP, 2011b:105)	<p>¿En qué se parecen los hongos y las bacterias a las plantas y los animales?</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Comparación del crecimiento, de la nutrición y la reproducción de hongos y bacterias con las mismas funciones vitales de plantas y animales ✓ Hongos y bacterias como seres vivos
		Explica la importancia de los hongos y las bacterias en la interacción con otros seres vivos y el medio natural (SEP, 2011b:105)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Evaluación de los beneficios y riesgos de las interacciones de hongos y bacterias con otros seres vivos y el medio natural en la estabilidad de las cadenas alimentarias y en la salud de las personas ✓ Evaluación de los beneficios y riesgos de hongos y bacterias en las industrias alimentaria y farmacéutica
	III ¿Cómo son los materiales y sus cambios? La forma y la fluidez de los materiales y sus cambios de estado por efecto del calor	Identifica que la temperatura y el tiempo influyen en la cocción de los alimentos (SEP, 2011b:106)	<p>¿Qué efectos tienen la temperatura y los microorganismos en los alimentos?</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Experimentación con la temperatura y el tiempo en la cocción de los alimentos ✓ Relación de la cocción de los alimentos con la temperatura y el tiempo
		Identifica que la temperatura, el tiempo y la acción de los microorganismos influyen en la descomposición de los alimentos (SEP, 2011b:106)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Experimentación con la temperatura, el tiempo y la acción de los microorganismos en la descomposición de los alimentos ✓ Relación de la descomposición de los alimentos con la temperatura, el tiempo y la acción de los microorganismos
5º	II ¿Cómo somos y cómo vivimos los seres vivos? Los seres vivos son diversos y valiosos, por lo	Analiza el deterioro de los ecosistemas a partir del aprovechamiento de recursos y de los avances técnicos en diferentes etapas del desarrollo de la humanidad (SEP, 2011f:107)	<p>¿Qué son los ecosistemas y cómo los aprovechamos?</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Relación entre la satisfacción de necesidades básicas, los estilos de vida, el desarrollo técnico y el deterioro de la riqueza natural en sociedades recolectora-cazadora, agrícola e industrial

Grado	Bloque	Aprendizajes esperados en estudiantes	Contenidos
	que contribuyo a su cuidado		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Evaluación de los estilos de vida y del consumo de recursos para la satisfacción de las necesidades de las sociedades humanas en función del deterioro de la riqueza natural
6°	II. ¿Cómo somos y cómo vivimos los seres vivos? Cambiamos con el tiempo y nos interrelacionamos, por lo que contribuyo a cuidar el ambiente para construir un entorno saludable	Identifica que es parte del ambiente y que éste se conforma por los componentes sociales, naturales y sus interacciones (SEP, 2011g:107)	<p>¿Por qué soy parte del ambiente y cómo lo cuido?</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Ambiente: componentes naturales –físicos y biológicos–sociales –económicos, políticos y culturales–, y sus interacciones. ✓ Valoración de sí mismo como parte del ambiente.
		Practica acciones de consumo sustentable con base en la valoración de su importancia en la mejora de las condiciones naturales del ambiente y la calidad de vida (SEP, 2011g:107)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Acciones de consumo sustentable: adquirir sólo lo necesario, preferir productos locales, de temporada y sin empaque, entre otras ✓ Toma de decisiones personales y libres encaminadas a la práctica de acciones de consumo sustentable con base en los beneficios para el ambiente y la calidad de vida
	III ¿Cómo son los materiales y sus cambios? Los materiales tienen dureza, flexibilidad, permeabilidad y cambian de	Argumenta el uso de ciertos materiales con base en sus propiedades de dureza, flexibilidad y permeabilidad, con el fin de tomar decisiones sobre cuál es el más adecuado para la satisfacción de algunas necesidades (SEP, 2011g:108)	<p>¿Por qué se pueden revalorar, reducir, rechazar, reusar y reciclar los materiales?</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Experimentación con la dureza, flexibilidad y permeabilidad en materiales distintos ✓ Valoración del uso de materiales diferentes en la elaboración de objetos para la satisfacción de algunas necesidades de las personas

Grado	Bloque	Aprendizajes esperados en estudiantes	Contenidos
	manera temporal o permanente	Toma decisiones orientadas a la revalorización, al rechazo, a la reducción, al reúso y al reciclado de papel y plástico al analizar las implicaciones naturales y sociales de su uso” (SEP, 2011g:108)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Impacto en la naturaleza y la sociedad de la extracción de materias primas, la producción, el uso y la disposición final de papel y plástico ✓ Evaluación de los alcances y las limitaciones de las estrategias de revalorización, rechazo, reducción, reúso y reciclado de papel y plástico, en relación con sus implicaciones naturales y sociales
		Caracteriza e identifica las transformaciones temporales y permanentes en algunos materiales y fenómenos naturales del entorno (SEP, 2011g:108)	<p>¿Cuándo un cambio permanente es temporal?</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Características y ejemplos de transformaciones temporales –cambio ✓ de estado y formación de mezclas– y permanentes –cocción y descomposición de los alimentos, y combustión y oxidación
		Explica los beneficios y riesgos de las transformaciones temporales y permanentes en la naturaleza y en su vida diaria (SEP, 2011g:108)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diferenciación entre transformaciones temporales y permanentes ✓ Evaluación de beneficios y riesgos de las transformaciones temporales –ciclo del agua– y permanentes –combustión– en la naturaleza

En cuanto a los **libros de texto de 1º a 6º grado escolar**, centré mi atención en las preguntas que plantean a los estudiantes en los bloques de estudio relacionados con la Tabla 2.

- Primer grado, en el bloque II, se revisa el tema La naturaleza del lugar donde vivo, y se les pregunta a los estudiantes ¿cuáles son las características de los componentes naturales del lugar donde vives? En este mismo bloque se estudia el tema Cambios en la naturaleza del lugar donde vivo, y se les pregunta a los alumnos ¿qué cambios has notado a lo largo del año en la naturaleza del lugar donde vives? (SEP, 2014a).
- Segundo grado, en el bloque V, se explora el tema del cuidado de la naturaleza, en donde se les plantea a los estudiantes la siguiente pregunta, ¿qué acciones afectan la naturaleza? (SEP, 2014b).
- Tercer grado, en el bloque II, se revisa el tema sobre la satisfacción de las necesidades básicas, y se exponen dos preguntas: ¿qué necesito para vivir?, ¿de dónde provienen mis recursos para vivir?; así como el tema acerca de la importancia del cuidado del medio ambiente, en donde brevemente hablan acerca de los desechos sólidos (orgánicos e inorgánicos) y **de la reducción, reuso y reciclado de materiales** (SEP, 2014c).
- **Cuarto grado**, en el bloque II, se plantea la pregunta, ¿cómo somos y cómo vivimos los seres vivos? Se revisan los efectos que tienen la temperatura y los microorganismos en los alimentos. Cabe destacar que “los organismos descomponedores (hongos y bacterias) son aquellos que descomponen los organismos muertos para reintegrar la materia al ambiente; y de la cocción y descomposición de los alimentos” (SEP, 2014d). Mientras que en el bloque III se cuestiona ¿cómo son los materiales y sus cambios? Describe brevemente la descomposición de los alimentos, de sus beneficios y consecuencias.
- **Quinto grado**, en el bloque II, se plantea la misma pregunta que en cuarto grado, ¿cómo somos y cómo vivimos los seres vivos? Aquí se explican las prioridades ambientales y la importancia de su cuidado (SEP, 2014e).

- **Sexto grado**, en el bloque II se considera la pregunta ¿cómo somos y cómo vivimos los seres vivos? Y “se profundiza el estudio de cambios en los seres vivos... el consumo sustentable asociado a la calidad de vida...” (SEP, 2014f:103). En el bloque III, se propone la pregunta ¿cómo son los materiales y sus cambios? Aquí se describe “la relación entre algunas propiedades de los materiales, su consumo sustentable...” (SEP, 2014f:103) y nuevamente se habla acerca de la reducción, reuso y reciclado de materiales, así como la degradación de los residuos orgánicos e inorgánicos (SEP, 2014f)

En suma, al hacer una comparación entre las preguntas propuestas de 1º a 6º grado de primaria, los aprendizajes esperados y los temas que revisan, puedo valorar que el tema de la descomposición de alimentos, sólo se revisa en cuarto y sexto grado de primaria, de manera muy breve (máximo son dos cuartillas dentro del libro de 4º grado), pues en el libro de texto no explican en qué medida los hongos y las bacterias (actores fundamentales en este proceso) afectan la descomposición, qué son, de dónde provienen, cómo son, entre otros; además, pese a que se ve nuevamente en sexto grado, prácticamente se revisa el mismo contenido.

Sobre los temas de reducción, reuso y reciclado de materiales, los alumnos lo revisan en segundo, tercero y sexto grado de primaria, explicados de manera muy elemental, lo cual no propicia una sensibilización acerca del por qué debemos cuidar el medio ambiente.

Cabe señalar, que en tercer grado, los estudiantes realizan una actividad titulada “la composta”, en el libro explican cómo hacerla, sin embargo, aunque se lleva a cabo esta actividad experimental no se explica adecuadamente de qué trata ni tampoco cuáles son los beneficios que puede tener, en este caso, el uso de residuos orgánicos para elaborarla, ni cuál o cuáles son los procesos que suceden para que posteriormente se pueda utilizar como abono para plantas.

Si los alumnos comprendieran el fenómeno de la descomposición de alimentos, los llevaría a identificar que la vida de un alimento no concluye cuando se tira al bote de basura debido a que ahora puede ser aprovechado por los microorganismos

(éstos pueden penetrar al alimento por las fisuras que tenga debido al maltrato y favorecer el crecimiento de hongos, asimismo, algunos de los factores que influyen en su crecimiento (de los hongos), son la humedad en el ambiente, el pH o las malas condiciones de almacenamiento); además de ello, los estudiantes distinguirían que un microorganismo es un ser vivo (aunque no se vean fácilmente por el tamaño que tienen), que intervienen de manera fundamental en el ciclo de la materia; por lo que transformarían las ideas previas que tienen de estos seres vivos, porque piensan que sólo impactan en el ser humano, y no a la naturaleza, cuando lo que hacen los microorganismos es alimentarse, reproducirse y morir como cualquier ser vivo.

Otro aspecto que quiero que comprendan los alumnos con este fenómeno, es que al mezclar o juntar la basura orgánica con la inorgánica (botellas de plástico, vidrio, latas, metales, etc.) se vuelve complicado que éstos se reutilicen o reciclen para otros fines, como:

- Residuos orgánicos: composta para plantas, jardines o recuperación de suelos degradados, alimentación animal, lombricultivo, biocombustibles, biofertilizantes, biofermentos, entre otros.
- Residuos inorgánicos: utensilios para guardar, envolver o escribir, decorar recipientes, envases de plástico para macetas, etc.

Mi finalidad es que este fenómeno tenga sentido para los alumnos y que apoye a sensibilizarlos en el cuidado del medio ambiente, ya que hoy en día, la contaminación del subsuelo por la acumulación de basura, es un problema de salud pública (INEGI, 2015). Además de que no hay una logística adecuada para la separación de residuos orgánicos e inorgánicos a nivel nacional (Hernández, 2017).

Como se hizo notar, en los Planes y Programas de Estudio se aborda de manera ostentosa el cuidado del medio ambiente (no así el tema sobre la descomposición de alimentos), no obstante, en la práctica, lo que se les enseña a las niñas y niños mediante los libros de texto, es muy básico, ya que no se alcanza a identificar la relación e importancia que existe en los temas antes mencionados, y mucho menos, se desarrollan las habilidades necesarias para que los estudiantes tomen decisiones en su vida cotidiana que ayuden a reducir, reusar o reciclar materiales.

Sin duda, lo anterior es un marco que promete una mejora y calidad en la educación, sin embargo, llevarlo a la práctica resulta más complejo que ello, debido a las distintas realidades que viven las escuelas mexicanas; una de ellas es la escasa formación continua y permanente del profesorado, pues contar con los conocimientos disciplinares y pedagógicos, las habilidades y las actitudes necesarias para desarrollar en los alumnos un razonamiento científico, aunado con la comprensión de llevar una vida sustentable con la naturaleza y armónica con las personas, resulta un reto y un área de oportunidad para los estudiantes y el docente. No obstante, en el complejo contexto educativo, se da prioridad a otras cuestiones, que poco apoyan este tipo de iniciativas en las reformas curriculares.

3.3 DESDE LO DISCIPLINAR

En este apartado abordaré de manera general algunas características de los microorganismos, específicamente, de los hongos (mohos), la definición de descomposición de alimentos, los indicadores y factores que intervienen en el fenómeno de la descomposición, el significado de esporulación microbiana, y finalmente, el deterioro que se da particularmente en frutas y verduras.

Con este acercamiento al fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos, tendré referentes precisos al momento de diseñar la secuencia didáctica.

3.3.1 Clasificación de los microorganismos

La ciencia de la clasificación, especialmente la de los seres vivos, se denomina **taxonomía**, según las palabras griegas *ley* y *orden*. El objetivo de la taxonomía es clasificar seres vivos, es decir, establecer las relaciones entre un grupo y otro de organismos y las diferencias que hay entre ellos. Un sistema taxonómico ayuda a clasificar organismos que aún no han sido estudiados detalladamente. Esto significa que un organismo hasta ahora desconocido puede ser identificado y después agrupado o clasificado con otros organismos de características similares (Tortora, Funke y Case, 1993:236).

Resulta oportuno añadir que Whittaker (1969) propuso un sistema de cinco reinos para la clasificación biológica. Los cinco reinos, de acuerdo a Tortora, Funke y Case, 1993), son:

- a) El reino **Procaryotae** (o **monera**). En este sistema todos los procariotas se incluyen.
- b) En el reino **protista** se incluyen los hongos acuáticos, los hongos mucosos, los protozoos y las algas eucarióticas primitivas.
- c) El reino **Plantae** está compuesto de eucariotas pluricelulares: algunas algas, todos los musgos, los helechos, las coníferas y las plantas con flores.
- d) El reino **Animalia** se conforma por animales pluricelulares eucarióticos e incluye esponjas, diversos gusanos, insectos y animales con esqueleto (vertebrados). Los animales obtienen carbono y energía ingiriendo materia orgánica a través de algún tipo de boca.
- e) El reino **Fungi** incluye levaduras unicelulares, hongos filamentosos y especies macroscópicas como las setas. Para obtener los nutrientes esenciales para sus funciones vitales, los hongos absorben materia orgánica en solución a través de las membranas de sus células, llamados hifas. Como las células carecen de tabiques completos forman un citoplasma continuo, plurinucleado, en vez de células definidas. La mayoría de los hongos carecen de flagelos. El desarrollo del hongo tiene lugar a partir de esporas o de fragmentos de hifas

Es preciso aclarar que esta investigación se centrará en la descomposición de alimentos realizada por microorganismos conocidos como hongos, específicamente por mohos, por lo que a continuación se destacan algunas de sus características.

En la Figura 1, se observa la ubicación de los mohos, de acuerdo a su clasificación taxonómica. Será prudente decir que, aunque en el Reino Protista también hay hongos, este estudio solo se centrará en uno de los que pertenecen al Reino Fungi.



Figura 1. Sistema de los cinco reinos. Ubicación de los hongos, dentro de la taxonomía propuesta por Tortora, Funke y Case (1993), así como la filogenia de éstos propuesta por Campbell, et al, (2007). (Adaptación propia).

3.3.2 Los hongos y algunas de sus particularidades

La micología es el estudio de los hongos. Éstos incluyen levaduras, mohos y hongos carnosos. Los primeros son microorganismos unicelulares, mientras que los mohos son organismos pluricelulares, como el mildiu, las royas y el tizón. Los hongos carnosos pueden ser las setas y los bejines (Tortora, Funke y Case, 1993).

Características de los hongos

Los hongos son heterótrofos, es decir, son microorganismos que precisan de compuestos orgánicos como fuente de energía y de carbono. Son aerobios o anaerobios facultativos; no se conocen hongos anaeróbicos estrictos; suelen reproducirse por esporas; viven como saprófitos en el suelo y agua, donde descomponen principalmente materia vegetal. Como las bacterias, contribuyen de forma significativa a la descomposición de la materia orgánica y al reciclado de nutrientes. De más de 100,000 especies fúngicas sólo unas 100 son patógenas para el hombre y otros animales. Sin embargo, miles de hongos son patógenos para las

plantas; por lo que las plantas de importancia económica son atacadas por uno o varios hongos (Tortora, Funke y Case, 1993).

Los hongos pluricelulares se identifican con base en su aspecto físico (se observan los filamentos del hongo), incluidas las características coloniales (solo en estudios in vitro; en las zetas de acuerdo con el cuerpo fructífero que es lo que se observa a simple vista) y la formación de esporas. Las colonias se describen como estructuras vegetativas porque están compuestas de células implicadas en el catabolismo y crecimiento. Para este estudio, solo me centraré en los mohos.

Adaptabilidad nutricional

Los hongos pueden sobrevivir en ambientes adversos. Es por ello, que su crecimiento se da en lugares que uno jamás pensaría. Los hongos son quimioheterótrofos, es decir, absorben nutrientes en vez de ingerirlos, que es lo que hacen los animales. Sin embargo, los hongos son diferentes de las bacterias en ciertos requerimientos ambientales y en las siguientes características nutricionales. De acuerdo con Tortora, Funke y Case, (1993, p. 287) son:

1. Los hongos suelen crecer mejor a pH ácido (5,0) el cual inhibe el crecimiento de las bacterias más comunes.
2. La mayoría de los mohos son aeróbicos por lo que crecen sobre superficies más que en el interior de los sustratos.
3. La mayoría de los hongos son más resistentes que las bacterias a las presiones osmóticas, por tanto, pueden crecer en presencia de concentraciones elevadas de azúcar o de sal.
4. Los hongos son capaces de crecer sobre sustancias con muy poco contenido en humedad.
5. Los hongos requieren menos nitrógeno para crecer.
6. Los hongos son capaces de utilizar hidratos de carbono complejos, como lignina (madera).

Morfología de los mohos

Los mohos son eucariotes y multicelulares. Las células eucariotes, en general, son mucho más grandes que las células procariontes; tienen paredes celulares rígidas y membranas plasmáticas delgadas. La pared celular es rígida y puede estar compuesta por carbohidratos. La membrana plasmática contiene esterol. (Ray y Bhunia, 2010).

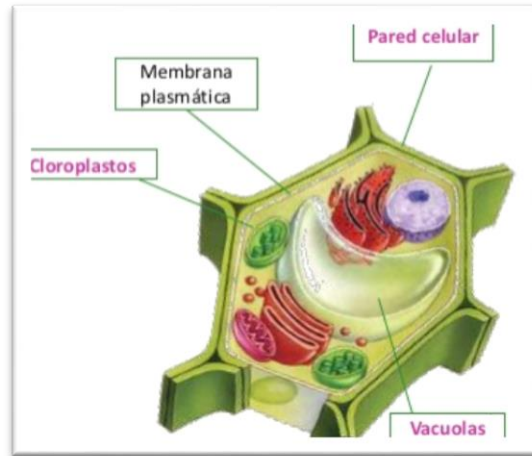


Imagen 1. Célula eucariote.

3.3.3 ¿Qué se comprende por descomposición o deterioro de los alimentos?

A continuación se expone la relación de los mohos con la descomposición de alimentos.

De acuerdo con la Real Academia Española (2017), la palabra **descomposición** es **sinónimo de deterioro** y, deterioro significa **pasar a un peor estado o condición**. Por lo tanto, para este proyecto se usarán de manera indistinta ambos términos.

La descomposición de los alimentos por microorganismos “ocurre como consecuencia del crecimiento microbiano o de la liberación al ambiente alimentario de enzimas microbianas extracelulares o intracelulares (después de la lisis de las células). Algunos parámetros detectables asociados a la descomposición de diferentes tipos de alimentos son cambios en el color, olor y textura, formación de lama, acumulación de gas (o espuma) y acumulación de líquido (exudado o depurado)” (Ray y Bhunia, 2010, p. 141). Por lo cual, hay que comprenderla a fin de identificar las causas de su incidencia y desarrollar medios que puedan apoyar su control.

Otro punto de vista sobre la descomposición es la propuesta por Montville y Matthews (2009), quienes aclaran que “un producto (carne, lácteo, fruta o pescado) se considera deteriorado si los cambios sensoriales lo hacen inaceptable para el consumidor. Algunos de los factores asociados con el deterioro de alimentos incluyen defectos de color o cambios de textura, la formación de «malos» sabores u olores, viscosidad, o cualquier otra característica que convierte al alimento en indeseable para el consumo. Mientras que la actividad enzimática en un alimento contribuye a cambios durante el almacenamiento, el deterioro organolépticamente detectable (es decir, detectable por cambios de olor o color) generalmente es el resultado de la descomposición y de la formación de metabolitos resultado del crecimiento microbiano” (p. 299).

3.3.4 Secuencia de eventos para que se descomponga un alimento

Por lo regular, para que los microorganismos causen la descomposición de los alimentos, deben presentarse diversos sucesos en secuencia. De acuerdo con Ray y Bhunia (2010), es necesario que:

- a) los microorganismos de una o más fuentes, entren en los alimentos;
- b) el ambiente alimentario (pH, A_w –actividad acuosa–, potencial O – R – potencial de oxidación reducción–, nutrientes y agentes de inhibición) debe favorecer el crecimiento de uno o más tipos de esos microorganismos contaminantes;
- c) los alimentos han de ser almacenados (o maltratados) a una temperatura que permita que uno o más tipos se multipliquen;
- d) finalmente, los alimentos deben ser almacenados en condiciones que propicien el crecimiento durante tiempo suficiente para que proliferen los diferentes tipos de microorganismos hasta alcanzar el número necesario para producir cambios detectables en los alimentos.

En el caso de los alimentos tratados con calor, es posible que sobrevivan ciertos microorganismos asociados a la descomposición o que otros entren en ellos después del calentamiento. Por lo que la descomposición de alimentos calentados

causada por enzimas microbianas, podría ser el resultado de enzimas estables, que produjeron los microorganismos, antes de que se calentaran.

3.3.5 Nivel en que se detecta la descomposición

Cuando se producen cambios de color, olor y textura en los alimentos, con formación de lama o gas y acumulación de líquido, es porque los microorganismos (en particular, mohos, bacterias y levaduras) ya se multiplicaron hasta alcanzar grandes cantidades, que con frecuencia se denomina “nivel en que se detecta la descomposición”. Eso sí, varía según el tipo de alimentos y microorganismos.

Con base en “la naturaleza de la descomposición y los tipos de microorganismos, el nivel de detección asociada a H₂S (ácido sulfhídrico), algunas aminas y formación de H₂O₂ (peróxido de hidrógeno) se puede detectar a un nivel menor de carga microbiana, en tanto que la formación de ácido láctico se percibe con una carga mayor. La formación de limo relacionada con la acumulación de células microbianas, por lo regular se detecta a >10⁸ cél/g, mL o cm² en un alimento. Se deduce, entonces, que un alimento con carga inicial relativamente más alta de bacterias de descomposición (o levaduras) y en condiciones de almacenamiento que favorecen el rápido crecimiento de éstas, se descompondrá más rápido que un alimento con carga inicial baja de microorganismos que requieren más tiempo para proliferar” (Ray y Bhunia, 2010, p. 141).

3.3.6 Indicadores de descomposición microbiana de alimentos

Los microorganismos causan la descomposición de alimentos de dos maneras:

1. La realizan las células vivas mediante su crecimiento y por el metabolismo activo de los componentes de los alimentos;
2. Aún en ausencia de células vivas, las enzimas extracelulares e intracelulares de éstas, la producen, debido a que reaccionan con los mismos elementos de los alimentos, al modificar sus propiedades funcionales, lo que lleva a su descomposición.

La descomposición en los alimentos, causa pérdidas económicas. Para reducir la pérdida de las materias primas y las parcialmente procesadas, se debe: predecir la cantidad de tiempo (después de la producción) que tendrá el producto para que sea aceptable, es decir, su vida útil, en condiciones normales de almacenamiento; determinar el estado actual, en lo que respecta a la descomposición, de un alimento que ha permanecido almacenado por cierto tiempo. Ambos aspectos son indispensables y debe estar disponible, antes de que el alimento se descomponga de manera obvia y detectable, y ya no pueda consumirse o sea inaceptable.

Se han evaluado muchos criterios para determinar su eficacia como indicadores para predecir la vida útil esperada y para estimar la ocurrencia de las diferentes etapas de la descomposición microbiana. Estos criterios o indicadores se pueden agrupar en:

- Sensoriales
- Microbiológicos
- Químicos (metabolitos microbianos específicos)

Aunque las pruebas sensoriales son fáciles y rápidas de realizar (por ejemplo, cambios de color, olor, sabor, textura y apariencia general), pero tienen diversos inconvenientes como indicadores, en especial cuando se usan como único método. Por lo regular, los cambios de sabor y textura aparecen en etapas avanzadas de la descomposición. Las especies que se usan en muchos productos pueden enmascarar los cambios de olor. Además, es posible que no se detecten cuando se deben a metabolitos volátiles en productos que están expuestos al aire, en comparación con los mismos productos que están empacados y con aire restringido (Ray y Bhunia, 2010, p. 172).

Estudios efectuados por muchos investigadores han revelado, de manera contundente, que una sola prueba, sea microbiológica o química, no es eficaz para predecir la vida útil de un producto o su estado de descomposición. Los factores que contribuyen a la descomposición de un alimento incluyen el tipo de producto, su composición, métodos usados durante su procesamiento, contaminación durante el procesamiento, naturaleza del empaque, temperatura y periodo de

almacenamiento y posibles abusos de temperatura. Como estos factores difieren de un producto a otro, resulta lógico seleccionar indicadores por producto o grupos de productos con características similares. Algunos factores (Kraft, 1992, Gill, 1983, Suhren, 1989 y Tompkim, 1983, citados en Ray y Bhunia, 2010:172) que se han de considerar en la selección de un indicador microbiano o químico para determinado producto (o diversos tipos de ellos) son:

- En un buen producto fresco pueden estar presentes, o no (químico), muy pocos microorganismos. *Indicador microbiano.*
- En condiciones normales de almacenamiento (temperatura, tiempo, empaque) debe incrementarse en cantidad su población y alcanzar altos niveles. *Indicador microbiano o químico.*
- Cuando la descomposición sucede en condiciones normales de almacenamiento, debe predominar el agente causal. *Indicador microbiano o químico.*
- Ha de poder detectarse con rapidez. *Indicador microbiano o químico.*
- Debe poder usarse de manera confiable para predecir la vida útil y el estado de descomposición. *Indicador microbiano o químico.*
- Ha de tener una correlación buena con los criterios sensoriales de descomposición de un producto en particular. *Indicador microbiano o químico.*

3.3.7 Microorganismos en los alimentos

Normalmente los alimentos crudos y procesados contienen muchos tipos de mohos, levaduras y bacterias capaces de multiplicarse y ocasionar su descomposición (los virus no se multiplican en los alimentos). Cabe destacar que la **proliferación** es un componente importante en la descomposición, por lo que las bacterias (que se pueden reproducir en corto tiempo), seguidas de las levaduras, salen más favorecidas, que los mohos para causar el deterioro de los alimentos. Sin embargo, alimentos en los cuales las **bacterias o las levaduras no encuentran condiciones favorables para su crecimiento**, debido a que son almacenados por periodos

prolongados, los favorecidos son los mohos, ya que cuentan con mejores cualidades para subsistir en alimentos, como: panes, quesos duros, aderezos secos fermentados, frutas ácidas y vegetales.

Avances recientes en el empaquetado anaeróbico (en ausencia de oxígeno) de alimentos han reducido la descomposición de alimentos ocasionada por mohos, y en alguna medida por levaduras, pero no han evitado la descomposición que ocasionan las bacterias anaeróbicas y las bacterias facultativas anaeróbicas (Ray y Bhunia, 2010, p. 141).

Enseguida se muestran algunos de los géneros representativos de mohos en los alimentos.

Hongos filamentosos o mohos

Los mohos son importantes en los alimentos porque pueden crecer (incluso en condiciones en que muchas bacterias no pueden hacerlo), como pH bajo, actividad de agua (A_w) baja y presión osmótica alta. Hay muchos tipos de mohos en los alimentos, los cuales causan su descomposición. Algunos ejemplos de mohos los podemos ver en la Imagen 2, en donde, además, se señalan algunas de sus partes.

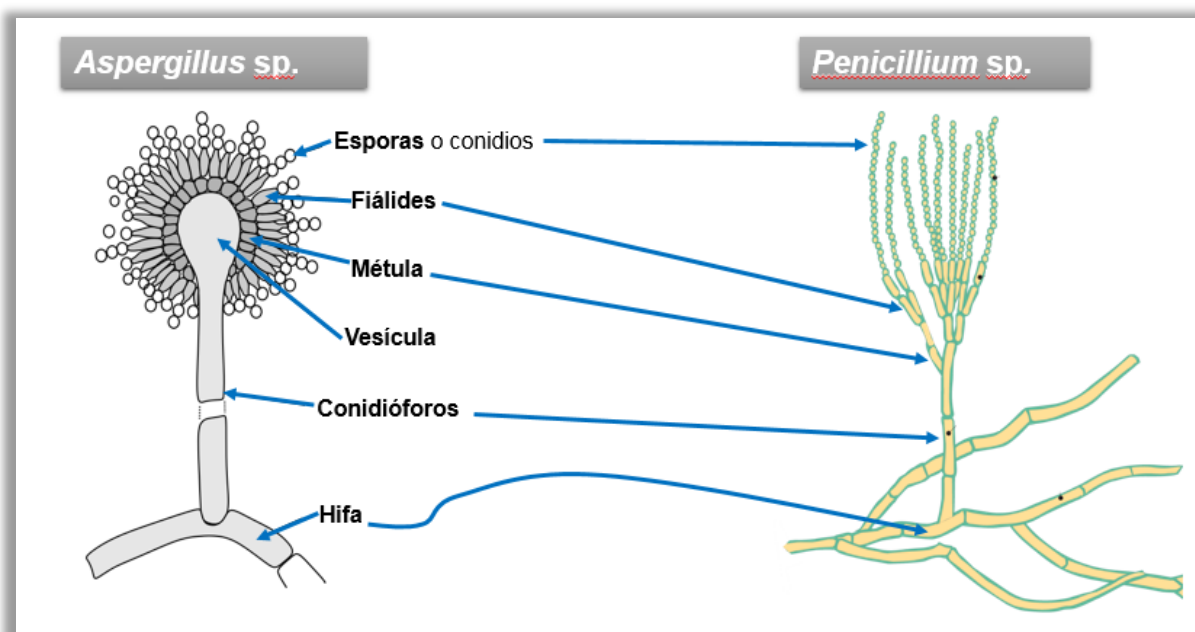


Imagen 2. Algunas de las partes del moho *Aspergillus sp* y el moho *Penicillium sp.*

3.3.8 Descomposición de grupos de alimentos específicos

Descomposición en vegetales

Los vegetales frescos contienen microorganismos provenientes del suelo, agua, aire y otras fuentes ambientales, e incluyen algunos patógenos. Los vegetales son muy ricos en carbohidratos, bajos en proteínas y con excepción de los jitomates (*Lycopersicon esculentum*), tienen elevado pH. Los microorganismos crecen con mayor rapidez en los vegetales dañados o cortados. Durante su almacenamiento, el aire, la alta humedad y elevadas temperaturas aumentan las oportunidades de descomposición; la más frecuente es causada por diferentes tipos de mohos, algunos de ellos del género *Penicillium*, *Phytophthora*, *Alternaria*, *Botrytis* y *Aspergillus*. (Silliker, 1980; Vanderzant, 1992 y Kraft, 1992, citados en Ray y Bhunia, 2010, p. 152).

La **descomposición microbiana de vegetales** se conoce con el término de **putrefacción**, que ocasiona cambios de olor, apariencia y pérdida de textura. Un ejemplo de ello, son las ensaladas que están listas para comerse de forma inmediata, así como en vegetales rebanados y frutas refrigeradas por largo tiempo (tres a cuatro semanas), expuestas, además, a temperaturas ambientales elevadas.

Descomposición en frutas

Las frutas frescas tienen alto contenido de carbohidratos (en general 10% o más), muy pocas proteínas ($\leq 1.0\%$) y pH de 4.5 o menor. Esto implica que su descomposición y la de sus productos se halla confinada a mohos, levaduras y bacterias acidúricas (bacterias del ácido láctico, *Acetobacter*, *Gluconobacter*). Igual que los vegetales frescos, las frutas son susceptibles a la putrefacción por varios tipos de mohos del género *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Botrytis*, *Rhizopus* y otros. De conformidad con los cambios de apariencia, la descomposición por mohos se denomina putrefacción negra, gris o café y otras. (Ray y Bhunia, 2010, p. 152).

3.3.9 Tipos de deterioro en vegetales

Montville y Matthews (2009), explican que en los productos vegetales existen tres grandes tipos de deterioro. El primer tipo es el **deterioro activo**, causado por microorganismos patógenos de plantas que de hecho inician la infección de productos que de otro modo estarían sanos y sin problemas. Esto reduce la calidad organoléptica. Un segundo tipo de **deterioro**, es el **pasivo o inducido por heridas**, un deterioro con el que microorganismos oportunistas consiguen acceder a los tejidos internos a través del tejido epidérmico dañado, es decir, mondas o pieles. Este tipo de deterioro ocurre con frecuencia enseguida que el producto ha sido dañado durante la cosecha, por el equipo de procesado o por insectos. De forma similar, puede ocurrir **deterioro pasivo** cuando **microorganismos deteriorantes oportunistas** consiguen **entrar hacia tejidos internos vía las lesiones** causadas por patógenos vegetales, o vía aperturas naturales como los estomas (p. 320).

El deterioro de los productos vegetales puede manifestarse en variedad de formas, dependiendo del producto específico, el ambiente y los microorganismos implicados. De hecho, el deterioro se describe por los síntomas más frecuentemente asociados con un producto particular. Algunos tipos de deterioro son conocidos también por el nombre de los microorganismos que los causan. Por ejemplo, la podredumbre por *Fusarium* y la podredumbre blanda por *Rhizopus* describen no únicamente las señales del deterioro sino que proporcionan además el moho que los causa (Montville y Matthews, 2009). En la Tabla 10 se presentan algunos ejemplos del deterioro fúngico de frutas y hortalizas y los mohos que habitualmente se asocian a ellos.

Tabla 10. Tipos de deterioro fúngico de frutas y hortalizas

Producto implicado	Tipo de deterioro	Hongo responsable
Frutas		
Frutas cítricas	Podredumbre por <i>Alternaria</i>	<i>Alternaria</i>
	Podredumbre por moho verde	<i>Penicillium digitatum</i>
Plátanos	Antracnosis (podredumbre amarga)	<i>Colletotrichum musae</i>
	Podredumbre de la corona	<i>Colletotrichum musae</i> , <i>Fusarium roseum</i> , <i>Verticillium theobromae</i> , <i>Ceratocystis paradoxa</i>
	Podredumbre del dedo	<i>Pestalozzia</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Gloeosporium</i>
Duraznos	Podredumbre marrón	<i>Monilinia fructicola</i>
	Podredumbre rosa	<i>Trichothecium</i>
Uvas	Podredumbre por moho gris	<i>Botrytis cinerea</i>
Piñas	Podredumbre negra de la piña	<i>Ceratocystis paradoxa</i>
Jitomate, frutas cítricas	Podredumbre agria	<i>Geotrichum candidum</i>
Manzanas, peras	Podredumbre de la lenticela	<i>Cryptosporiopsis malicorticis</i> , <i>Phlyctaena vagabunda</i>
Naranjas	Podredumbre azul	<i>Penicillium</i>
Duraznos, cerezas	Podredumbre por <i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium herbarum</i>
Verduras		
Cebollas	Podredumbre por moho negro	<i>Aspergillus</i>
	Manchas (antracnosis)	<i>Colletotrichum</i>
Cebollas, camotes	Podredumbre negra	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Ceratocystis fimbriata</i>
Zanahorias, coliflores	Podredumbre negra	<i>Alternaria</i>
Lechugas, espinacas	<i>Mildiu</i>	<i>Bremia</i> , <i>Phytophthora</i>
Espárragos	Podredumbre por <i>Fusarium</i>	<i>Fusarium</i>
Col	Podredumbre por moho gris	<i>Botrytis</i>
Ejotes	Podredumbre blanda por <i>Rhizopus</i>	<i>Rhizopus</i>
	Marchitez	<i>Pythium</i>
Papas	Podredumbre del tubérculo	<i>Fusarium</i>
Apio	Podredumbre blanda acuosa	<i>Sclerotinia</i>
Berenjenas	<i>Tizón</i>	<i>Phomopsis</i>

Nota: Adaptado de “Modern Food Microbiology” por J.M. Jay, , 7th ed. (Springer, New York, N.Y., 2005) en Montville y Matthews, 2009:320.

Enseguida, se muestran imágenes de los mohos más comunes en frutas y verduras.

***Aspergillus* sp.** Está distribuido ampliamente. Los miembros tienen hifas separadas y producen esporas (o conidias) de color negro (ver Imagen 3). Muchos son xerofílicos (capaces de crecer en una A_w baja) y pueden crecer en granos, lo que produce descomposición. También están implicados en la descomposición de los alimentos, como mermeladas, jamón curado, nueces y frutas (ver Imagen 4) y vegetales (podridos). Algunas especies o cepas producen micotoxinas.

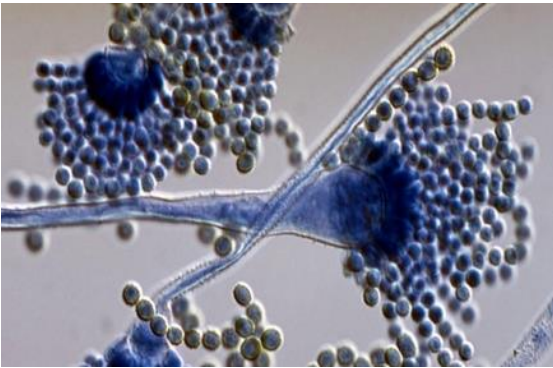


Imagen 3. Vista microscópica del moho *Aspergillus* sp. (Cadena Ser, s/a)



Imagen 4. Vista macroscópica del moho *Aspergillus* sp. (Consejo Nutricional, s/a)

***Penicillium* sp.** Está distribuido ampliamente y contiene muchas especies. Los miembros tienen hifas separadas y forman conidióforos en una cabeza conídica azul verdosa, con forma de cepillo (ver Imagen 5). Muchas especies producen putrefacción micótica en frutas (ver Imagen 6) y vegetales. También pueden producir descomposición de granos, panes y carne. Algunas cepas dan lugar a micotoxinas.

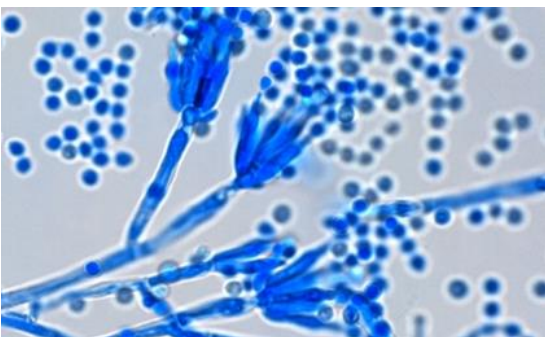


Imagen 5. Vista microscópica del moho *Penicillium* sp. (Yuri, 2015)



Imagen 6. Vista macroscópica del moho *Penicillium* sp. (Interempresas, s/a)

Alternaria. Los miembros están separados y forman esporas de color oscuro en la conidia (ver Imagen 7). Pudren los tomates (ver Imagen 8) y dan un sabor rancio a los productos lácteos. Algunas especies o cepas producen micotoxinas.



Imagen 7. Vista microscópica del moho *Alternaria*.
(Alternariamycology.blogspot.com, s/a)



Imagen 8. Vista macroscópica del moho *Alternaria*. (Roger, S., s/a)

Fusarium. Muchos tipos se relacionan con la putrefacción de las frutas cítricas, las papas y los granos. Producen conidias separadas, falciformes (ver Imagen 9) y forman crecimiento tipo algodón (ver Imagen 10).



Imagen 9. Vista microscópica del moho *Fusarium*. (CDC/Dr. Ajello, 1978)



Imagen 10. Vista macroscópica del moho *Fusarium*. (Unciencia, s/a)

Geotrichum. Los miembros están separados y forman artrosporas rectangulares (ver Imagen 11). Crecen formando una colonia parecida al algodón tipo levadura, cremosa. Se establecen fácilmente en los utensilios y con frecuencia crecen en productos lácteos (moho lácteo) y algunas verduras (ver Imagen 12).



Imagen 11. Vista microscópica del moho *Geotrichum*. (Rodríguez, 2016)



Imagen 12. Vista macroscópica del moho *Geotrichum*. (Roger, S., s/a)

Mucor. Está muy distribuido. Los miembros tienen hifas no separadas y producen esporangióforos (ver Imagen 13). Forman colonias tipo algodón, como se muestra en la Imagen 14. Algunas especies se usan en la fermentación de alimentos y como fuente de enzimas. Producen descomposición de los vegetales.

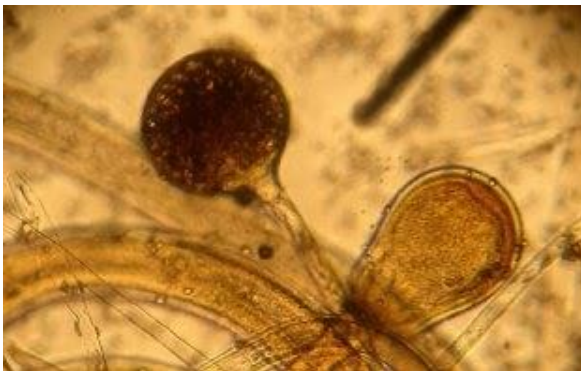


Imagen 13. Vista microscópica del moho *Mucor*. (Yuste, 2010)



Imagen 14. Vista macroscópica del moho *Mucor*. (Lindsey, 2007)

Rhizopus Stolonifer. Las hifas no están separadas y forman esporangióforos en esporangio (ver Imagen 15). Producen descomposición de muchas frutas y vegetales (ver Imagen 16). Este tipo de moho, es muy común en el pan de centeno.

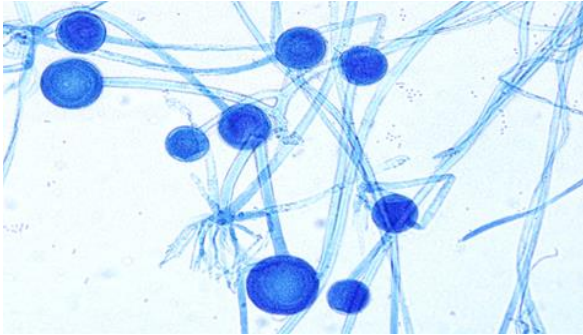


Imagen 15. Vista microscópica del moho *Rhizopus stolonifer*. (Bonifaz, 2012)



Imagen 16. Vista macroscópica del moho *Rhizopus stolonifer*. (King, 2006)

3.3.10 Factores que influyen en el crecimiento microbiano en los alimentos

El ambiente alimentario y el lugar en el que se almacena el alimento, es lo que determina el crecimiento o el incremento poblacional de los microorganismos. Todos los factores que intervienen e influyen en su crecimiento, se interrelacionan, por lo que no sería posible estudiarlos de manera independiente. Lo que si se podría estudiar, es el dominio de cualquier factor en los distintos niveles de crecimiento, al mantener otros factores sin modificaciones y comparándolos.

Factores intrínsecos o ambiente alimentario

Los factores intrínsecos de un alimento incluyen nutrientes, factores de crecimiento e inhibidores (o antimicrobianos), actividad del agua, pH y potencial de oxidación--reducción. La influencia de cada factor sobre el crecimiento se analiza por separado. Como ya se indicó, en un sistema alimentario los factores se presentan juntos y, en conjunto, ejercen efectos sobre el crecimiento microbiano, ya sean favorables o adversos (Ray y Bhunia, 2010, p. 38).

3.3.11 Biología de la composta

La composta se refiere a la descomposición controlada de los materiales orgánicos, que se utilizan con la finalidad de reciclar desechos. Si se tienen las condiciones adecuadas, los restos de comida pueden producir un material que se ve y huele a tierra y que puede usarse para mejorar la textura del suelo.

Independientemente del sistema utilizado para el compostaje, los organismos biológicos desempeñan un papel central en el proceso de descomposición. Los más vitales son los microorganismos, aunque los gusanos y otros invertebrados también son protagonistas. Las redes alimentarias proporcionan una forma de representar interacciones entre los organismos (Trautmann y Krasny, 1997).

Cuando se reflexiona acerca de una red alimentaria, “se puede pensar en la energía del Sol la se transforma en alimento por las plantas verdes, comida para los herbívoros, que a su vez será comida para una serie de depredadores. Las hojas, plumas y excrementos producidos por cada uno de estos organismos, así como las plantas cuando mueren, proporcionan la fuente de energía para otro tipo de red de alimentos” (Trautmann y Krasny, 1997, p. 13).

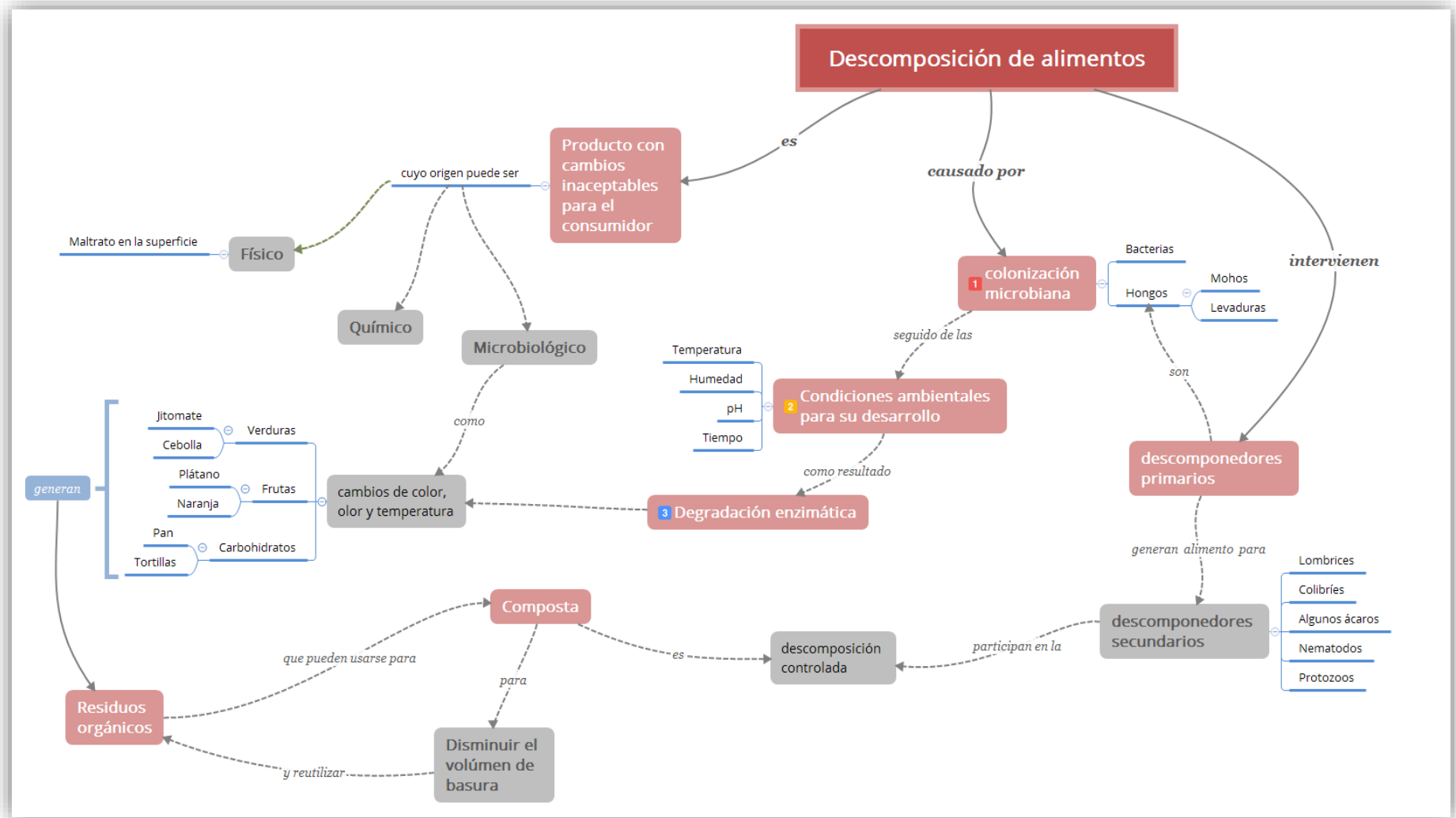
Otro aspecto que señalan Trautmann y Krasny (1997), es que “los residuos orgánicos que forman la base de la banda alimenticia de la composta, son consumidos por hongos, actinomicetos y otras bacterias e invertebrados, incluyendo milpiés, nematodos, caracoles, babosas y lombrices de tierra. Estos consumidores primarios sirven como alimento para los consumidores secundarios, incluyendo algunas especies depredadoras de nematodos, ácaros y abejas. Por último, hay depredadores de nivel superior como ciempiés, escarabajos y pseudoescorpiones que se alimentan entre sí”.

Es por ello que existen dificultades para representar las interacciones entre la materia orgánica, los microorganismos e invertebrados en una composta. Como en el caso de algunos invertebrados solo digieren, ya sea heces o materia orgánica que han expulsado otros organismos. Otros, se alimentan de materia orgánica

reciente, aunque requieren de los microorganismos que viven ahí para descomponerla de alguna forma que a ellos se les facilite digerirla (Trautmann y Krasny, 1997).

Derivado de lo anterior, y de lo que se revisó acerca de los hongos y el proceso de la descomposición de los alimentos, en el Esquema 3, se concentra la relación que existe entre estos temas, pues resume el marco referencial desde lo disciplinar, a fin de sintetizar y comprender cómo se da el fenómeno de descomposición de alimentos por mohos.

Esquema 3. Marco referencial desde lo disciplinar acerca del fenómeno de la descomposición de alimentos (elaboración propia).



CAPÍTULO 4. PERSPECTIVA METODOLÓGICA DE INVESTIGACIÓN: POSTULACIÓN DEL MCEA Y CRITERIOS PARA LA SD

INTRODUCCIÓN

Con los fundamentos teóricos establecidos en el Capítulo 2 y los referentes para la postulación del MCEA, visto en el Capítulo 3, es momento de explicar los aspectos metodológicos para postular el MCEA, y con base en ello, diseñar la secuencia didáctica.

En primer lugar, muestro la perspectiva metodológica de investigación, que será de corte cualitativo, la descripción de la población objetivo, la forma en cómo se realizará el análisis de resultados y los instrumentos que utilicé para la recogida de información.

En segundo lugar, expongo los aspectos metodológicos del MCEA. Para postularlo, construyo los tres modelos: estudiantil (MEi), curricular (MCu) y científico (MCi). Pero antes, selecciono el modelo que tomaré como base para construirlos, que es el propuesto por Gutiérrez (2004). Con base en ello, defino los criterios de diseño de la secuencia didáctica.

Por último, presento la organización de la secuencia didáctica, las fases que tiene, el número de sesiones y la secuenciación y propuesta de las actividades que se llevaron a cabo.

4.1 PERSPECTIVA METODOLÓGICA DE INVESTIGACIÓN

En este apartado abordaré los puntos básicos que guiarán el proceso metodológico de esta investigación.

En primer lugar, la metodología de investigación que utilizaré para el análisis de mis datos, será la cualitativa, a fin de “documentar en detalle el comportamiento de los

acontecimientos cotidianos..., identificar los significados que estos eventos tienen para los que participan en ellos y para los que son testigos” (Erickson, 2012, p. 1451). De la misma forma, “la investigación cualitativa en la educación científica ha sido motivada por el deseo de comprender específicamente los procesos cognitivos mediante los cuales, los estudiantes entienden y malinterpretan el contenido de la ciencia y su discurso” (p.1452).

Algunos de los propósitos de la investigación cualitativa en la educación, de acuerdo a Erickson (2012) son:

- Información detallada sobre la implementación
- Identificar los matices de la comprensión subjetiva que motivan a varios participantes en un entorno
- Identificar y comprender el cambio a lo largo del tiempo

Cabe destacar que “el método se puede asimilar a la estrategia con que se procede para captar, organizar e interpretar la información necesaria en una investigación, y las técnicas serían las tácticas específicas que se ejecutan” (Saéz, 2008, p. 203)

Para la recolección de datos, retomaré algunos de los puntos que aborda Erickson (2012), como la variedad en las fuentes y tipos de datos, así como la ética y la negociación de entrada; lo que sugiere Saéz (2008) en el hecho de “diseñar estrategias para capturar los datos relevantes, [el cual] recomienda iniciar con la trilogía de la observación de campo, las entrevistas a informantes clave, los cuestionarios piloto; y acotar el problema específico que se pretende someter a estudio” (p. 208); así como la triangulación de los métodos que utilicé para la recolección de datos que sugiere Hernández, Fernández y Baptista (2010) y Erickson (2012).

Respecto a la recogida de la información que menciona Erickson (2012), aclara que las fuentes en diversos medios como notas de campo, cintas de entrevistas o videos, aún no son datos, ya que aparecen en forma bruta, y que deben ser considerados más apropiadamente como recursos para los datos potenciales. Explica que “las fuentes documentales contienen mucha información, de los cuales

no todos son relevantes para la investigación que se está llevando a cabo. El análisis consiste en una revisión recursiva de las fuentes de información con una pregunta o afirmación en mente, decidiendo progresivamente qué información debe atender para avanzar y, quizás aún más importante, que no atender”. Es decir, decidir cuáles si serán los datos potenciales que se consideraran y cuáles no.

Añadiría un aspecto que aclara Morales (2017) acerca de los datos potenciales, pues plantea que “son la base para tener insumos -los datos construidos- para analizar, triangular e interpretar la información y de esta forma llegar a unas afirmaciones respecto al objeto de estudio y las preguntas hechas al inicio de la investigación. El concepto de dato potencial, pone de relieve la idea de la construcción de los datos como un proceso en el que el investigador hace una serie de operaciones que transforman la información, lo cual permite centrarse en el objeto de interés para la investigación; dejando de lado aspectos que no son relevantes en este momento para el cumplimiento de los objetivos propuestos.” (p.50).

Otro punto a destacar, es la confidencialidad en el manejo de los datos personales de los participantes (Kerlinger y Lee, 2002), en este caso, de los estudiantes. Cuando les proporcioné el primer instrumento que utilicé con ellos, les aclare que los datos personales que me proporcionaran a lo largo de las sesiones, serían tratados de manera confidencial y sólo para uso de esta investigación, a fin de no perjudicar ni lastimar la integridad de los menores de edad.

4.1.1 Población objetivo

La **población objetivo** a la cual dirigí mi proyecto de investigación/intervención fue a estudiantes entre 9 y 10 años, que cursan el 4º grado de educación primaria, de dos escuelas públicas diferentes: la primera de ellas fue la escuela Rosario Castellanos, en donde se llevó a cabo el pilotaje; y la segunda de ellas fue la escuela José María Velasco, en la cual se aplicó la SD. Ambas escuelas están ubicadas en el Municipio de Naucalpan de Juárez, Estado de México (ver Figura 2).

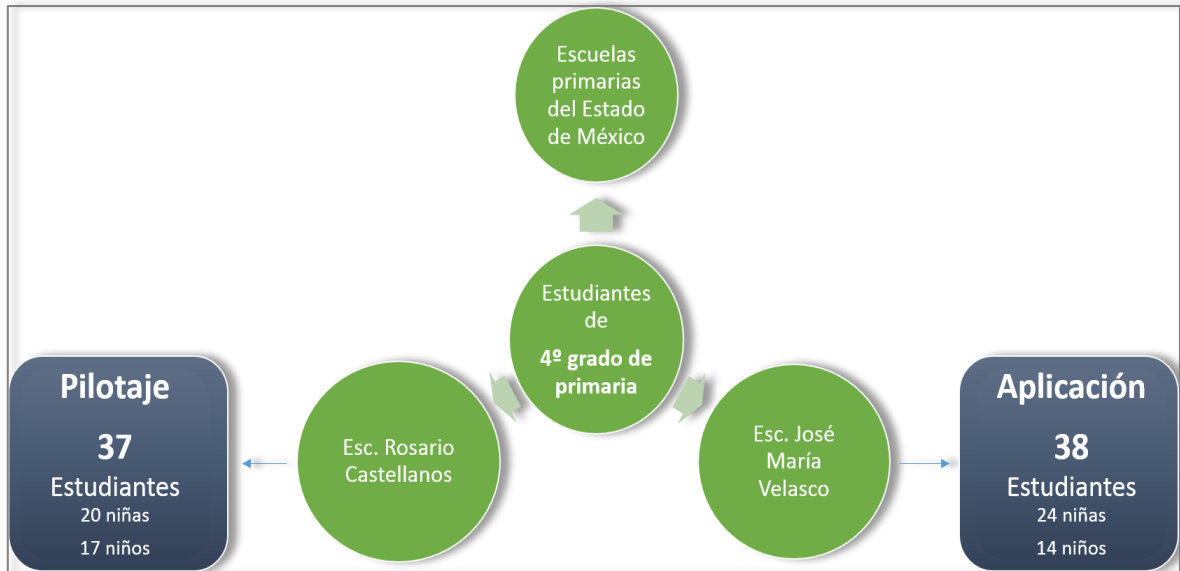


Figura 2. Población objetivo

Para contextualizar el lugar en donde están ubicadas estas escuelas, puedo decir que existe otra escuela pública de educación primaria, cercana a ellas. Todas las escuelas quedan cerca de una barranca y la zona está clasificada como zona de alto riesgo. Existe un pequeño parque y un llano para jugar fútbol. El nivel socioeconómico de la zona es bajo.

En ambas escuelas, se tuvo el consentimiento informado de los directivos, madres y padres de familia y de los docentes para realizar esta investigación. Se subrayó que la información obtenida de los participantes, como fotografías, entrevistas y videograbaciones realizadas, se resguardarían, protegerían y solo se utilizarían para fines de la investigación, asimismo, no serían reveladas al público, de manera que se les pudiera identificar (Kerlinger y Lee, 2002). Conviene subrayar que para manejar la confidencialidad de los estudiantes, se etiquetaron con un # número.

4.1.2 ¿Cómo se realizará el análisis de resultados?

Para el **análisis de los datos**, así como la interpretación de resultados, retomaré a: Hernández, et al, (2010) el cual propone organizar, estructurar e interpretar los datos recabados y reflexionar constantemente sobre los mismos; Erickson (2012), que sugiere una búsqueda de afirmaciones, así como una cuenta de frecuencias de casos discrepantes, para poner “atención a la frecuencia de ocurrencia, especialmente a la frecuencia relativa, en la comparación de diferentes tipos de fenómenos a través de diferentes grupos de comparación” (p. 1462); y a Rodríguez, Lorenzo y Herrera (2005), quienes hablan de reducción de datos (separación de unidades de contenido, identificación y clasificación de elementos y la síntesis y el agrupamiento), de la disposición y transformación de los datos (gráficos, diagramas y matrices o tablas de doble entrada), así como la obtención de resultados y verificación de conclusiones (ver Figura 3).

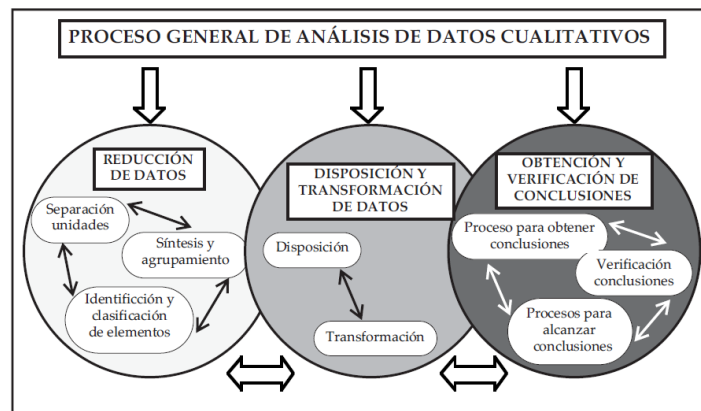


Figura 3. Proceso general del análisis de datos cualitativos. Tomado de Rodríguez, Lorenzo y Herrera (2005). *Teoría y práctica del análisis de datos cualitativos. Proceso general y criterios de calidad.*

Adicional a ello, Erickson (2012) añade que el proceso de comparación es recurrente y progresivo, en donde se hace una revisión de pruebas hasta que todos los datos relevantes han sido identificados y comparados. Luego, uno pasa a otra afirmación, y así, sucesivamente para descubrir diversos grupos en comparación, o conjuntos de personas, acciones y opiniones que son reagrupados progresivamente a medida que se avanza en el análisis comparativo. A partir de tales líneas de

cuestionamiento y el razonamiento, que trabajan de forma recursiva de ida y vuelta entre corazonadas y datos, se llega progresivamente a nuevos puntos de vista. Los datos muestran patrones de covariación entre los conjuntos parcialmente ordenados de personas, acciones y opiniones, considerados en conjunto comparativamente. (Por lo general, los conjuntos son parcialmente ordenados en donde todos los miembros de un conjunto no son idénticos y algunas de las características o propiedades de los miembros de un conjunto pueden ser compartidos con los miembros del otro conjunto, con proporciones de los diferentes tipos de miembros del conjunto de variables a través de conjuntos).

Algunos autores sugieren que se realice una triangulación de datos, a fin de tener elementos suficientes para complementar el análisis de la investigación o bien para que las afirmaciones que se den, sean indiscutibles, por ejemplo, Hernández, et al, (2010), aclaran que la triangulación de datos puede ser utilizada para la corroboración estructural y la adecuación referencial; Rodríguez, et al (2005), explican que se requieren de estrategias complementarias de triangulación, como los procesos de auditoría interna y externa, pues permiten documentar la información y contrastarla según diferentes puntos de vista; mientras que Erickson (2012) menciona que “a medida que avanza el análisis de datos, cuando se buscan patrones que se desarrollaron sobre la base de las notas de campo, se cotejan y se confirman por referencia a la entrevista datos o documentos del sitio, uno tiene una demanda probatoria más fuerte que si la evidencia provenía de una sola fuente de información (el término formal para esto es "triangulación"). De hecho, si pensamos en la evidencia recopilada en un estudio cualitativo que justifica una afirmación concluyente particular que consiste en bits de información, una afirmación justificada por notas de campo, entrevistas, documentos del sitio y análisis de cinta de video es más creíble que una afirmación garantizada por los comentarios de la entrevista o solo de las notas de campo” (p. 1455).

Se hará un análisis por inducción analítica, en donde “generalmente se presentan formas en el que el investigador identifica las acciones, opiniones o tipos de personas, como fenómenos típicos. También se interesa en la atípica o aquellos

pocos casos discrepantes cuya frecuencia de análisis más detallado puede conducir a nuevos conocimientos, por lo que los casos discrepantes no serán las sobras del análisis. Por lo que es esencial, en el análisis exhaustivo de todas las instancias de un campo de los fenómenos, para identificar la frecuencia de aparición de todos los tipos y subtipos, si uno es ser capaz de distinguir entre el típico y el atípico (Erickson, 2012, p. 1462).

En lo referente a la hipótesis directriz para el diseño y validación de la SD, será el MCEA que más adelante quedará postulado, el cual delimita el contenido de lo que se abordará en ella, y al final de la misma, validará los modelos que fueron alcanzados por los estudiantes de 4º grado de primaria.

4.1.3 Instrumentos de recogida de información

Para la recogida de información, utilicé instrumentos que me permitieron identificar las categorías analíticas que definí al inicio de su elaboración.

Estos instrumentos fueron revisados y validados por un experto. Posterior a ello, realicé los ajustes correspondientes.

Cuestionarios: Se aplicaron dos, uno inicial y uno final, en la sesión 1 (al inicio) y en la sesión 6 (última sesión, al final). Un cuestionario consiste en un conjunto de preguntas respecto de una o más variables a medir. En este instrumento se realizaron preguntas de encuadre, tal como lo propone Erickson, 2012, al indicar que “las buenas preguntas son el corazón de la investigación, además de que es útil formular preguntas con anticipación y pensar en el tipo de evidencias que quisiéramos acumular para responder esas preguntas” (p.1455). Hubo 9 preguntas abiertas y 2 preguntas cerradas. Cabe señalar que las preguntas abiertas “proporcionan una información más amplia y son particularmente útiles cuando no tenemos información sobre las posibles respuestas de las persona... También sirven en situaciones donde se desea profundizar una opinión o los motivos de un comportamiento. Su mayor desventaja es que son más difíciles de codificar,

clasificar y preparar para el análisis. Además, llegan a presentarse sesgos derivados de distintas fuentes; por ejemplo, quienes enfrentan dificultades para expresarse en forma oral y por escrito quizá no respondan con precisión a lo que en realidad desean, o generen confusión en sus respuestas. El nivel educativo, la capacidad de manejo del lenguaje y otros factores pueden afectar la calidad de las respuestas (Black y Champion, 1976; Saris y Gallhofer, 2007, en Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 222).

Registro de observación: “la observación es muy útil para recolectar datos acerca de fenómenos, temas o situaciones delicadas o que son difíciles de discutir o describir...” (Cuevas, 2009, en Hernández, et al, 2010). En este sentido, los estudiantes llevaron su propio registro de observación, a fin de detectar los cambios que se fueron dando con los alimentos que se llevaron al salón de clases. La idea era que ellos identificaran los cambios relacionados con el fenómeno de la descomposición de alimentos.

Entrevistas: El propósito de las entrevistas es obtener respuestas sobre el tema, problema o tópico de interés en los términos, el lenguaje y la perspectiva del entrevistado (“en sus propias palabras”). El “experto” es el mismo entrevistado, por lo que el entrevistador debe escucharlo con atención y cuidado. Aquí, interesan el contenido y la narrativa de cada respuesta. Pueden hacerse preguntas sobre experiencias, opiniones, valores y creencias, emociones, sentimientos, hechos, historias de vida, percepciones, atribuciones, etcétera. Estas entrevistas fueron libres, y, básicamente, la guiaron dos preguntas: ¿sabes dónde viven los mohos?, y ¿por qué crees que viven ahí? Se llevaron en el salón de clases a 10 de los estudiantes que estuvieron presentes en la sesión 4 de la SD. Se utilizó grabadora de audio para que quedara registro.

Instrumento POE. “Este instrumento reconoce lo que el alumno sabe sobre un determinado tema, pidiéndole que realice tres actividades:1) Que haga una predicción sobre un evento específico, justificando esta predicción. 2) Que describa qué es lo que sucede al llevarse a cabo el evento. 3) Que reconcilie su predicción con la observación. Así, este instrumento es muy útil en el diagnóstico de “cómo”

piensan los alumnos” (Chamizo, 1997, p. 141). En el caso de esta investigación, las preguntas fueron: predecir, ¿qué verás a través del microscopio?, ¿por qué crees o piensas que verás eso?; observar, aquí tenían que dibujar lo que habían visto a través del microscopio; explicar, ¿qué fue lo que viste a través del microscopio? ¿Qué forma tenía?

Documentos del aula: Aquí se proporcionaron hojas, ya sea de rotafolio o tamaño carta, en donde expresaban algunas de las respuestas a las preguntas planteadas al grupo.

4.1.4 Características particulares de los instrumentos

Los instrumentos que se proporcionaron a los estudiantes, se respondían de forma individual y otros en equipo, con la intención de complementar sus respuestas, en este caso, la construcción de sus modelos explicativos.

Asimismo, se les hicieron preguntas abiertas, pero muy específicas del tema en cuestión y se les pidió que lo acompañaran con un dibujo en donde detallaran cada una de las partes de lo que hacían, a fin de comprender lo que hicieron de una mejor manera.

En algunos de los instrumentos no se incluyeron preguntas, simplemente se colocaba un título, por ejemplo “nutrición del moho” y se les pidió que ellos escribieran cómo pensaban que se nutría un moho.

4.2 MODELO CIENTÍFICO ESCOLAR DE ARRIBO, ASPECTOS METODOLÓGICOS

Como se expuso en el Capítulo 2, la intención del MCEA (López y Rodríguez, 2013) es que se establezca como hipótesis directriz para tener claridad de lo que se desea lograr y a dónde uno quiere llegar con las actividades que se propondrán y llevarán a cabo en el salón de clases, así como definir criterios para el diseño y validación de la secuencia didáctica.

Para postular el MCEA, construiré los tres modelos: estudiantil (*MEi*), curricular (*MCu*) y científico (*MCI*). No obstante, antes de elaborarlos, seleccionaré el modelo que tomaré como base para construirlos.

Anteriormente, señalé a algunos autores que definen lo que es un modelo científico; de éstos, sólo Gutiérrez (2001) y, Justi y Gilbert (2002) dan una propuesta para la construcción de modelos. En la Tabla 11 hago una comparación entre ambas propuestas, a fin de distinguir cuál es la más viable y la que presenta elementos clave para la construcción del *MEi*, *MCu* y *MCI*, así como del MCEA.

Tabla 11. Propuestas de construcción de modelos de Gutiérrez (2001) y Justi y Gilbert (2002). Cuadro comparativo sobre sus semejanzas y diferencias.

Modelo de Justi y Gilbert (2002)	Modelo de Gutiérrez (2001)	Semejanzas entre modelos	Diferencias entre modelos
Primero, se debe definir un objetivo, por lo que es necesario seleccionar el origen del modelo o tienen experiencia con el objeto a modelar	Identifica un sistema físico que se quiere controlar, que cuenta con entidades y propiedades (aspectos ontológicos)	Distinguen un sistema físico u origen del modelo a modeliza	<ul style="list-style-type: none"> • Justi hace énfasis en definir un objetivo • Gutiérrez, destaca entidades y propiedades del sistema
Elaboran el modelo mental, usando alguna de las formas de representación, luego, llevan a cabo experimentos mentales	De los cuales se derivan las reglas de funcionamiento, que se pueden ejecutar mentalmente y permiten imaginar cómo va a funcionar el sistema (aspectos epistemológicos) para explicar y predecir	<ul style="list-style-type: none"> • Ninguna de las dos propuestas describe cómo se elabora el modelo mental, lo dan por hecho • Ambas propuestas establecen experimentar o ejecutar mentalmente 	<ul style="list-style-type: none"> • Justi resalta expresar el modelo en alguna forma de representación • Gutiérrez destaca reglas de funcionamiento para explicar y predecir el modelo
Si el resultado es correcto, planifican y llevan a cabo pruebas experimentales, y si lo que se obtiene es correcto, se habrá alcanzado el objetivo, pero, será necesario considerar el rango de validez y las limitaciones	Y de acuerdo a las condiciones, ver si su comportamiento es semejante al del sistema físico real y si es válido para otras situaciones o sistemas parecidos. Además, de ver si la necesidad psicológica se cumple, es decir, un	Ambas hacen una validación del modelo, por un lado, que su comportamiento sea semejante al sistema o bien, que lo que se obtiene sea correcto para alcanzar el objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Justi acentúa el rango de validez y las limitaciones del modelo • Gutiérrez subraya que el comportamiento del modelo puede ser válido a otras situaciones y de que debe cumplir una

Modelo de Justi y Gilbert (2002)	Modelo de Gutiérrez (2001)	Semejanzas entre modelos	Diferencias entre modelos
del modelo; si el resultado es incorrecto, modificar o rechazar el modelo mental, y nuevamente, iniciar el proceso.	acuerdo del pensamiento consigo mismo, y otro acuerdo del pensamiento con el mundo.		necesidad psicológica del individuo

Fuente: Elaboración propia.

Puestas así las cosas, se puede notar que ambas propuestas tienen aspectos en común, no obstante, el modelo de Gutiérrez proporciona dos elementos que no considera el de Justi y Gilbert; el primero es que el comportamiento del modelo puede ser válido en otras situaciones, de ahí que se considere robusto; y lo segundo, es la necesidad psicológica que tiene el sujeto de cumplir con los esquemas que imagina y que compara con la realidad, que si bien, no es la misma, le permite a él o ella, explicarla y predecirla, pues es, en última instancia, la que pone en movimiento la construcción y reconstrucción de los modelos mentales.

De la misma forma, Gutiérrez precisa los componentes que constituyen al modelo, más no su significado, y que bien se pueden tomar como una referencia para su construcción (Ver Tabla 12):

Componentes	Definición
Entidades	Cosa real o concreta, actual o posible
Propiedades	Rasgo o característica que posee algún objeto, ya sea conceptual o material. Todas las propiedades se conceptualizan como predicados (v.) atributos
Relaciones	CIENCIA. La mayoría de las propiedades (intrínsecas y relacionales) de las cosas reales se conceptualizan como relaciones y, en particular, funciones
Reglas de inferencia	Prescripción para hacer algo... Las reglas lógicas son de dos tipos: las convenciones que se ocupan de la buena formación y las reglas de inferencia (v.) Todo sistema de lógica consiste en un conjunto de axiomas más un conjunto de reglas, sin las cuales nada puede deducirse. Por ejemplo, el condicional "Si A, entonces B" no conduce a ninguna parte aunque se le

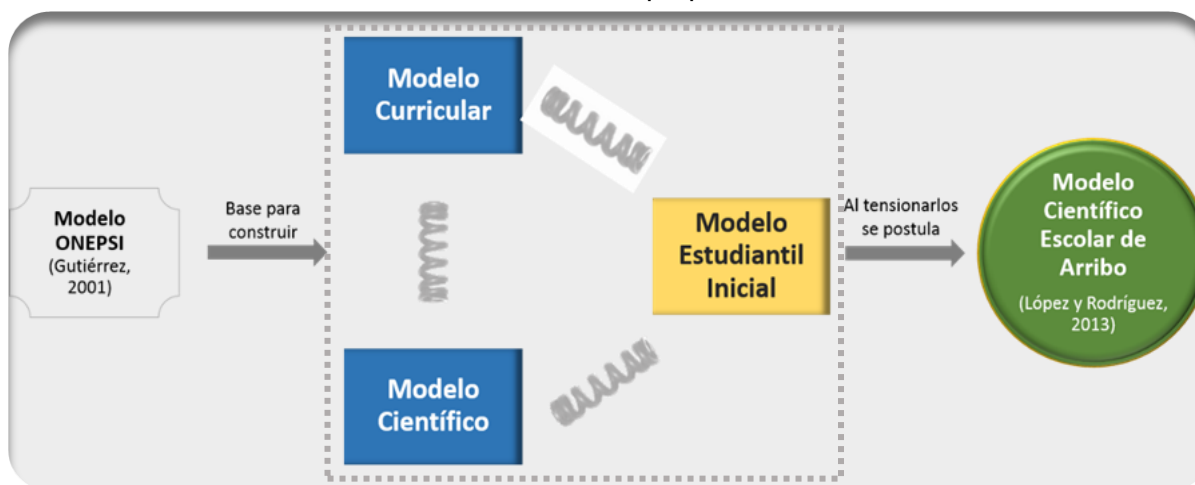
	añada que A es verdadero o B es falso. Solamente añadiéndole la regla <i>modus ponens</i> (v.) se puede derivar B”.
Condiciones ⁹	“b) ONTOLOGÍA. La causa necesaria (o contributiva) de un acontecimiento sin el cual el efecto no ocurriría”

Tabla 12. Componentes que constituyen al modelo. Tomado de “Sustentación teórica y descripción metodológica del proceso de obtención de criterios de diseño y validación para secuencias didácticas basadas en modelos: el caso del fenómeno de la fermentación” por López-Mota, A. y Moreno-Arcuri, G., 2014, *Bio-grafía – Escritos sobre la Biología y su enseñanza*. Vol. 7 – Núm. 13, julio – diciembre de 2014, p. 109-126.

Por lo tanto, tomaré el modelo de Gutiérrez (2001), a fin de tener una base concreta para elaborar los modelos.

En el Esquema 4 muestro la forma en cómo se construirá el MCEA, con base en los modelos: estudiantil, curricular y científico.

Esquema 4. Estructura para construir el Modelo Científico Escolar de Arribo. Fuente: Elaboración propia.



A continuación, muestro la construcción de los modelos: científico, curricular y estudiantil inicial, así como la postulación del MCEA.

⁹ Este elemento no aparece en el Esquema 3 de este documento, no obstante, se refiere a ello implícitamente cuando habla de correspondencia y robustez.

4.2.1 Construcción del Modelo Científico Universitario (M_{Ci}) sobre la descomposición de alimentos por mohos

Como se mencionó anteriormente, un modelo científico es cualquier representación subrogante o compleja de un sistema real o conjeturado, con elementos o entidades, patrones o reglas y un conjunto de enunciados legales que abstraen y simplifican dicho sistema, o bien, determinan el comportamiento de las entidades, para pensar, hablar y actuar con rigor y profundidad sobre el sistema y explicar y predecir fenómenos (Giere, 1992, Lesh y Doerr, 2000, Justi, 2006, Schwarz et al, 2009 y Gutiérrez, 2014). Siempre serán consensuados y validados por una comunidad científica.

A partir de ello, y antes de comenzar con la construcción de nuestro modelo científico universitario, me di a la tarea de ubicar el o los Modelos Científicos que engloban el fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos, esto con la intención de estructurar la secuencia didáctica a partir de una visión que integre temas que se interrelacionan con el fenómeno a tratar, y que a su vez, adquiriera significado para los estudiantes.

En concreto, identifiqué dos modelos, el primero de ellos es el *Modelo Ser Vivo* y el segundo, el Modelo del Ciclo de la Materia. En las siguientes líneas me centraré en las características del primer modelo.

García (2005, en Gómez, 2005) plantea el Modelo *Ser Vivo* “en relación con un conjunto de modelos [modelo «*ser vivo-organismo*», modelo «*ser vivo-ecosistema*» y modelo «*ser vivo-célula*», en donde]... la idea de ser vivo se contempla como un sistema complejo definido por sus funciones y su estructura, que únicamente tiene significado cuando se interrelacionan estos modelos” (p. 38). Ver Figura 4.

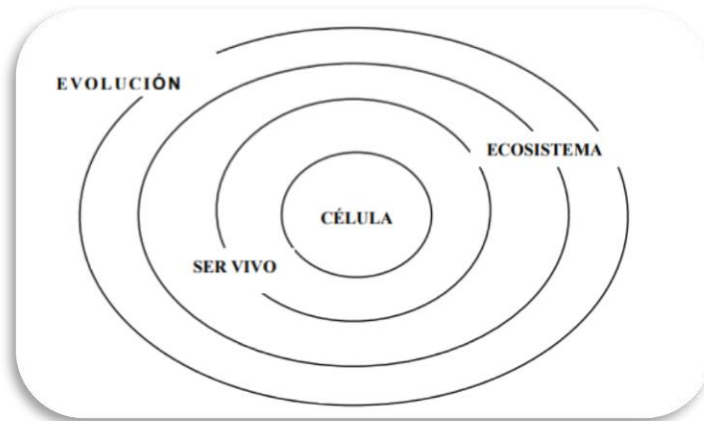


Figura 4. Forma en que se relacionan los modelos con el de ser vivo. Tomado de “Los modelos como organizadores del currículo en biología, por García, 2005, *Enseñanza de las Ciencias, número extra*, 1-6. Copyright, 2005 por Enseñanza de las Ciencias.).

Para complementar la idea anterior, el modelo ‘ser vivo’

Se entiende como un sistema complejo que: intercambia materia y energía con el medio y como resultado de ello modifica el medio (equivale al concepto de **nutrición** construido por los científicos), capta estímulos del medio y responde a ellos (se corresponde con el concepto de **relación** tal como aparece formulado en los textos científicos para universitarios), proviene de otros seres vivos y puede reproducirse y transferir sus características a sus descendientes (recoge la idea de **autoperpetuación** que sirve para caracterizar la vida) y está constituido por una o muchas unidades estructurales que llamamos células, cada una de las cuales tiene a su vez las mismas propiedades que el todo (se corresponde con la **teoría celular**). Por otra parte consideramos que no es posible imaginar las ‘maneras de vivir’ de forma descontextualizada sino en constante interrelación con el medio ambiente (Ver Figura 5) (García, 2005, p. 3).

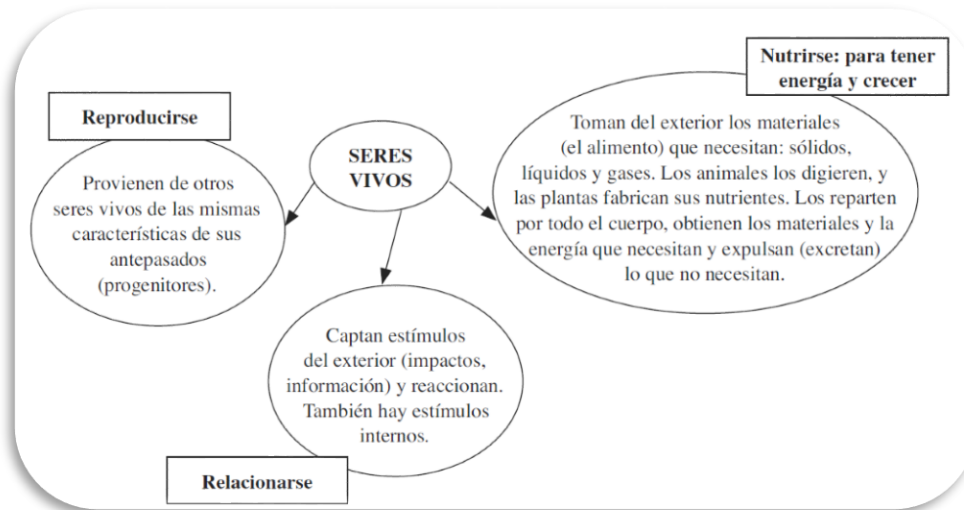


Figura 5. Funciones del Modelo 'Ser Vivo': nutrirse, relacionarse y reproducirse. Adaptado de "Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela primaria" por Gómez Galindo, A. A., Sanmartí, N., Pujol, R. M., 2007, *Enseñanza de las Ciencias* 25 (3), 325-340. Copyright, 2007 por Enseñanza de las Ciencias.

Al aplicar este modelo, al estudio de seres vivos, que, en nuestro caso, será a los microorganismos (mohos), nos permitirá "profundizar en la construcción de... [los] enunciados que configuran el modelo de ser vivo, y aprender a mirar la diversidad... como una manera de vivir, es decir, de realizar las funciones propias de la vida" (Margulis y Sagan, 1995, 1997, en Gómez, 2005, p. 39). Por ejemplo, como si al tomar un mapa, buscáramos específicamente un lugar y quisiéramos llegar ahí, eso nos motivaría a revisar detalladamente el camino a seguir para no perdernos, pero, a su vez, nos permitiría tener una visión general de todo lo que rodea a ese lugar, en el caso del Modelo Ser Vivo, nos permitiría interpretar el conjunto de las entidades que se interrelacionan.

En función de estos planteamientos, [nos situaremos] en el modelo [«*ser vivo-ecosistema*», en el cual... la unidad básica... [será] la población. Cada una de estas poblaciones: a) intercambia materia y energía con el medio (en los manuales de Ecología se refieren a ello como ciclo de la materia y flujo de energía), b) se relaciona con el medio y responde a él, modificándolo, dentro de las limitaciones de lo que entendemos por adaptación (y ofrece un marco para interpretar todas las interacciones a nivel de biotopo y biocenosis, así como los impactos ambientales y sus consecuencias para la población), y c) se reproduce y transfiere información en el espacio y el tiempo (sucesiones, fluctuaciones, ...) (García, 2005, p. 5). Ver Figura 6.

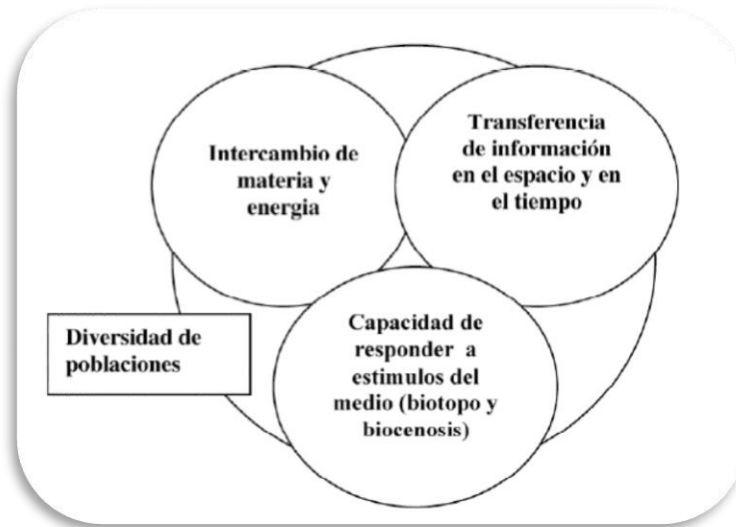


Figura 6. Modelo Ser Vivo, situado en el Modelo Ecosistema. Tomado de “Los modelos como organizadores del currículo en biología, por García, P. 2005, *Enseñanza de las Ciencias, número extra*, 1-6. Copyright, 2005 por Enseñanza de las Ciencias).

El modelo ecosistema “puede partir de generalizaciones relacionadas con las cadenas tróficas (¿quién se come a quién?), de las pirámides de abundancia (¿qué tipo de seres vivos es más abundante en esta zona: carnívoros, herbívoros?, ¿qué tamaño de animales abunda más: los grandes o los pequeños?), o de la proporción de sexos o de edades (¿cuántos adultos hay y cuántas crías?)” (Gómez, 2007, p. 330).

En este caso, mi mirada estaría puesta en las cadenas tróficas, y que a partir de ello, se vincularía directamente con el Modelo del *Ciclo de la Materia*, que es el segundo modelo que engloba el fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos, debido a que “los residuos orgánicos..., son consumidos por microorganismos (hongos), actinomicetos y otras bacterias e invertebrados, incluyendo milpiés, nematodos, ácaros, abejas, caracoles, babosas y lombrices de tierra. Estos consumidores primarios sirven como alimento para los consumidores secundarios, incluyendo algunas especies depredadoras de nemátodos, ácaros y abejas. Por último, hay depredadores de nivel superior como ciempiés, escarabajos y pseudoescorpiones que se alimentan entre sí” (Trautmann y Krasny, 1997, p. 13).

Vale la pena acotar, que los hongos digieren la materia orgánica y la convierten en formas químicas que son utilizables por otros hongos o bacterias, invertebrados y plantas y que, al mismo tiempo, desempeñan un papel activo, dentro de los sistemas digestivos de los invertebrados, en su excremento, y en capas que recubren las partículas de material orgánico (Trautmann y Krasny, 1997, p. 14). Asimismo, el modelo del *Ciclo de la Materia* explica

Que dentro de cualquier ecosistema existen productores (principalmente plantas verdes) que utilizan energía del Sol y material inorgánico de la atmósfera y el suelo para sintetizar compuestos orgánicos. Estos compuestos pasan por una serie de consumidores primarios, depredadores y a través de una gama de descomponedores para que eventualmente se devuelvan en forma inorgánica a la atmósfera o al suelo. Están entonces disponibles para su reuso o reutilización por los productores. La materia es así reciclada a través de la biótica y abiótica de los ecosistemas... Todos los organismos dependen de la entrada continua de energía solar...”. Estos eventos se resumen en la Figura 7 (Leach, Driver, Scott y Wood-Robinson, 1996:19-20).

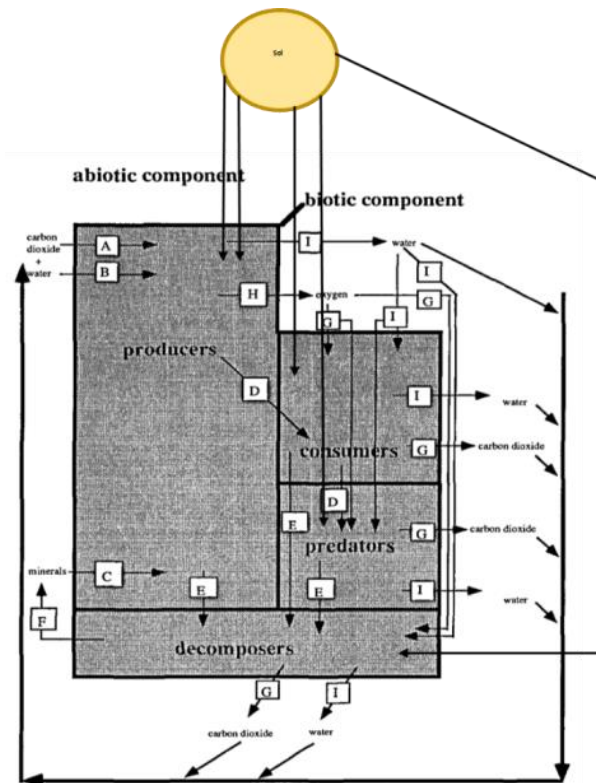


Figura 7. Representación esquemática del ciclo de la materia dentro de los ecosistemas. Adaptado de “Children’s ideas about ecology 2: ideas found in children aged 5 -16 about the cycling of matter” por Leach, Driver, Scott y Wood-Robinson, 1996, *International Journal of Science Education* 18 (1), p. 20. Copyright 1996 por International Journal of Science Education.

Leach, et al, (1996) identifican los siguientes componentes de este ciclo de la materia:

- Los productores utilizan energía solar para sintetizar compuestos a partir de dióxido de carbono en la atmósfera y el agua en el proceso de fotosíntesis (A, B).
- También absorben minerales del medio ambiente (C).
- Este asunto puede transferirse a los consumidores primarios y a los depredadores para las interrelaciones en las redes alimenticias (D).
- La materia será finalmente transferida a los descomponedores (E), y de ellos a la atmósfera y el suelo (F, G, I).
- Cuando cualquier organismo respira, hay un intercambio de materia con el ambiente (G).
- Los productores liberan oxígeno a la atmósfera (H).
- Todos los organismos también absorben y desechan el agua (I).
- La materia liberada por todos los organismos puede ser reutilizada por los productores (A, B, C).
- Algunos aspectos de este ciclo son mejorados deliberadamente cuando los fertilizantes son añadidos al suelo.

De manera particular, en el modelo del ciclo de la materia,

Los organismos biológicos desempeñan un papel central en el proceso de descomposición. Los más vitales son los microorganismos, [que, en este caso, nos centraremos en los mohos], aunque los gusanos y otros invertebrados también son protagonistas. Las redes alimenticias proporcionan una forma de representar interacciones entre los organismos"... Cuando se piensa en una red alimenticia, se puede pensar en la energía del Sol que se transforma en alimento por las plantas verdes, que son comida para los herbívoros, quienes a su vez serán comida para una serie de depredadores. Las hojas, plumas y excrementos producidos por cada uno de estos organismos, así como las plantas cuando mueren, proporcionan la fuente de energía para otro tipo de red alimentaria: la red alimentaria de descomposición (Trautmann y Krasny, 1997, p. 13).

Una vez que se han explicado ambos modelos, el de ser vivo y el de ciclo de la materia, podemos pasar a la explicación del Modelo Erudito o Científico de la descomposición de alimentos.

Conviene subrayar, que, al hablar de dos grandes modelos implicados en el fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos, nos remite al concepto de *islotte de racionalidad*, debido a que tenemos “fracciones de diversidad de conocimientos disciplinares que convergen para explicar el fenómeno, y que a su vez, se pueden recombinar en el contexto escolar” [con la finalidad de darle sentido al fenómeno de la naturaleza]. Ciertamente, “entender los fenómenos [o modelos] como islotes de racionalidad (ver Figura 8) favorece que su comprensión vaya más allá del modelo conceptual de la disciplina para tomar entidad dentro de un contexto social” (Calafell y Bonil, 2007).

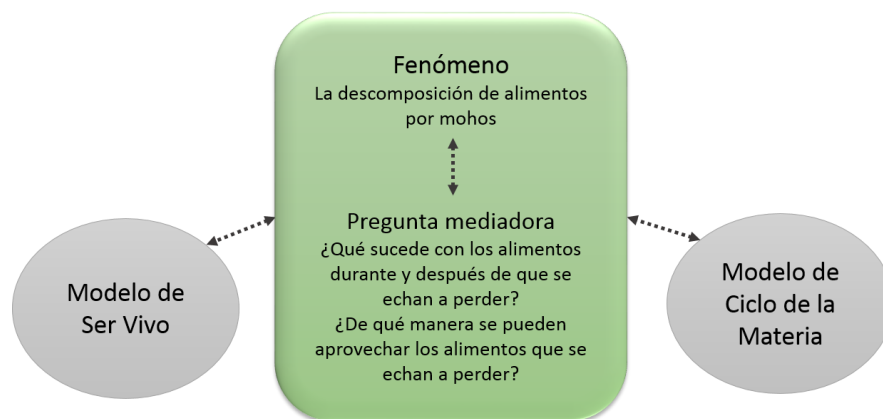


Figura 8. El fenómeno de la descomposición de alimentos y el diálogo que tiene con otros modelos. Adaptado de “El diálogo disciplinar como herramienta para diseñar islotes de racionalidad” por Calafell, G. y Bonil J. 2007, *Encuentros Multidisciplinares*, 9, 58-65. Copyright 2007 por Encuentros Multidisciplinares.

En el Capítulo 3. Marco Referencial para la Construcción del MCEA, elaboré el apartado *desde lo disciplinar*, mediante la revisión y análisis de libros de texto universitarios, en donde precisé algunas características de los microorganismos, examiné particularidades de los hongos (mohos), los tipos que existen, así como, la definición de descomposición de alimentos, los indicadores y factores que intervienen en el fenómeno, lo que es la esporulación microbiana y finalmente, el deterioro que se da particularmente en frutas y verduras. Con base en ello, construí el Modelo Científico Universitario del fenómeno de descomposición de alimentos. Lo delimité con base en los temas abordados en el programa de estudios de 4º

grado de educación primaria de la SEP. Consideré una explicación que diera cuenta de las entidades involucradas en este fenómeno.

Una vez hecho esto, distinguí cada uno de los componentes para la construcción del modelo científico universitario: entidades, propiedades, relaciones, reglas de inferencia y las condiciones que son primordiales para que el fenómeno natural, exista y que considera Gutiérrez (2004). Luego, los organicé y los vinculé con el Modelo Ser Vivo y con el Modelo del Ciclo de la materia, para comprender la relación que guardan entre ellos (ver Tabla 13).

Para ello, utilice dos tipos de íconos colocados en distintas partes de los textos que aparecen dentro de la tabla, con la intención de identificar fácilmente las relaciones entre ambos modelos y el fenómeno estudiado:



Modelo de Ser Vivo



Modelo del Ciclo de la Materia

Hacer este modelo, fue un trabajo complejo que requirió de mucho análisis, debido a que se tuvo que definir, de una amplia gama de información, la que tendría que ir en él, acerca del proceso de la descomposición de alimentos por mohos, además de ubicar y distinguir las relaciones que existen con el modelo de Ser Vivo y con el del Ciclo de la Materia.

Tabla 13. Modelo científico universitario de la descomposición de alimentos por hongos filamentosos, vinculado con el Modelo de Ser Vivo-Ecosistema y con el Modelo del Ciclo de la Materia











CONSTITUYENTES ONTOLÓGICOS		CONSTITUYENTES EPISTEMOLÓGICOS		CONSTITUYENTES PSICOLÓGICOS	Condiciones
Enunciados legales				Causalidad	
Entidades	Propiedades	Relaciones	Reglas de inferencia		
		Describir	Predecir	Explicar	
MOHOS	 NUTRICIÓN <ul style="list-style-type: none"> ▪ Absorben nutrientes ▪ Requieren agua para su metabolismo ▪ Resistentes a la desecación ▪ La mayoría son aeróbicos ▪ Desintegradores de la materia ▪ Descomponedores primarios 	 Los microorganismos colonizan (población) el alimento, si está dañado, y/o de acuerdo a condiciones ambientales	 Si el moho (descomponedor) entra en contacto con el alimento, será uno de los primeros en descomponerlo y/o desintegrarlo, al absorber sus nutrientes	La descomposición microbiana de los alimentos, ocurre como consecuencia del crecimiento microbiano o de la liberación al ambiente alimentario de enzimas microbianas extracelulares o intracelulares	Ambientales: <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura óptima: 25° C a 30° C • pH óptimo: 5 • A_w (Actividad acuosa, humedad): Alto Los mohos son incapaces de existir en ambientes con actividad de agua muy baja y mueren o se deshidratan y pasan a un estado de latencia en tales circunstancias • Oxígeno (O₂), es necesario para los mohos, por ejemplo: <i>Aspergillus</i>, <i>Alternaria</i>, <i>Mucor</i>, etc.
	 REPRODUCCIÓN <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se reproducen en poco tiempo ▪ Se reproducen por esporas ▪ Forman densas poblaciones ▪ Tienen un tamaño macro y microscópico ▪ Son filamentosos y están ramificados 				
	 RELACIÓN <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tienen gran capacidad adaptativa ▪ Viven como saprófitos en el suelo y agua 				
	 MATERIA ORGÁNICA				
 ALIMENTOS Frutas: Naranja Plátano Verduras: Cebolla Jitomate	Químicas: humedad, cenizas, grasas, proteínas, fibra cruda Físicas: textura, color, aroma y sabor, tensión superficial	El alimento es colonizado por microorganismos, si está dañado, y/o de acuerdo a condiciones ambientales	Si no está dañado el alimento y se encuentra en condiciones ambientales adecuadas, entonces no es colonizado por microorganismos	Si hay cambios de color, olor y textura, formación de lama, acumulación de gas (o espuma), acumulación de líquido (exudado o depurado), cambios sensoriales inaceptables o viscosidad, el alimento entro en una etapa de descomposición	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • pH • A_w • Oxígeno Tiempo para una descomposición parcial o total del alimento, sin embargo, dependerá de las condiciones ambientales y del propio moho

Tabla 13. Modelo científico universitario de la descomposición de alimentos por hongos filamentosos, vinculado con el Modelo de Ser Vivo-Ecosistema y con el Modelo del Ciclo de la Materia (continuación)

CONSTITUYENTES ONTOLÓGICOS		CONSTITUYENTES EPISTEMOLÓGICOS		CONSTITUYENTES PSICOLÓGICOS	Condiciones
Enunciados legales				Causalidad	
Entidades	Propiedades	Relaciones Describir	Predecir	Reglas de inferencia Explicar	
<p style="text-align: center;"> ATMÓSFERA</p>					
AIRE	Mezcla de gases compuesto de N ₂ , O ₂ , CO ₂ , H ₂ O (vapor) y otros gases ¹⁰	El aire es el medio para la dispersión rápida y global de mohos	Si no hay aire corriente que pase por el alimento, es probable que el alimento no sea colonizado por microorganismos	Los microorganismos pueden ser transportados rápidamente, en forma de bioaerosoles, a través de grandes distancias con el movimiento del aire que representa el mejor camino de dispersión. El transporte se realiza sobre partículas de polvo, fragmentos de hojas secas, piel, fibras de la ropa, en gotas de agua, en gotas de saliva eliminadas al toser, estornudar o hablar. La materia orgánica se transfiere a los descomponedores, y de ellos, a la atmósfera.	Flujo o corriente de aire adecuada o suficiente para transportar al moho y/o sus esporas
<p style="text-align: center;"> PRODUCTORES (PLANTAS) LO LIBERAN</p>					
OXIGENO (O ₂)	Poco soluble en agua y puede consumirse rápidamente debido a las actividades respiratorias de los microorganismos	Para el crecimiento de microorganismos, es necesario suministrar una fuerte aireación y varios de ellos necesitan oxígeno para sobrevivir, en este caso los aeróbicos	Si no hay oxígeno, no habrá crecimiento de mohos	Los aerobios son capaces de crecer a tensiones de oxígeno normales, y muchos, incluso, pueden tolerar concentraciones más elevadas de oxígeno	
<p style="text-align: center;"> SUELO / TIERRA</p>					
SUELO	Físicas: Estructura, profundidad, agua en el suelo (movimiento), textura, color, consistencia, porosidad, densidad Químicas: pH, saturación de bases, nutrientes, carbono orgánico, nitrógeno, salinización, alcalinización, carbonato de calcio y sodio Biológicas: ciclo del nitrógeno y ciclo del carbono	El suelo es el medio donde se descompone la materia orgánica	Si se descompone la materia orgánica en el suelo, éste mejora su estructura y fertilidad	La materia orgánica se transfiere a los descomponedores, y de ellos, al suelo. Algunos aspectos de este ciclo son mejorados deliberadamente cuando los fertilizantes son añadidos al suelo.	Condiciones físicas, químicas y biológicas pertinentes para la descomposición.
ENZIMAS MICROBIANAS ¹¹	Catalizadores de una amplia variedad de reacciones químicas que tienen lugar dentro de las células. ¹²	Las enzimas aceleran o retardan la velocidad de reacción (del alimento) sin ser consumidas en la misma	Con presencia de enzimas microbianas, el alimento se descompondrá más rápido	Las enzimas microbianas desdoblan los componentes del alimento por lo cual se favorece su descomposición	Temperatura óptima para la actividad enzimática pH óptimo y O ₂

¹⁰ López-Gordillo y López-Mota, 2015, p. 12.

¹¹ Las enzimas propias del alimento que favorecen su maduración no se abordarán en este estudio.

¹² Madigan, Martinko y Parker, 2004, p. 50.

4.2.2 Construcción del Modelo Curricular Inferido sobre la descomposición de alimentos por mohos

Tal como se revisó en el Capítulo 3, en el apartado *desde lo curricular*, hice una descripción y análisis del Plan y Programas de Estudio, de 1º a 6º grado de primaria de Estudios de Educación Básica, de la SEP, 2011, específicamente a nivel primaria, a fin de distinguir la relación que guarda y cómo conciben el campo formativo “*Exploración y comprensión del mundo natural y social*”, con la intención de contextualizar el fenómeno de la descomposición de alimentos y el marco en el cual se mira el cuidado del medio ambiente en cuarto grado de educación primaria.

Me di a la tarea de analizar los elementos que constituyen los programas de estudio (propósitos, enfoque, actividades, recursos de aprendizaje, entre otros), así como los bloques que responden a cinco ámbitos de acción, no obstante, me centré en aquellos que hablan sobre el cuidado del medio ambiente, los hongos y las bacterias y, la descomposición de alimentos; así como los aprendizajes esperados en cada bloque, esto con la intención de compararlos con lo que se enseña en los libros de texto de cada grado escolar y analizar si es pertinente lo que se espera que aprendan y de acuerdo a las actividades propuestas.

Lo anterior me sirvió de soporte para inferir y construir el Modelo Curricular sobre la descomposición de alimentos e identificar que este tema, sólo se revisa en cuarto y sexto grado de primaria, de manera muy breve en los libros de texto, pues no se explica en qué medida los hongos y las bacterias intervienen en la descomposición, qué son, de dónde provienen, cómo son, entre otros; además, pese a que se ve nuevamente en sexto grado, se revisa el mismo contenido. En cuanto a los temas de reducción, reuso y reciclado de materiales, los alumnos lo revisan en segundo, tercero y sexto grado de primaria, explicados de manera muy elemental, lo cual no propicia una sensibilización acerca del por qué debemos cuidar el medio ambiente.

En la Tabla 14, verán la construcción del Modelo Curricular con los componentes que lo constituyen y con lo que fue ubicado en el currículo.

Tabla 14. Modelo Curricular Inferido sobre la descomposición de alimentos por mohos

CONSTITUYENTES ONTOLÓGICOS		CONSTITUYENTES EPISTEMOLÓGICOS		CONSTITUYENTES PSICOLÓGICOS	Condiciones
Enunciados legales				Causalidad	
Entidades	Propiedades	Relaciones Describir	Reglas de inferencia Predecir	Explicar	
SERES VIVOS Hongos (levaduras) y bacterias (lactobacilo)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hay hongos de distintos tamaños, algunos de tamaño tan pequeño que no pueden verse ▪ Fermentan algunas sustancias ▪ Se nutren, crecen, respiran y reproducen 	Los seres vivos se alimentan de nutrientes de otros seres vivos		La temperatura, el tiempo y la acción de los microorganismos influyen en la cocción y descomposición de los alimentos	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Viven en cualquier parte, hasta en el cuerpo humano 			Al entrar al cuerpo pueden causar problemas de salud, como pie de atleta o tiña	
ALIMENTOS		Algunos microorganismos descomponen los alimentos	Si se consumen alimentos en descomposición, causan daño		
Materia orgánica					
Restos de comida, de hojas, de troncos y organismos muertos		Al descomponer la materia, ésta se reintegra al ambiente			

4.2.3 Elaboración del Modelo Estudiantil Inicial Inferido acerca de la descomposición de alimentos por mohos

Para la construcción de este modelo, retome lo que elaboré en el Capítulo 3, acerca de los antecedentes empíricos, es decir, el de las ideas previas de los estudiantes sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos. Aquí hice una revisión de las investigaciones ubicadas en distintas revistas especializadas que dieran cuenta de las ideas previas sobre la descomposición de alimentos por mohos.

Conviene subrayar, que, como este fenómeno se relaciona con los *seres vivos*, específicamente con *microorganismos*, hice una búsqueda de las ideas previas de ambos conceptos, a fin de analizarlas y complementarlo con el fenómeno en cuestión.

Derivado de ello, inferí y construí el modelo estudiantil inicial a partir de la población a la que se dirigió la investigación, la metodología que utilizaron los autores y en algunos casos, los resultados obtenidos, con el propósito de distinguir las dificultades encontradas para comprender el fenómeno a modelizar.

En el Modelo Estudiantil (Tabla 15) resumo las ideas previas que ubiqué en las distintas investigaciones, ubicándolas en los respectivos componentes del modelo.

En ella se puede apreciar que no se identificaron predicciones en alguna de sus ideas previas. Por ello, uno de los objetivos que se pretende alcanzar al aplicar la SD, es que los estudiantes logren predecir este fenómeno.

Tabla 15. Modelo estudiantil inicial inferido acerca de la descomposición de alimentos por mohos

CONSTITUYENTES ONTOLÓGICOS		CONSTITUYENTES EPISTEMOLÓGICOS		CONSTITUYENTES PSICOLÓGICOS	Condiciones	
Enunciados legales		Causalidad		Reglas de inferencia		
Entidades	Propiedades	Relaciones	Predecir			Explicar
		Describir				
SERES VIVOS	Los insectos rompen el material del alimento	Los bichos o microorganismos, interactúan con la materia orgánica		Los microorganismos no inician el proceso de descomposición		
Microorganismo				La descomposición es un proceso que no involucra a otros organismos		
Insecto o bicho				Los bichos actúan sólo con alimentos que están abandonados Los animales se comen la comida		
ALIMENTO Materia	Orgánica	El alimento se vuelve más pequeño a medida que se pudre (factores externos) La materia termina generalmente en el suelo		<ul style="list-style-type: none"> • La materia desaparece al desintegrarse • Los seres muertos simplemente desaparecen • Las personas pisan las hojas, lo cual las reduce a piezas muy pequeñas • Las cosas se pudren solas • Un alimento se fermenta cuando está agitado, caliente, cocido o hervido 	El tiempo como una consecuencia gradual e inevitable	
FACTORES FÍSICOS Agua Sol Oxígeno Aire	Tiene un rol en la descomposición	En la descomposición intervienen la lluvia, el agua, el sol, el oxígeno o el aire		Una manzana pierde su forma porque: <ul style="list-style-type: none"> • las vitaminas y minerales fueron comidas por el oxígeno • los átomos y moléculas en el aire atacaron la manzana • entró el aire en ella y redujo su tamaño y se arrugó 	Tienen que intervenir algunos factores físicos para que se descomponga el alimento	
Humedad						
SUELO	Lodo, agua, semillas y roca			Sustancia sin vida que tiene cualidades contaminantes		
				Ayuda a crecer las plantas		
		El material podrido fertiliza el suelo				

4.2.4 Postulación del Modelo Científico Escolar de Arribo

Una vez que ya fueron construidos los tres modelos (científico, curricular y estudiantil), y que cada uno de ellos cuenta con los componentes que lo integran, hay que proceder a tensionarlos, a fin de postular el Modelo Científico Escolar de Arribo.

Al tensionarlos, se hace un análisis de cada uno de los componentes de los modelos, y se ajustan en el MCEA de acuerdo al nivel educativo que estará dirigida la secuencia didáctica y a la edad de los alumnos. Asimismo, se revisa cuidadosamente el Modelo Estudiantil Inicial (*MEi*) y se compara con los otros dos modelos, el Modelo Curricular (*MCu*) y el Modelo Científico Universitario (*MCI*), a fin de complementarlo, sin descuidar que lo que se agregue al *MEi*, debe estar situado entre estos dos modelos.

Lo que resulte de esta comparación y tensión, será el resultado de mi MCEA, con cada uno de sus componentes (entidades, propiedades, relaciones, reglas de inferencia y condiciones). En esta propuesta, complemento dos grandes modelos, el de 'Ser Vivo' y el de 'Ciclo de la Materia', que me ayudaran a darle un mayor sentido al fenómeno elegido y a presentar una visión general de lo que representa e implica en la naturaleza.

En la Tabla 16, presento, y a su vez, tensiono los tres modelos antes mencionados para obtener el MCEA.

Tabla 16. Tensión entre el MCi, MCu y MEi para la construcción y postulación del MCEA

		MCi	MCu	MEi	MCEA	
Constituyentes ontológicos	Enunciados legales	ENTIDADES	Mohos Alimentos Aire Oxígeno Suelo Enzimas microbianas	Seres vivos Alimentos	Seres vivos Alimento Factores físicos Suelo	Mohos Alimentos Aire Suelo
		PROPIEDADES	Nutrición <ul style="list-style-type: none"> ▪ Absorben nutrientes ▪ Requieren agua para su metabolismo ▪ Resistentes a la desecación ▪ La mayoría son aeróbicos ▪ Desintegradores de la materia ▪ Descomponedores primarios Reproducción <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se reproducen en poco tiempo ▪ Se reproducen por esporas ▪ Forman densas poblaciones ▪ Tienen un tamaño macro y microscópico ▪ Son filamentosos y están ramificados Relación <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tienen gran capacidad adaptativa ▪ Viven como saprófitos en el suelo y agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Hay hongos de distintos tamaños, algunos de tamaño tan pequeño que no pueden verse, • Fermentan algunas sustancias • Se nutren, crecen, respiran y reproducen • Viven en cualquier parte, hasta en el cuerpo humano 		Nutrición de mohos <ul style="list-style-type: none"> • La mayoría son aeróbicos • Requieren agua para su metabolismo • Son desintegradores de la materia Reproducción de mohos <ul style="list-style-type: none"> • Se reproducen rápidamente por medio de esporas • Tienen tamaño macroscópico y microscópico • Forman densas poblaciones • Son filamentosos y están ramificados Relación y Suelo / Tierra con mohos <ul style="list-style-type: none"> • Viven en cualquier parte • Suelo húmedo con distintos nutrientes
			Materia orgánica <u>Alimentos</u> Químicas: humedad, cenizas, grasas, proteínas, fibra cruda Físicas: textura, color, aroma y sabor, tensión superficial		Orgánica	Materia orgánica <ul style="list-style-type: none"> • Alimentos Atmósfera <ul style="list-style-type: none"> • Aire • Agua
			Atmósfera <u>Aire</u> <ul style="list-style-type: none"> • Mezcla de gases compuesto de N₂, O₂, • CO₂ y H₂O (vapor) y otros gases¹³ 			
			Productores (plantas) lo libera Oxígeno <ul style="list-style-type: none"> • Poco soluble en agua • Puede consumirse rápidamente debido a las actividades respiratorias de los microorganismos 			

¹³ López-Gordillo y López-Mota, 2015, p. 12.

		MCI	MCu	MEi	MCEA	
Constituyentes epistemológicos		<p>Suelo / Tierra Físicas: Estructura, profundidad, agua en el suelo (movimiento), textura, color, consistencia, porosidad, densidad Químicas: pH, saturación de bases, nutrientes, carbono orgánico, nitrógeno, salinización, alcalinización, carbonato de calcio y sodio Biológicas: ciclo del nitrógeno y ciclo del carbono</p> <p>Catalizadores de origen proteico¹⁴</p>		<ul style="list-style-type: none"> Lodo, agua, semillas y roca 		
	RELACIONES	Describir	<ul style="list-style-type: none"> Colonizan el alimento, si está dañado, y/o de acuerdo a condiciones ambientales 	Se alimentan de nutrientes de otros seres vivos	<ul style="list-style-type: none"> Los bichos se comen la materia parcialmente podrida. Los insectos rompen el material del alimento 	<ul style="list-style-type: none"> El moho coloniza el alimento, si está dañado, y/o de acuerdo a condiciones ambientales El alimento es colonizado por microorganismos, si está dañado, y/o de acuerdo a condiciones ambientales El aire como medio para la dispersión rápida y global de mohos, necesario una fuerte aireación para que lleguen al alimento El suelo como medio donde se descompone la materia orgánica Al descomponer la materia, ésta se reintegra al ambiente (atmósfera y suelo) En la descomposición interviene el agua, el oxígeno y el aire y la humedad El material podrido fertiliza el suelo
			<ul style="list-style-type: none"> El alimento es colonizado por microorganismos, si está dañado, y/o de acuerdo a condiciones ambientales 	Algunos microorganismos descomponen los alimentos	<ul style="list-style-type: none"> El alimento se vuelve más pequeño a medida que se pudre 	
			<ul style="list-style-type: none"> Medio para la dispersión rápida y global de mohos. 		<ul style="list-style-type: none"> En la descomposición intervienen la lluvia, el agua, el sol, el oxígeno o el aire La humedad tiene un rol en la descomposición 	
			<ul style="list-style-type: none"> Para el crecimiento de muchos microorganismos aeróbicos, es necesario suministrar una fuerte aireación Medio donde se descompone la materia orgánica 	Al descomponer la materia, ésta se reintegra al ambiente	<ul style="list-style-type: none"> La materia termina generalmente en el suelo El material podrido fertiliza el suelo 	
			<ul style="list-style-type: none"> Aceleran o retardan la velocidad de reacción sin ser consumidas en la misma 			
	REGLAS DE INFERENCIA	Predecir	<ul style="list-style-type: none"> Si el moho entra en contacto con el alimento, será el primero en descomponerlo y/o desintegrarlo 			<ul style="list-style-type: none"> Si el moho entra en contacto con el alimento, podrá descomponerlo y/o desintegrarlo
			<ul style="list-style-type: none"> Si no está dañado el alimento y se encuentra en condiciones ambientales adecuadas, entonces no es colonizado por microorganismos 	Si se consumen alimentos en descomposición, causan daño		<ul style="list-style-type: none"> Si no está dañado el alimento y se encuentra en condiciones ambientales adecuadas, entonces no es colonizado por mohos
			<ul style="list-style-type: none"> Si no hay aire corriente que pase por el alimento, es probable que no sea colonizado por microorganismos. 			<ul style="list-style-type: none"> Si no hay aire corriente que pase por el alimento, es
<ul style="list-style-type: none"> Si no hay oxígeno, no habrá crecimiento de mohos. 						
<ul style="list-style-type: none"> Si se descompone la materia orgánica en el suelo, éste mejora su estructura y fertilidad 						

¹⁴ López y Moreno-Arcuri, 2014, p. 120.

		MCI	MCu	MEi	MCEA		
Constituyentes psicológicos	Causalidad	REGLAS DE INFERENCIA	Explicar	<ul style="list-style-type: none"> • Con presencia de enzimas microbianas, el alimento se descompondrá más rápido 		<p>probable que no sea colonizado por el moho</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si no hay oxígeno, no habrá crecimiento de mohos • Si se descompone la materia orgánica en el suelo, éste mejora su estructura y fertilidad 	
				<ul style="list-style-type: none"> • La descomposición microbiana de los alimentos, ocurre como consecuencia del crecimiento microbiano o de la liberación al ambiente alimentario de enzimas microbianas extracelulares o intracelulares 	<p>La temperatura, el tiempo y la acción de los microorganismos influyen en la cocción y descomposición de los alimentos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los microorganismos no inician el proceso de descomposición • La descomposición es un proceso que no involucra a otros organismos. • Los bichos actúan sólo con alimentos que están abandonados • Los animales se comen la comida 	<ul style="list-style-type: none"> • La descomposición microbiana de los alimentos, ocurre como consecuencia del crecimiento microbiano • Si hay cambios de color, olor y textura, formación de lama, acumulación de gas o líquido, cambios sensoriales inaceptables o viscosidad, el alimento entró en una etapa de descomposición • Los mohos se transportan con el movimiento del aire (polvo, fragmentos de hojas secas, piel, fibras de la ropa, gotas de agua, de saliva eliminadas al toser, estornudar o hablar) • Los mohos son capaces de crecer a presiones de oxígeno normales • La temperatura, el tiempo y la acción de los microorganismos influyen en la cocción y descomposición de los alimentos • La materia no desaparece, se integra nuevamente al ecosistema • La materia orgánica se transfiere a los descomponedores, y de ellos, al suelo
				<ul style="list-style-type: none"> • Si hay cambios de color, olor y textura, formación de lama, acumulación de gas (o espuma), acumulación de líquido (exudado o depurado), cambios sensoriales inaceptables o viscosidad, el alimento entró en una etapa de descomposición 		<ul style="list-style-type: none"> • La materia desaparece al desintegrarse • Los seres muertos simplemente desaparecen • Las personas pisan las hojas, lo cual las reduce a piezas muy pequeñas • Las cosas se pudren solas • Un alimento se fermenta cuando está agitado, caliente, cocido o hervido 	
				<ul style="list-style-type: none"> • Los microorganismos pueden ser transportados rápidamente, en forma de bioaerosoles, a través de grandes distancias con el movimiento del aire que representa el mejor camino de dispersión. El transporte se realiza sobre partículas de polvo, fragmentos de hojas secas, piel, fibras de la ropa, en gotas de agua, en gotas de saliva eliminadas al toser, estornudar o hablar 	<p>Al entrar al cuerpo pueden causar problemas de salud, como pie de atleta o tiña.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Una manzana pierde su forma porque las vitaminas y minerales fueron comidas por el oxígeno, los átomos y moléculas en el aire atacaron la manzana entró el aire en ella y redujo su tamaño y se arrugó 	
				<ul style="list-style-type: none"> • Los aerobios son capaces de crecer a presiones de oxígeno normales, y muchos, incluso, pueden tolerar concentraciones más elevadas de oxígeno 			
				<ul style="list-style-type: none"> • La materia orgánica se transfiere a los descomponedores, y de ellos, al suelo 		<ul style="list-style-type: none"> • El suelo como sustancia sin vida que tiene cualidades contaminantes • Ayuda a crecer las plantas 	

	MCI	MCu	MEi	MCEA
CONDICIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura óptima: 25° C a 30° C • pH óptimo: 5 • Aw (Actividad acuosa, humedad): Alto • Oxígeno (O₂), es necesario para los mohos • Tiempo para una descomposición parcial o total del alimento, sin embargo, dependerá de las condiciones ambientales y del propio • Flujo o corriente de aire adecuada o suficiente para transportar al moho y/o sus esporas • Condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo pertinentes para la descomposición 		<ul style="list-style-type: none"> • El tiempo como una consecuencia gradual e inevitable • Tienen que intervenir algunos factores físicos para que se descomponga el alimento 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura óptima: 25° C a 30° C • pH óptimo: 5 • Aw (Actividad acuosa, humedad): Alto, en ambiente y suelo • Oxígeno (O₂), es necesario para los mohos • Tiempo

Como se observa, al tensionar los tres modelos construí el MCEA, considerando siempre sus componentes ontológicos, epistemológicos y psicológicos de cada uno de ellos, así como las condiciones mínimas necesarias para que se pueda dar el fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos.

Al hacer el análisis de los componentes de cada modelo, fui descartando aspectos del *MCI*, que no aparecían en el *MCu*, ni en el *MEi*. Aunque, sí agregue las entidades esenciales del fenómeno, pese a que no aparecieran en estos últimos modelos, como en el caso de la entidad 'aire'.

En algunos de los componentes del MCEA (ver Tabla 17), señalo con subrayado sencillo, aquello que se relaciona con el Modelo de Ser Vivo; y con subrayado ondulado, aquellos constituyentes que conciernen al Modelo del Ciclo de la Materia, esto con la finalidad de hacer notar de qué manera se vinculan ambos modelos con el fenómeno estudiado.

Tabla 17. Modelo Científico Escolar de Arribo acerca de la descomposición de alimentos por mohos, vinculado con el Modelo de Ser Vivo y con el Modelo del Ciclo de la Materia

CONSTITUYENTES ONTOLÓGICOS		CONSTITUYENTES EPISTEMOLÓGICOS		CONSTITUYENTES PSICOLÓGICOS	Condiciones
Enunciados legales				Causalidad	
Entidades	Propiedades	Relaciones	Reglas de inferencia		
		Describir	Predecir	Explicar	
MOHOS	<p>Nutrición y Reproducción (MSV)</p> <ul style="list-style-type: none"> La mayoría son aeróbicos Requieren agua para su metabolismo Desintegran la materia Reproducción rápida por medio de esporas Tienen tamaño microscópico Forman densas poblaciones Son filamentosos y están ramificados <p>Relación (MSV) y Suelo/Tierra (MCM)</p> <ul style="list-style-type: none"> Viven en cualquier parte 	<p>Nutrición y Reproducción (MSV)</p> <p>El moho coloniza el alimento, si está dañado, y/o de acuerdo a condiciones ambientales</p> <p>El moho secreta exoenzimas (sustancia líquida) al alimento (materia orgánica) para descomponerlo, y luego, absorber sus nutrientes.</p>	<p>Nutrición (MSV) y Materia orgánica (MCM)</p> <ul style="list-style-type: none"> Si el moho entra en contacto con el alimento, será uno de los primeros en descomponerlo y/o desintegrarlo 	<p>Nutrición (MSV)</p> <ul style="list-style-type: none"> La descomposición microbiana de los alimentos, ocurre como consecuencia del crecimiento microbiano 	<p>Relación (MSV)</p> <ul style="list-style-type: none"> Temperatura óptima: 25° C a 30° C pH óptimo: 5 A_w (Actividad acuosa, humedad): Alto, en ambiente y suelo Oxígeno (O₂), es necesario para los mohos Tiempo
ALIMENTOS	<p>Materia orgánica (MCM)</p> <ul style="list-style-type: none"> Tiene nutrientes Son comestibles Se desintegran 	<p>Materia orgánica (MCM)</p> <p>El alimento es colonizado por microorganismos, si está dañado, y/o de acuerdo a condiciones ambientales</p>	<p>Relación (MSV), Materia orgánica (MCM) y Atmósfera (MCM)</p> <p>Si está dañado el alimento y se encuentra en condiciones ambientales adecuadas para el moho, entonces, será colonizado por estos</p>	<p>Materia orgánica (MCM)</p> <ul style="list-style-type: none"> Si hay cambios de color, olor y textura, formación de lama, acumulación de gas o líquido, cambios sensoriales inaceptables o viscosidad, el alimento entro en una etapa de descomposición Relación (MSV) y Atmósfera (MCM) <p>La temperatura, el tiempo y la acción de los microorganismos influyen en la cocción y descomposición de los alimentos</p>	<ul style="list-style-type: none"> Dañado Frágil en su superficie
AIRE	<p>Atmósfera (MCM)</p> <ul style="list-style-type: none"> Mezcla de gases 	<p>Relación (MSV) y Atmósfera (MCM)</p> <ul style="list-style-type: none"> El aire como medio para la dispersión rápida y global de mohos, necesario una fuerte aireación para que lleguen al alimento En la descomposición interviene el agua, el oxígeno y el aire y la humedad 	<p>Relación (MSV), Materia orgánica (MCM) y Atmósfera (MCM)</p> <ul style="list-style-type: none"> Si no hay aire corriente que pase por el alimento, es probable que no sea colonizado por el moho Si no hay oxígeno, no habrá crecimiento de mohos 	<p>Materia orgánica y Suelo/Tierra (MCM)</p> <ul style="list-style-type: none"> La materia no desaparece, se integra nuevamente al ecosistema <p>Relación (MSV) y Atmósfera (MCM)</p> <ul style="list-style-type: none"> Los mohos se transportan con el movimiento del aire (polvo, fragmentos de hojas secas, piel, fibras de la ropa, gotas de agua, de saliva eliminadas al toser, estornudar o hablar) Los mohos son capaces de crecer a tensiones de oxígeno normales 	
SUELO	<p>Relación (MSV) y Suelo/Tierra (MCM)</p> <ul style="list-style-type: none"> Suelo húmedo con distintos nutrientes 	<p>Suelo/Tierra (MCM)</p> <ul style="list-style-type: none"> El suelo como medio donde se descompone la materia orgánica El suelo como el lugar en donde viven Al descomponer la materia, ésta se reintegra al ambiente (atmósfera y suelo) El material podrido fertiliza el suelo 	<p>Suelo/Tierra (MCM)</p> <ul style="list-style-type: none"> Si se descompone la materia orgánica en el suelo, éste mejora su estructura y fertilidad 	<p>Materia orgánica y Suelo/Tierra (MCM)</p> <ul style="list-style-type: none"> La materia orgánica es digerida por los descomponedores, y de ellos, al suelo 	<ul style="list-style-type: none"> Humedad

La Tabla 17 sintetiza el MCEA conformado. Consta de cuatro entidades, ubicadas como constituyentes ontológicos, que son las principales para que exista el proceso de descomposición de alimentos por mohos. Así como las propiedades que acompañan a cada una de estas entidades. En el caso de algunas de ellas, específicamente, las del 'aire' y el 'suelo' podrían ser complejas para los estudiantes de cuarto grado de primaria, por lo que propondré actividades que permitan su fácil entendimiento.

Las entidades aparecen en orden de importancia (de arriba para abajo). Considero que la primera de ellas, la entidad 'moho', es la de mayor problema, porque como se mencionó en el Capítulo 3, acerca de las ideas previas, los estudiantes tienen muchas dificultades para reconocerlos como seres vivos, debido a que no los ven. Por ello, en la secuencia didáctica es la primera que se abordará.

De cada una de estas entidades, se derivan sus constituyentes epistemológicos, como las relaciones que puedan existir entre las mismas, las reglas de inferencia (predicción y explicación) para que un modelo pueda ser llamado modelo científico; además de sus constituyentes psicológicos; y las condiciones necesarias, como la temperatura o el tiempo, entre otros, para que inicie el proceso de descomposición.

En este orden de ideas, veremos si después de aplicar la SD, los estudiantes lograron alcanzar el MCEA postulado, así como vincularlo con el Modelo del Ser Vivo y con el Modelo del Ciclo de la Materia.

4.3 CRITERIOS DE DISEÑO Y VALIDACIÓN DE LA SD

Con base en lo postulado en el MCEA, los criterios de diseño que guiarán el diseño de la SD, son:

- Obtener los Modelos Estudiantiles Iniciales de los alumnos de 4^o grado de primaria, a fin de conocer cómo piensan el fenómeno, a partir de la aplicación de un cuestionario que consta de 11 preguntas, basado en los componentes del MCEA.
- Precisar las actividades con base en la complejidad de las entidades (1^o, entidad alimento; 2^a entidad, moho; 3^a entidad, aire, 4^a entidad, tierra) principales del fenómeno de la descomposición de los alimentos por mohos.
- Definir la secuenciación de las actividades que promuevan la construcción de modelos, o bien, los procesos de modelización, con base en los componentes del MCEA:
 - Para distinguir sus modelos iniciales de los estudiantes sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos, se proponen actividades de exploración inicial
 - Para las entidades, se plantean actividades de introducción de nuevos puntos de vista
 - Para identificar las relaciones entre las entidades, junto con algunas o todas las propiedades de éstas, se exponen actividades de síntesis
 - Para inferir las reglas de inferencia [predicción y explicación del fenómeno]), se presentan actividades de aplicación y revisión
- Integrar las condiciones ambientales necesarias para que se dé el proceso de descomposición de alimentos en las actividades propuestas.
- Delimitar los componentes que abordaré con los estudiantes acerca del fenómeno a revisar, en cada una de las fases de la SD.
- Dirigir mi atención en los componentes que vayan integrando los estudiantes a sus modelos explicativos, en cada una de las fases de la SD. Se aplican

distintos instrumentos para averiguar sus modelos explicativos en la fase intermedia.

- Promover las explicaciones de los estudiantes acerca del fenómeno, a partir de actividades individuales, por equipos y debates en grupo.
- Plantear nuevos problemas a fin de que los estudiantes realicen predicciones del fenómeno abordado
- Puntualizar aspectos entre la relación que existe entre el Modelo *Ser Vivo* y Modelo *Ciclo de la Materia*

Respecto a los criterios de validación para la SD con base en lo postulado en el MCEA, se proponen:

- Aplicar un Cuestionario basado en los componentes del modelo, a fin de identificar los modelos alcanzados por los estudiantes acerca del fenómeno de la descomposición de los alimentos por mohos
- Detectar, con base en los instrumentos aplicados, si lograron identificar la relación con el modelo ser vivo y con el modelo de ciclo de la materia.
- Elaborar una rúbrica, basada en los componentes del modelo, para determinar en qué nivel fue alcanzado el MCEA.

4.4 ORGANIZACIÓN DE LA SD

La organización y el desarrollo de la SD se basó en distintos enfoques teóricos, como lo que proponen Méheut y Psillos (2004), pues ellos tomaron aspectos importantes del constructivismo psicológico para el diseño de las Teaching Learning Secuencias (TLS) o secuencias de enseñanza aprendizaje, como las concepciones, representaciones y razonamientos espontáneos del aprendiz y que estaba centrado principalmente en el estudiante. Además, retomaron investigaciones acerca del constructivismo centrado en lo epistemológico, en donde se hacía uso de analogías, análisis de fragmentos de conocimiento o desarrollo de nuevos conocimientos mediante la resolución de problemas bien diseñados. Finalmente, optaron por una integración de ambas corrientes constructivistas: psicológico y epistemológico, a fin

de considerar los contenidos científicos como problemáticos y el uso de analogías, no obstante, aquí se le da poca importancia al papel del docente.

Asimismo, retomo aspectos clave de la perspectiva que proporciona Driver (1988), sobre el proceso de aprendizaje, pues describe que una característica clave en las concepciones del aprendizaje es la idea de construcciones mentales o “esquemas” que son usados para interpretar nuevas situaciones y que estos esquemas son construidos por el que aprende, por lo que quienes aprenden no absorben simplemente lo que se les dice o lo que leen, más bien, se da una interacción entre los esquemas mentales del que aprende y características del medio de aprendizaje.

Por lo que aprender depende de las ideas previas de los estudiantes, las estrategias cognoscitivas y de los propios propósitos e intereses de los alumnos. Además, nos ofrece una caracterización de las ideas previas de los estudiantes, como: esquemas activos, coherentes dentro de su modo de pensar, razonamiento ligado a un contexto específico, diferenciación de ideas, ir del pensamiento perceptivo al conceptual, atención a las propiedades más que a las interacciones y un razonamiento causal. Respecto a la perspectiva socioconstructivista aquí no se concibe el conocimiento científico como objetivo, sino como construcción social. Y en este proceso, el currículo se concibe como el conjunto de experiencias mediante las cuales los que aprenden construyen una concepción del mundo más cercana a la concepción de los científicos.

4.4.1 Fases de la secuencia didáctica

Sánchez, De Pro y Valcárcel (1997) definen un modelo de planificación de unidades didácticas, en el cual proponen 3 fases para su organización:

- a) La inicial, en donde se hace una explicitación de ideas
- b) La de nuevos conocimientos;
- c) La de aplicación y revisión.

En este caso, solo retomé dos de sus fases, la primera y la última, debido a que la segunda, la retomé de Sanmartí (2002) por ir más acorde con el enfoque constructivista que tiene este estudio, encaminado a la 'construcción de ideas'.

4.4.2 Secuenciación de las actividades de aprendizaje

En las respectivas fases de la SD, incluí la secuenciación de actividades que propone Sanmartí (2002) y que se pueden diferenciar entre:

- a) **Actividades de exploración iniciales**, que tienen el objetivo facilitar que los estudiantes se planteen el problema a estudiar como que expliciten sus representaciones. Tienen que promover el planteamiento de preguntas o problemas de investigación significativos desde la ciencia y la comunicación de los distintos puntos de vista o hipótesis; simples y cercanas a las vivencias e intereses del alumnado
- b) **Actividades** orientadas a promover la evolución de los modelos iniciales, **de introducción de nuevas variables**, de identificar otras formas de observar y de explicar, de reformulación de los problemas
- c) **Actividades de síntesis**, de elaboración de conclusiones, de estructuración del conocimiento. Su finalidad es que los alumnos tomen conciencia del modelo construido hasta ese momento y de cómo expresarlo de la forma más abstracta posible. No se relaciona con la explicación de un determinado fenómeno, sino con la explicación del modelo utilizado para explicarlo
- d) **Actividades de aplicación y generalización**, de transferencia a otros contextos, (que a su vez pueden transformarse en nuevas actividades de exploración). Actividades en las que los estudiantes se planteen nuevos problemas o pequeños proyectos o investigaciones en los que aplicar el modelo construido

Una síntesis de estas actividades, se muestran en la Figura 9.

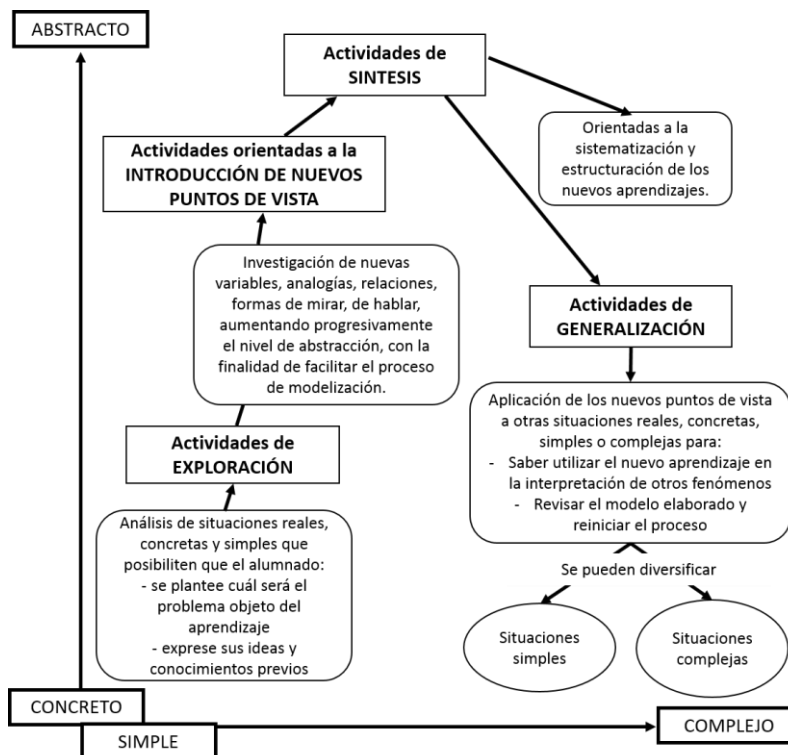


Figura 9. Tipos de actividades según su finalidad didáctica. Tomado de Sanmartí, N. (2002). Organización y secuenciación de las actividades de Enseñanza / aprendizaje. En N. Sanmartí, *Didáctica de las Ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria* (pp. 185-203) Madrid: Editorial Síntesis Educación.

4.4.3 La operacionalización de las prácticas de modelización

Evidentemente, las actividades anteriormente descritas, las retomo porque están orientadas a que los estudiantes realicen prácticas de modelización que, como dijera Acher (2014) ayuden a “promover la capacidad de organizar y promover las ideas que expresan los estudiantes acerca de los fenómenos naturales, así como la de debatir y alcanzar consenso sobre estas ideas representadas mientras buscan dar sentido a los fenómenos que tienen entre manos” (p. 67). Él incluye cuatro elementos centrales para operacionalizar las prácticas de modelización que retoma de Schwartz, et al (2009) y que tendré en cuenta al momento de describir las actividades, a saber:

- **La construcción de modelos** consistentes con evidencia admisible y teorías sobre cómo ilustrar, explicar y predecir fenómenos.
- **La utilización de modelos** para ilustrar, explicar y predecir fenómenos.
- **La comparación y evaluación** de la capacidad de **diferentes modelos** tanto para representar adecuadamente y capturar patrones en fenómenos como para predecir nuevos.
- **La revisión de modelos** de manera que se incremente su potencial explicativo o predictivo, considerando pruebas adicionales o nuevos aspectos en los mismos fenómenos o en otros similares.

4.4.4 Preguntas mediadoras

Por otra parte, integraré a mis actividades, *preguntas mediadoras* con “la finalidad de orientar el proceso de modelización del alumnado... por ello han de ser dinámicas, focalizadoras y escalares” (Márquez, Roca, Sarda y Pujol, 2004), ejemplo de ello, serían:

Dinámicas:

- ¿Cómo crees que se echa a perder un alimento?
- ¿Por qué un alimento dañado o roto, después de un tiempo, tiene cosas raras en su superficie?
- ¿Qué pasará si yo tiro un alimento que ya está podrido a un jardín?
- ¿Me puedo enfermar si como algún alimento que se ve verdoso, blancuzco, aguadito o con un tipo de espuma?

Focalizadoras:

- ¿Cómo puede ser que un alimento se vea verdoso, blancuzco o aguadito?
- ¿Cómo te explicas que un alimento echado a perder, se devuelva al suelo o la atmósfera?
- ¿Cómo te explicas que un alimento se haga feo más rápido, si está dañado o roto, que uno que no lo está?
- ¿Cómo llega el microbio al alimento?
- ¿Cómo come un microorganismo?

Escalares

- ¿Cómo puede ser que un alimento se eche a perder?
- ¿A dónde crees que se irán los residuos de un alimento echado a perder?
- ¿Crees que un alimento dañado o que ya está podrido, sirva para algo?

De la misma forma, incluiré trabajos prácticos a fin de que permitan “la familiarización, observación e interpretación de los fenómenos que son objeto de estudio, así como el contraste de hipótesis en los procesos de modelización en la ciencia escolar” (Caamaño, 2003, p. 95).

4.4.5 Los trabajos prácticos para el desarrollo de las SD's

Los tipos de trabajos prácticos, de acuerdo a Caamaño (2003) pueden ser: experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos (para el aprendizaje de procedimientos o destrezas y para ilustrar la teoría) e investigaciones (para resolver problemas teóricos y problemas prácticos). Su uso dependerá del objetivo principal que se pretenda y el método seguido. En cuanto a la clasificación de los procedimientos, se encuentran los prácticos experimentales, los intelectuales y los de comunicación.

Específicamente, me centraré en la realización de experiencias y experimentos ilustrativos, que son aquellos destinados a mostrar una relación entre variables.

Paralelamente, consideraré lo que propone Izquierdo, et al, (1999) acerca de la planificación de las prácticas, pues explica que debe tomarse en cuenta el momento de enseñanza aprendizaje en el que se sitúa la práctica, que en este caso será en la introducción de nuevos puntos de vista; así como la actividad cognitiva y lingüística que deseo impulsar.

Al mismo tiempo, considerare el uso de instrumentos, como el microscopio, para observar a los microorganismos que habitan en la materia orgánica. Y haré lo posible para “estimular [a] los alumnos (todos) [a fin de que] expresen sus puntos de vista, al utilizar diversos lenguajes y que se comparen y se discutan. Por ejemplo, al pedirles que realicen un dibujo, [podré notar] la expresión de las relaciones espaciales que establecen entre entidades”; o bien, al pedirles un texto explicativo, veré como estructuran sus ideas; “plantear nuevas experiencias y observaciones relacionadas con la realizada inicialmente que ayuden a la evolución de las representaciones; y promover la reflexión metacognitiva, ayudando a reconocer lo

que se está aprendiendo, como se van relacionando las observaciones con las ideas y qué características tienen éstas (Sanmartí, Márquez y García, 2002).

La SD se llevará a cabo en 6 sesiones, con un tiempo estimado de 14.5 horas en total. Cada sesión tiene un objetivo específico y las actividades de aprendizaje y de evaluación que apoyaran ésta. En la Tabla 18 muestro un resumen de la organización de la SD. En el Anexo 1, muestro la SD completa y los instrumentos que utilicé para ello.

4.4.6 Propósito de la SD

Que los estudiantes expliquen el fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos, a partir de la construcción de modelos científicos escolares, a fin de que identifiquen que al descomponerse un alimento, gracias a la intervención de los microorganismos, puede servir como nutriente para otros organismos, como las plantas.

4.4.7 Objetivos de la SD

1. Reconocer que los mohos son seres vivos que se nutren y se reproducen.
2. Identificar que los mohos son uno de los actores principales en la descomposición de los alimentos.
3. Explicar cómo se da el proceso de descomposición en los alimentos.
4. Distinguir que el aire es un medio de transporte para la dispersión de microorganismos, en este caso, de mohos, a través de sus esporas.
5. Demostrar que un alimento deteriorado puede servir como nutriente para otros organismos, como las plantas
6. Inferir que la materia orgánica, en este caso los alimentos o las plantas, al descomponerse, forman parte del ciclo de la materia.

Tabla 18. Organización de la secuencia didáctica sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos.

FASES DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA	SECUENCIA DE ACTIVIDADES DE SANMARTÍ	NO. DE SESIÓN	TIEMPO (h)	OBJETIVO	ACTIVIDADES	INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN	
INICIO Sánchez, De Pro y Valcarcel, 1997	Exploración inicial	1	2	Reconocer características de los seres vivos	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de Cuestionario A • Características de seres vivos • Concepto de microorganismo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cuestionario A (modelos iniciales) 	
	Introducción de nuevos puntos de vista	2	2.5	Identificar características de los microorganismos y que hay distintos tipos	<ul style="list-style-type: none"> • Características de mohos, de manera macro (observación con lupa) • Características de mohos, de manera micro (observación con microscopio) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Registro de observación ▪ Instrumento POE 	
		3	1	Reconocer características de los mohos	<ul style="list-style-type: none"> • Características de algunos hongos microscópicos • Observación de video 	-	
	CONSTRUCCIÓN DE IDEAS Sanmartí, 2002	Introducción de nuevos puntos de vista y Síntesis	4	3.5	Asociar al moho como causante de la descomposición biológica de los alimentos	<ul style="list-style-type: none"> • Nutrición del moho • El moho como causante de la descomposición biológica de alimentos • Identificar las condiciones que un moho necesita para crecer 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Condiciones
		Síntesis	5	1.5	Reconocer el papel de los mohos en el ecosistema	<ul style="list-style-type: none"> • Distinguir situaciones que presenten el fenómeno de la descomposición de alimentos (videos) • Identificar la red alimentaria de una composta. Relación del moho con el ecosistema 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelos intermedios
	APLICACIÓN Y REVISIÓN Sánchez, De Pro y Valcarcel, 1997; Driver y Oldam, 1986	Aplicación y generalización	6	4	Distinguir que un alimento deteriorado puede utilizarse como nutriente para las plantas, previa participación de organismos descomponedores	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de los elementos de una composta, libro de texto de Ciencias Naturales (3er año de primaria) • Elaborar composta • Aplicación de Cuestionario B 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelo explicativo del FDAM, relacionado con el CM ▪ Cuestionario B (modelos alcanzados)

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

INTRODUCCIÓN

En el Capítulo 4, se construyó el MCEA que sirvió de base para el diseño de la SD, que incluyó actividades de aprendizaje a fin de favorecer la explicación del fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos, mediante un proceso de modelización, por parte de los estudiantes de 4^o grado de primaria.

En este capítulo, recopilaré y analizaré los datos obtenidos de la aplicación de la SD con base en los componentes del MCEA, a fin de identificar los modelos a los cuales arribaron los estudiantes.

Antes de presentar el análisis, abordaré, de manera general, las adecuaciones que se hicieron a la SD, gracias al pilotaje realizado, esto con la finalidad de comprender la estructura final de la SD y poder contextualizar de alguna manera, los resultados obtenidos del análisis.

5.1 ADECUACIONES REALIZADAS A LA SD, DE ACUERDO AL PILOTAJE

Algunos de los elementos que se modificaron durante el pilotaje de la SD, fueron:

- Las preguntas incluidas en los instrumentos (Cuestionario A, modelos iniciales; Cuestionario B, modelos alcanzados; Modelos intermedios y; Fenómeno de la descomposición de alimentos, relacionado con el ciclo de la materia), ya que algunas de ellas no eran del todo claras para los estudiantes;
- Algunas de las actividades propuestas, por no cumplir con los objetivos planteados en la sesión;
- La secuenciación de las actividades, debido a que algunas de ellas estaban en una etapa de introducción de nuevos puntos de vista, cuando ya eran actividades de síntesis;

- El MCEA, por no incluir una parte fundamental del fenómeno de la descomposición de alimentos, que fue la nutrición de los mohos;
- Los recursos utilizados en cada una de las sesiones, que al final, se modificaron o eliminaron.

Parte importante del pilotaje fue identificar las inconsistencias en los elementos antes presentados, pues me permitieron tener un panorama de los errores que evitaría en su totalidad, en la aplicación de la SD.

Durante mayo de 2018 realicé el pilotaje, cabe mencionar que hubo varias actividades festivas que se atravesaron y que influyeron en mi pilotaje, debido a que no pude llevar de manera continua las actividades propuestas, por ejemplo, los ensayos que tenían que realizar los estudiantes para sus festividades, las actividades deportivas que ya tenía planeada la escuela para ese mes, los descansos obligatorios de los profesores y la participación a concursos estatales de algunos de los alumnos.

El pilotaje me permitió confirmar que no todo aquello que se planea, se lleva a cabo en el salón de clases, pues influye el contexto escolar e institucional, la apertura que tengan los alumnos por aprender y las relaciones que tengan con sus demás compañeros para trabajar en equipos y colaborativamente. Todo ello, aunado al rol del profesor que interviene significativamente en sus actividades.

5.2 GENERALIDADES SOBRE LA APLICACIÓN DE LA SD

En cuanto a la aplicación de la secuencia didáctica, se llevó a cabo en 6 sesiones, con un total de 14.5 horas, durante el mes de junio de 2018.

No está de más comentar que el profesor ya había revisado con el grupo, durante el mes de enero de ese mismo año, el tema de seres vivos: los hongos y las bacterias. Uno de los aprendizajes esperados fue que los estudiantes identificaran características entre los hongos y las bacterias que permiten clasificarlos como seres vivos.

5.3 RUTA DE ANÁLISIS

Para el análisis de los datos, definí una manera práctica de hacerlo, primero, consideré las fases en las que llevé a cabo la secuencia didáctica, que fueron tres: inicial, construcción de ideas y aplicación y, revisión, a fin de tomar los modelos explicativos que se fueron construyendo en cada una de estas fases.

Asimismo, de los instrumentos que se aplicaron, retomé concretamente: el **Cuestionario A (modelos iniciales)** que pedí que contestaran los estudiantes, al inicio de la sesión 1; el **Cuestionario B (modelos alcanzados)** que realizaron al final de la sesión 6; así como el instrumento de **Modelos intermedios**. De igual manera, consideré, tres instrumentos más para complementar los modelos que construyeron los estudiantes, titulados: “**Fenómeno de la descomposición de alimentos**”; “**Nutrición del moho**” y; “**Fenómeno de la descomposición de alimentos, relacionado con el ciclo de la materia**”.

Esta selección de instrumentos fue hecha, después de una revisión general de todos los que se aplicaron a los estudiantes y de distinguir aquellos que nos proporcionarían resultados acordes con el objeto de estudio.

De los instrumentos (*Cuestionario A (modelos iniciales)* y Fenómeno de la Descomposición de Alimentos) aplicados en la fase inicial, inferí los modelos cognitivos iniciales de los estudiantes acerca del:

- Modelo de Ser Vivo
- Modelo del fenómeno de la descomposición de alimentos

Así como identificar si los estudiantes tienen hábitos de reciclaje, especialmente conocer si reciclan residuos orgánicos. Si esto es así, identificar por qué o para qué lo hacen.

Del instrumento titulado “**Modelos Intermedios**”, que apliqué en la fase de construcción de ideas, inferí los modelos logrados hasta ese momento. Adicional a ello, lo complementé con el instrumento de Nutrición del moho, a fin de triangular la

información que se me presenta y poder obtener un mejor análisis de los resultados y de los modelos alcanzados en esta fase. Aquí, centré mi interés en dos aspectos:

- Modelo de nutrición del moho
- Modelo del Fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos

En esta fase, realicé una comparación: con su modelo inicial y su modelo intermedio, a fin de distinguir las transformaciones que se dieron; y con el MCEA, para dar cuenta de los componentes identificados en esta fase y de analizar el alcance logrado por parte de los alumnos.

Del tercer instrumento *Cuestionario B (modelos alcanzados)*, que se aplicó en la fase de Aplicación y revisión, inferí los modelos científicos escolares logrados por los estudiantes, con el propósito de identificar su toma de conciencia del modelo que construyeron; luego, lo compararé con sus modelos intermedios e iniciales para contrastar las diferencias que hubo en cada uno de ellos, así como examinar el alcance logrado de dicho modelo, en comparación con el MCEA, a fin de dar cuenta de los componentes que lograron incorporar en este fenómeno. En esta etapa me centraré en:

- Modelo del fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos logrado

De igual manera, analizaré la aplicación del modelo construido, en una situación distinta, a fin de averiguar si lograron transferir su modelo a otros contextos, situaciones o problemáticas, el cual fue:

- Modelo del fenómeno de la descomposición de alimentos en relación con el ciclo de la materia

El modelo relacionado con el ciclo de la materia, será comparado sólo con el MCEA, sobre todo, los aspectos que tienen que ver con las reglas de inferencia para dar cuenta si los estudiantes lograron explicar y predecir el fenómeno.

Vale la pena acotar que el MCEA es mi hipótesis directriz para identificar cuáles fueron los modelos alcanzados por los estudiantes. Y como tal, lo constituyen

entidades, propiedades, relaciones, reglas de inferencia y condiciones. (Ver más en Capítulo 4).

Como tal, tomaré estos componentes del MCEA, como categorías que identificaré en los modelos construidos por los alumnos, y en cada una de las fases de la secuencia didáctica.

Por otro lado, consideré lo que postulan Rodríguez, et al, (2005), Hernández, et al (2010) y Erickson (2012) para elaborar mi ruta de análisis:

- Recolectar los datos obtenidos, organizarlos: de forma cronológica de acuerdo a la sesión en la que se habían realizado; por tipo de datos: visuales (dibujos), auditivos (grabaciones de audio y video), textos escritos (cuestionarios, documentos) y expresiones verbales (narraciones del investigador); por participante (individual) y equipos; y en algunos casos, preparar los datos, como las transcripciones de algunos videos.
- Vaciar la información de los datos obtenidos a un archivo de Excel.
- Organizar las respuestas de los alumnos, con base en las categorías de análisis planteadas en cada una de las preguntas que se realizaron en el: *Cuestionario A (modelos iniciales)* y *Cuestionario B (modelos alcanzados)*.
- Estructurar las respuestas dadas por los estudiantes, de acuerdo a las categorías establecidas y respecto a los componentes del MCEA; después, ubicar los patrones que se generaron de las respuestas y que no se mencionaron en las categorías anteriores, a fin de situarlas como categorías emergentes.
- Codificar las preguntas abiertas: cantidad de cuestionarios, observar la frecuencia con que aparecen palabras de cada respuesta a determinadas preguntas, elegir respuestas que se presentan con mayor frecuencia (patrones generales de respuesta), clasificar las respuestas elegidas en temas, aspectos o rubros, de acuerdo a las categorías analíticas preestablecidas y emergentes, darle un nombre o título a cada tema, asignarle un código a cada patrón general de respuesta y reducir o agrupar

categorías por el número de frecuencia (recomendable considerar las que tengan el mayor número).

- Reducir los datos al separar, en este caso, las categorías (o unidades de contenido, como lo llaman sus autores), identificarlas, clasificarlas, sintetizarlas y agruparlas.
- Transformar los datos para mayor agilidad en su lectura, mediante gráficos, diagramas o matrices.
- Definir, en algunos casos, las categorías emergentes de las respuestas a las preguntas abiertas.
- Revisar los datos obtenidos para tener una primera impresión de lo que se obtuvo.
- Reflexionar acerca del contexto en el que se realizó la SD: conocimientos generales de los estudiantes, tema visto previamente, trabajo colaborativo, rol del profesor en el salón de clases y las normas institucionales, además de las impresiones, percepciones y mi experiencia, que ayudarán a contextualizar los resultados obtenidos.
- Inferir, comparar y contrastar los modelos construidos por los estudiantes de 4° grado de primaria.
- Hacer un proceso de comparación recurrente y progresiva de datos relevantes. A partir de ello, llegar progresivamente a nuevos puntos de vista, en donde los datos muestren patrones de covariación entre los conjuntos parcialmente ordenados de personas, acciones y opiniones.
- Obtener los resultados y verificar las conclusiones, que implica el uso de metáforas y analogías y, la inclusión de fragmentos narrativos, así como mis interpretaciones, y si es posible, la de otros agentes relacionados con esta investigación.

Enseguida, hago una síntesis de mi ruta de análisis, en la Figura 10:

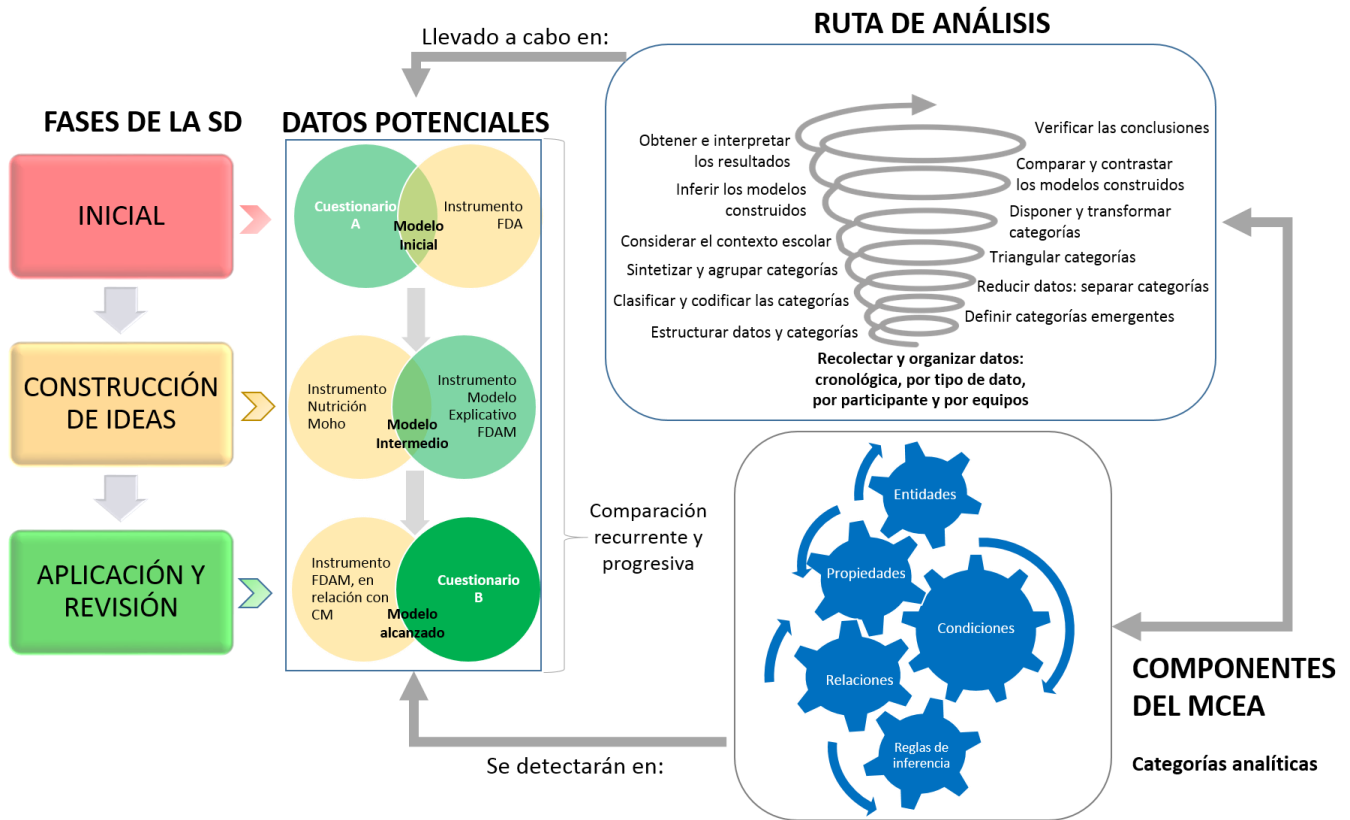


Figura 10. Ruta para analizar los resultados de la aplicación de la secuencia didáctica sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos, por mohos, basado en la modelización. Elaboración propia.

5.4 RESULTADOS OBTENIDOS POR PREGUNTA Y SU ANÁLISIS

A partir de los instrumentos aplicados y de la ruta de análisis explicada en la Figura 11, mostraré los resultados que obtuve en cada uno de ellos, para dar cuenta de los modelos iniciales, intermedios y alcanzados por los estudiantes, de acuerdo al MCEA postulado, acerca del fenómeno de la descomposición de los alimentos por mohos.

Se utilizó el mismo instrumento antes y después de la intervención, por lo que analicé a la par, los resultados que obtuve del *Cuestionario A (modelos iniciales)* y los compararé con los resultados del *Cuestionario B (modelos alcanzados)*. A su vez, integraré los resultados del instrumento *Modelo fenómeno de la*

descomposición de alimentos, con los del instrumento *Modelo explicativo intermedio fenómeno de la descomposición de los alimentos*, a los resultados de la pregunta 7 del *Cuestionario A y B*, así como los resultados del Instrumento *Nutrición del Moho*, puesto que en esta pregunta los estudiantes inferirán lo que es dicho fenómeno.

Para finalizar, complementaré con los resultados que obtuve del instrumento *Modelo del fenómeno de la descomposición de alimentos en relación con el ciclo de la materia*, para indagar si lograron transferir su modelo a otros contextos, situaciones o problemáticas.

5.4.1 Fase Inicial, de construcción de ideas y de aplicación y revisión

Los instrumentos antes mencionados, se aplicaron en distintas fases de la SD, por lo que en las líneas siguientes, me centraré en el *Cuestionario A (Modelos Iniciales)* y el *Cuestionario B (Modelos Alcanzados)* e integraré los demás instrumentos en algunas de las preguntas esbozadas en ambos cuestionarios para complementar y triangular las respuestas de los estudiantes.

El *Cuestionario A (Modelos Iniciales)* y el *Cuestionario B (Modelos Alcanzados)*, constaron de 11 preguntas (Anexo 1 y Anexo 2 respectivamente. *Todos los anexos aparecen al final de este documento*). El primero fue aplicado a 37 estudiantes (22 niñas y 15 niños), de los 38 que son (al inicio de la sesión) debido a que no asistió una alumna ese día; el segundo, fue aplicado a 34 estudiantes (21 niñas y 13 niños), de los 38 que son.

A continuación, presento el objetivo de cada pregunta, las categorías de análisis que establecí para cada una, así como un cuadro con los datos obtenidos.

La **primera pregunta** fue cerrada y de opción múltiple. Se decidió así porque no es la finalidad de esta investigación profundizar con los estudiantes, en el *Modelo de Ser Vivo*, más bien, conocer, de manera general, los referentes que tienen acerca de, y proponer actividades de aprendizaje acordes a ello, a fin de aclarar algunas de sus dudas. Esto debido a que una de las entidades que participa en el fenómeno propuesto, son los mohos, que son seres vivos microscópicos. El objetivo de la

pregunta fue que los estudiantes reconocieran a un ser vivo; y que fueran capaces de diferenciarlo de aquellos que no lo son. La **categoría** de análisis a identificar fue la de **Ser Vivo**.

Pregunta 1

Observa las imágenes detenidamente. Enseguida, con tu lápiz, marca con una X a los que consideres que son seres vivos. Imágenes que visualizaron: gato, vaso de cristal, árbol, piedra, bebé y lombriz.

Las respuestas obtenidas, se visualizan en la Tabla 19:

Cantidad de imágenes marcadas por los estudiantes, mostradas en la pregunta 1				
Imagen	Del Cuestionario A, Modelos Iniciales (N=37)		Del Cuestionario B, Modelos Alcanzados (N=34)	
Gato	36/37	97%	33/34	97%
Vaso de cristal	1/37	2.7%	0/34	0%
Árbol	22/37	59%	27/34	79%
Piedra	1/37	2.7%	1/34	2.7%
Bebé	36/37	97%	34/34	100%
Lombriz	33/37	89%	27/34	79%

Tabla 19. Respuestas obtenidas de los estudiantes que marcaron alguna imagen de la pregunta 1, del *Cuestionario A, Modelos Iniciales* y del *Cuestionario B, Modelos Alcanzados*. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, en ambos cuestionarios, la gran mayoría, marcó las imágenes de: gato, bebé y lombriz, por lo que se puede decir, que tienen nociones generales de lo que es un ser vivo. En el caso de la imagen del árbol, específicamente, en el *Cuestionario A*, fue marcada por el 59% de los estudiantes. Supongo, con base en la literatura, que no lo reconocen como ser vivo, debido a que piensan que no se mueve, no come o no respira. Lo cual afirman Galán y Martín (2013), al decir que cuando el alumnado utiliza los criterios “animal” y “planta” para clasificar la materia viva, lo justifican asociándolos mayoritariamente al “movimiento” (o a su ausencia); o bien, Caballer y Giménez (1992), quienes señalan que los estudiantes “no han interiorizado significativamente el concepto de ser vivo”, ni mucho menos sus funciones esenciales, como señala García (2005).

Ahora bien, los porcentajes de las imágenes marcadas del *Cuestionario B*, son muy similares al *Cuestionario A*. Sin embargo, hubo dos diferencias notables; una de ellas, fue en el porcentaje de veces que marcaron la lombriz, puesto que, en esta ronda, disminuyó en un 10%. En cambio, la imagen del árbol la marcaron el 79% de los estudiantes, 20% más, que en el *Cuestionario A*. Puedo deducir, que, concretamente, en el caso del árbol, las actividades propuestas, en equipos y de manera grupal, que integraron la SD, apoyaron para que más alumnos reconocieran al árbol, como un ser vivo.

La **pregunta 2**, complementa la pregunta anterior, respecto a la identificación de la categoría **Ser Vivo** y del **Modelo cognitivo inicial** que tienen los estudiantes sobre éste. El objetivo del ítem fue identificar las funciones básicas de los seres vivos, de acuerdo a García (2005): **nutrirse, reproducirse y relacionarse**, mismas que forman parte de las categorías de análisis, basadas en el MCEA.

Pregunta 2

¿Qué necesitan los seres vivos para vivir?

Los estudiantes no mencionaban las categorías, pero concernían con alguna de ellas, por ejemplo, en lugar de **Nutrición**, los estudiantes mencionaban: “*comida*”, “*agua*” o “*comida o alimento y tomar agua*”, o bien, “*tomar agua, comer y respirar*”, “*comida y oxígeno*” o “*aire y agua*”, éstas últimas relacionadas con el “intercambio de gases” como explica García (2005). Todas las maneje como subcategorías. Respecto a la categoría **Relación**, escribieron: “*salud o cuidarse*”, concerniente con el “sistema inmunitario” el cual también menciona García (2005, p.4), y que definen Campbell y Reece (2007), como aquello “que proporciona amplias defensas o defensas específicas contra las infecciones”; o bien, “refugio” relacionado con la “capacidad de responder a estímulos del medio, modificándolo, dentro de las limitaciones de lo que entendemos por adaptación” (García, 2005, p. 5).

Es oportuno agregar que algunos de los estudiantes, mencionaron palabras relacionadas con ambas categorías: **Nutrición** y **Relación**. En la Tabla 20 se

específica. Conviene subrayar que la categoría que no identifiqué en alguna de las respuestas, fue la de **Reproducción**.

En el *Cuestionario A*, las respuestas de un alumno eran poco legibles, por lo que no las considere en el análisis.

Tabla 20. Subcategorías obtenidas de los estudiantes acerca de las respuestas que dieron a la pregunta 2, del *Cuestionario A (modelos iniciales)* y del *Cuestionario B (modelos alcanzados)*. Fuente: Elaboración propia.

Subcategorías obtenidas de las respuestas que dieron los estudiantes a la pregunta 2						
Categoría	Cuestionario A, Modelos Iniciales			Cuestionario B, Modelos Alcanzados		
	Subcategorías	No. de respuestas identificadas (N=37)		Subcategorías	No. de respuestas identificadas (N=34)	
Nutrición	Comida	5/37	13.5%	Comida	7/34	20%
	Comida y tomar agua	10/37	27%	Comida y agua	5/34	14%
	Comida, tomar agua, aire u oxígeno o respirar o árbol	5/37	13.5%	Comida, agua y oxígeno, respirar o aire	6/34	17%
	Comida y aire u oxígeno o pasto	5/37	13.5%	Comida y oxígeno, respirar o aire	2/34	5%
	Comida y vida	3/37	8%	Agua	0/34	0%
	Agua y/o aire u oxígeno	5/37	13.5%	Agua y oxígeno, respirar o aire	4/34	11%
	Oxígeno	3/37	8%	Oxígeno, respirar o aire	9/34	26%
	Otro (árbol)	1/37	2%	Los árboles	1/34	2%
Relación	Refugio	4/37	11%	Refugio	1/34	2%
	Salud o cuidarse	6/37	16%	Sangre o luz solar	2/34	5%
	Un corazón	1/37	2%			
	No se relaciona	25/37	67.5%			
Nutrición y relación	Comida y salud o cuidarse	3/37	8%	Comida, agua y refugio	1/34	2%
	Comida, tomar agua, aire u oxígeno o respirar o árbol y refugio	4/37	11%			
	Oxígeno y salud o cuidarse	2/37	5%			
	Agua y salud o cuidarse	1/37	2%			
Reproducción	No se identificaron respuestas con esta categoría	-	-	No se identificaron respuestas con esta categoría	-	-

En el cuadro anterior, muestro 4 categorías identificadas, algunas de ellas cuentan con subcategorías. En el caso de la categoría **Nutrición**, del *Cuestionario A*, el 75% de los estudiantes respondió que se necesitaba *comida* para vivir; de éstos, el 53%, agregó que se necesitaba agua; y el 39% añadió que era necesario el aire o el oxígeno. Por otro lado, hubo un 21% de estudiantes que solo indicaron que el aire

era necesario para vivir; 13% de ellos, adicionaron que también el agua era ineludible. En comparación con las respuestas obtenidas del *Cuestionario B*: 56% de los estudiantes mencionaron 'comida', porcentaje menor que en el *Cuestionario A*; de estos mismos, el 31% adicionó el agua y el 22% agregó el oxígeno. Con relación al oxígeno, aire o respirar, 37% de los estudiantes precisaron que era necesario y el 11% de ellos, añadió el agua. Como se observa, aquí el porcentaje aumentó.

Hubo algunos estudiantes que escribieron *árbol o pasto*. Es probable que lo señalen porque en los libros de texto de la SEP (2011) hacen mención de ello, por ejemplo, en los de *Exploración de la Naturaleza y la Sociedad*, de primer grado, afirman que "Las plantas contribuyen a limpiar el aire" (p. 64); y en el de tercer grado, indican que "Las plantas almacenan el alimento que producen y liberan energía y oxígeno, que otros seres vivos utilizan para su respiración" (p. 54). Por ende, que indiquen árbol o pasto, dan por hecho que uno sabe que da oxígeno, necesario para poder vivir, aunque no sepan cómo explicar ese proceso.

Respecto a la categoría **Relación**, en el *Cuestionario A*, algunos estudiantes escribieron palabras correspondientes con ella, por ejemplo, el 11% (4/37) de los alumnos, indicaron "*refugio*"; el 16% (6/37) de ellos, escribieron "*salud o cuidarse*"; o bien, "*un corazón*". En párrafos anteriores, expliqué por qué estas palabras conciernen con esta categoría. En cambio, en el *Cuestionario B*, solo un 2% (1/37) de estudiantes mencionó "*refugio*" y hubo dos casos que escribieron palabras que no se relacionaron con esta categoría, por ejemplo "*sangre*" o "*luz solar*". Es probable, que las actividades propuestas, hayan influido para que se diera este resultado, debido a que estuvieron más centradas en la nutrición del moho.

Por otro lado, en el *Cuestionario A*, el 26% de los estudiantes escribieron palabras relacionadas con dos categorías distintas: **Nutrición y Relación**, ya sea que fuese "*comida y salud*"; "*comida, tomar agua y refugio*"; entre otras. Mientras que, en el *Cuestionario B*, solo una persona fue la que los mencionó.

Respecto a la categoría **Reproducción**, en ambos cuestionarios (A y B), ninguna de las respuestas se relacionó con la misma. Conviene subrayar que en un estudio

realizado por Reyes y López (2009), cuyo objetivo era la transformación de las ideas previas de los alumnos de educación preescolar sobre ser vivo, a través de la aplicación de una secuencia didáctica, a niños de 5 años de edad, tampoco mencionaron al inicio de ésta, criterios de reproducción, crecimiento, alimentación, respiración, muerte y relación.

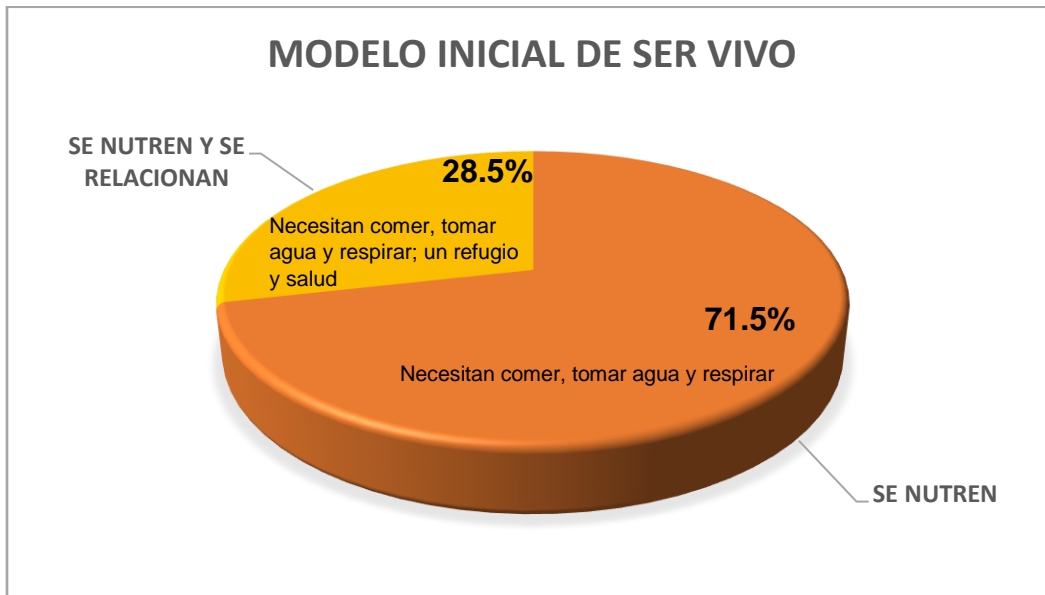
Con las respuestas de ambas preguntas (1 y 2) y, únicamente, considerando los resultados del *Cuestionario A*, puedo inferir el modelo inicial de Ser Vivo que tienen los estudiantes de 4º grado de primaria. Esto, con la intención de tener un referente de lo que ellos pensaban al respecto y poder dirigir las actividades en función de ello. Huelga decir que uno de los actores principales en el fenómeno de la descomposición de alimentos, es el moho, que es un microorganismo, perteneciente al reino fungi y es un ser vivo. Pero al ser tan pequeño, es difícil explicar su existencia en este mundo, y más para estudiantes entre 9 y 10 años de edad, ya que, en un estudio de investigación realizado por Díaz, et al, (1996), demostraron que de 140 estudiantes, un tercio de ellos, afirmó que los microorganismos no son seres vivos.

Su modelo de Ser Vivo, cumple con dos funciones básicas: que se nutren (comen, beben agua y respiran) y se relacionan con su entorno (refugio y salud). No obstante, habría que preguntarles lo que para ellos significa nutrirse, pues, como se muestra en la Tabla 20, algunos estudiantes dijeron que sólo comen y otros que sólo toman agua. Además de profundizar en lo que para ellos significa respirar.

Por otra parte, en las imágenes que se les presentaron en la pregunta 1, casi todo el grupo (97%) marcó al bebé y al gato. La lombriz fue marcada por el 86% de los alumnos. Lo anterior, es congruente con lo señalado por Wood-Robinson (1994), en Galán y Martín (2013), pues mencionan que “es de esperar que tengan una idea prototípica de lo que es “animal” y que lo que “no [es] animal” lo asocien mayoritariamente a la falta de movimiento, e incluso la ausencia de funciones vitales para el concepto planta”.

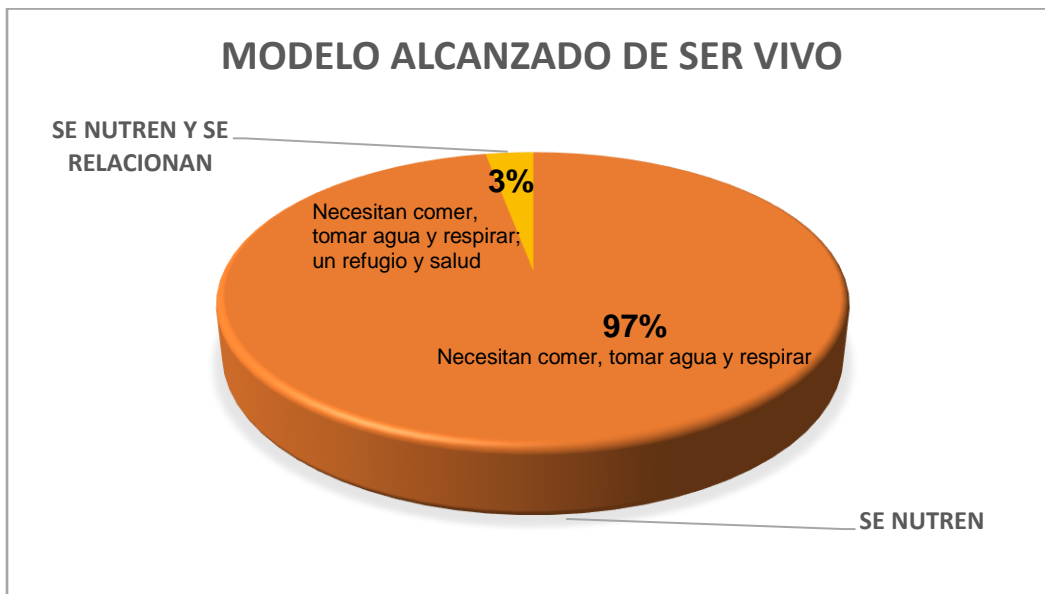
Con esto en mente, deduzco que su modelo tiene los componentes que se observan en la Figura 11:

Figura 11. Modelo Cognitivo Inicial de Ser Vivo, de una población de estudiantes de 4º grado de primaria.



A diferencia del modelo de Ser Vivo alcanzado por los estudiantes, basado en las respuestas de las preguntas 1 y 2 y, comparado con su modelo inicial, puedo decir que solo cumple con una función básica, que fue la de nutrición. Ver Figura 12.

Figura 12. Modelo Cognitivo Alcanzado de Ser Vivo, de una población de estudiantes de 4º grado de primaria.



Con relación a la **pregunta 3**, su objetivo fue identificar si el estudiante reconocía a un microorganismo, que lo describiera y que lo dibujara. La **categoría** de análisis fue ***Propiedades de los microorganismos***.

Aquí se les pidió a los estudiantes que dibujaran un microorganismo, por lo que es oportuno agregar que “las representaciones mediante el dibujo se muestran como un instrumento didáctico de gran potencial. Dibujar es una actividad altamente gratificante que los ayuda a conectarse con el entorno (Sáinz, 2006). Los niños, desde muy temprana edad, utilizan el dibujo para comunicarse, generándose un clima de confianza en el que se sienten más seguros (Brooks, 2005; Goodnow, 2001) y que se convierte en idóneo para representar conceptos científicos (Faccio et al., 2013)” Ballesteros, Paños y Ruiz-Gallardo, (2018, p. 81).

Pregunta 3

¿Has escuchado hablar de los microorganismos?, ¿sabes cómo son? Dibuja uno.

En sus respuestas, quise identificar las propiedades de algunos de los microorganismos llamados mohos y que componen el MCEA, no obstante, en la fase inicial, no ubiqué la gran mayoría de lo que las caracteriza. En cambio, posterior a la fase de aplicación, si identifiqué algunas, tal como se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21. Respuestas de los estudiantes sobre las propiedades de los microorganismos, del *Cuestionario A (modelos iniciales)* y del *Cuestionario B (modelos alcanzados)*. Fuente: Elaboración propia.

Respuestas identificadas de la categoría: propiedades de los microorganismos					
Categoría	Subcategorías	Cuestionario A, Modelos Iniciales		Cuestionario B, Modelos Alcanzados	
		No. de respuestas identificadas (N=37)		No. de respuestas identificadas (N=34)	
Propiedades de los microorganismos	Tamaño microscópico	3/37	8%	1/34	2%
	Filamentosos y ramificados	0/37	0%	26/34	76%
	Reproducción por esporas	0/37	0%	21/34	61%
	Forman densas poblaciones	0/37	0%	0/34	0%
	Absorben nutrientes	0/37	0%	0/34	0%
	La mayoría son aeróbicos	0/37	0%	0/34	0%
	Desintegran la materia	0/37	0%	0/34	0%
	Viven en lugares con condiciones óptimas	0/37	0%	0/34	0%

Como se aprecia en la Tabla 21, respecto a los resultados del *Cuestionario A*, hubo tres respuestas que me parecieron interesantes, debido a que en ellas especificaban que era algo muy “chiquito”. La respuesta de uno de ellos fue: “*son seres chiquititos que están en la panza*”; no obstante, no mencionaron algún punto de comparación. En el *Cuestionario B* pasó lo mismo solo una estudiante comentó “*...son muy chiquitos*”, que, aunque su respuesta la ubiqué en la subcategoría de tamaño microscópico, no hizo referencia a un animal u objeto para poder compararlo. Aquí, la mayoría de los estudiantes, dibujaron la forma de un moho, parecido al *Aspergillus spp*, *Penicillium spp* o *Rhizopus*. Por lo que clasifiqué sus respuestas en la subcategoría correspondiente. Conviene subrayar, que si bien, los estudiantes no hablaron de reproducción, mencionaron la palabra “esporas”, que sirven para que el moho se reproduzca y colonice el alimento.

De los dibujos que elaboraron, resalto las formas que utilizaron para plasmar cómo imaginan o saben qué o cómo son los microorganismos, y en especial, los mohos. Ver Tabla 22.

Tabla 22. Figuras que se identificaron en las respuestas de los estudiantes, al pedirles que dibujaran un microorganismo, del *Cuestionario A, Modelos Iniciales* y del *Cuestionario B, Modelos Alcanzados*. Fuente: Elaboración propia.

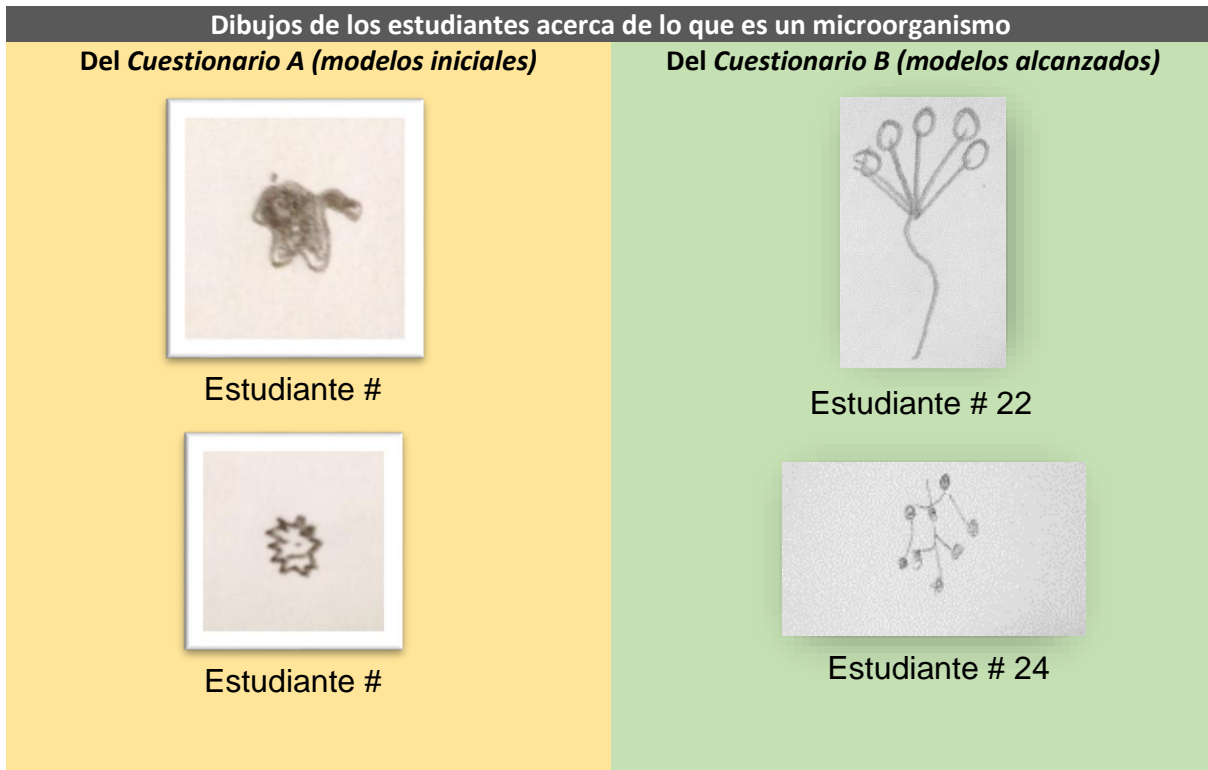
Figuras o formas identificadas en los dibujos que elaboraron los estudiantes sobre cómo son los microorganismos					
<i>Cuestionario A, Modelos Iniciales</i>			<i>Cuestionario B, Modelos Alcanzados</i>		
Descripción	No. de respuestas identificadas (N=37)		Descripción	No. de respuestas identificadas (N=34)	
Figuras abstractas, que podrían ser parecidas a microorganismos	2/37	5%	Moho (hifas, conidióforos y/o esporas)	21/34	61%
			Moho más fiálides	5/34	14%
Figura redondas u ovaladas	13/37	35%	Figuras ovaladas con rayas alrededor o rectangulares	4/34	11%
Lombriz o gusano	11/37	29%	Lombriz o gusano	2/34	5%
Figura de un estómago	3/37	8%	Figura de unos pulmones	1/34	2%
Figuras varias (triángulo, cara de conejo, cruz, corazón)	4/37	10%	-	-	-
No dibujaron algo	4/37	10%	No dibujaron algo	1/34	2%

En la tabla anterior, se puede notar que, respecto a lo que dibujaron los estudiantes, en el *Cuestionario A*, el 35% de ellos pensaba que un microorganismo tenía una forma ovalada o redonda; un 29% pensaban que tenía la forma de una lombriz o gusano. Lo característico, es que pocas de estas figuras tenían rayitas alrededor (como si fueran sus patitas, manitas o algo parecido). El 8% de los estudiantes dibujaron algo parecido a un estómago. Es probable que sus ideas estén influidas por lo que ven en TV y piensen que los microorganismos viven ahí, como lo señala Tannock (1999) "...estudiantes que a menudo hacen referencias explícitas a anuncios televisivos de yogures y fermentos. Por ejemplo, "Actimel", un derivado de la leche rico en bacterias probióticas, ocupa un lugar central gracias a las imágenes (el producto se compara con un soldado de juguete) y los mensajes transmitidos ("refuerza las bacterias buenas en nuestros intestinos y sostiene su lucha contra agresores", "ayuda a proteger nuestros cuerpos"; "refuerza el sistema inmunitario") lo que lleva a interpretaciones tendenciosas del conocimiento actual..." (Bandiera, 2007, p. 219).

En comparación con los resultados del *Cuestionario B*, se aprecia que la mayoría de los alumnos (75%) dibujó características relevantes de los mohos, desde las hifas, hasta las fiálides. Es muy probable que no tengan presente el nombre de cada una de las partes de los mohos, puesto que la mayoría no los nombró, no obstante, es muy satisfactorio ver que disminuyó el número de estudiantes que dibujó figuras redondas, ovaladas con rayas, lombrices o gusanos.

En cuanto a las figuras, hubo ejemplos característicos de lo que, para ellos y ellas, es un microorganismo. En los dibujos del *Cuestionario A*, se puede valorar que desconocen cómo son estos seres vivos. En el Cuadro 1, se muestra algo similar a una estrella y algo parecido a una mosca, por lo que siguen una lógica muy particular, al hacerlos de tamaño pequeño. En cambio, en los dibujos del *Cuestionario B*, se aprecian ya, figuras muy parecidas a los mohos.

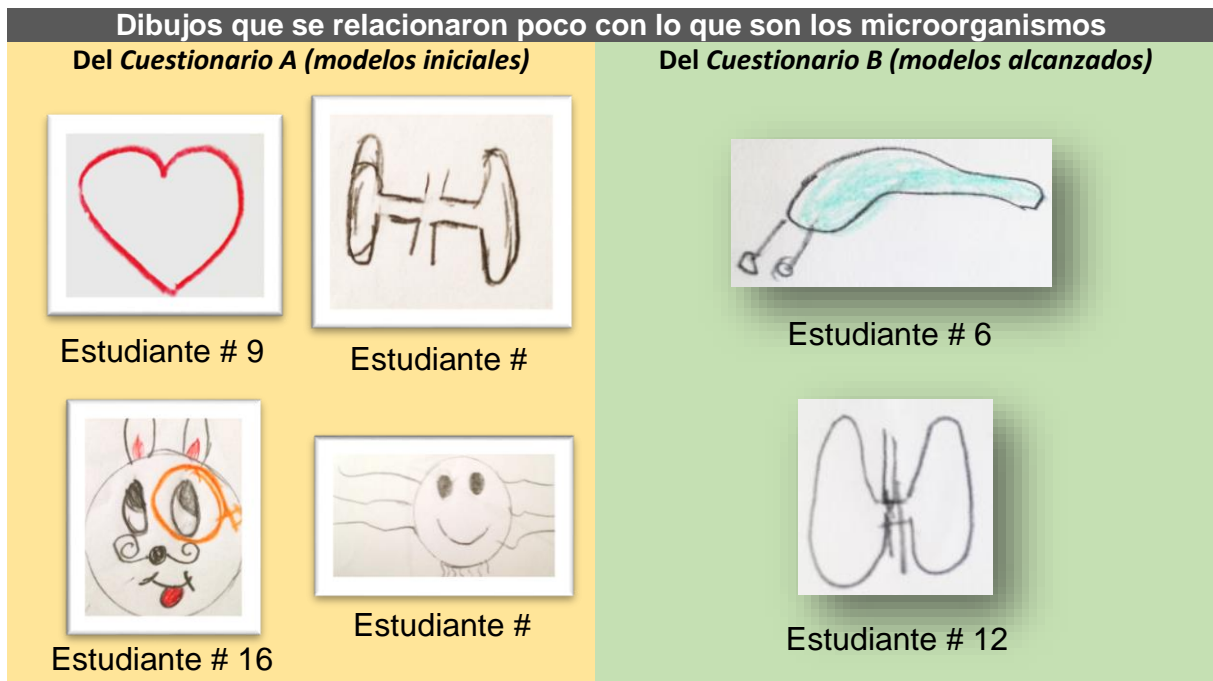
Cuadro 1. Dibujos de los estudiantes, de lo que para ellos es un microorganismo, del *Cuestionario A, Modelos Iniciales* y del *Cuestionario B, Modelos Alcanzados*. Fuente: Elaboración propia.



Como se observa, en el caso de los estudiantes #22 y #24, es evidente la transformación de sus modelos iniciales, en comparación con sus modelos alcanzados, debido a que sus dibujos representan características muy específicas de cómo son los microorganismos, concretamente, los mohos.

Existieron otros casos, en ambos cuestionarios, en los cuales los dibujos de los estudiantes se relacionaron muy poco con lo que son los microorganismos, como aquellos que dibujaron un sol, una cara de conejo, una cruz, un corazón, unos pulmones o algo parecido a un gusano con pocas o muchas patitas (ver Cuadro 2).

Cuadro 2. Dibujos de los estudiantes que se relacionaron muy poco, con lo que eran los microorganismos, del *Cuestionario A, Modelos Iniciales* y del *Cuestionario B, Modelos Alcanzados*. Fuente: Elaboración propia.



Respecto a la **pregunta 4**, su objetivo era explorar si los estudiantes reconocían las condiciones ambientales necesarias para que los microorganismos colonicen un lugar. Las categorías de análisis a ubicar, fueron: **Condiciones para que se desarrolle o crezca un microorganismo** y **Relación moho-alimento**.

Pregunta 4

¿Dónde crees que vive el microorganismo que dibujaste?, y ¿por qué crees que vive ahí?

La primera categoría, está dividida en dos partes: en la Tabla 23, muestro los lugares que comúnmente mencionaron los estudiantes, en donde creen que viven los microorganismos, y a su vez, los agrupo, a fin de generalizar sus respuestas; en la Tabla 24, analizo las respuestas que dieron del por qué creen que viven ahí, a fin de identificar las condiciones para que los microorganismos crezcan.

Tabla 23. Respuestas que escribieron los estudiantes, acerca del lugar en donde viven los microorganismos que dibujaron, del *Cuestionario A, Modelos Iniciales* y *Cuestionario B, Modelos Alcanzados*. Parte 1. Fuente: Elaboración propia.

Lugares que identifican los estudiantes que viven los microorganismos						
Categoría	Cuestionario A (modelos iniciales)			Cuestionario B (modelos alcanzados)		
	Subcategoría (Lugar)	No. de respuestas identificadas (N=37)		Subcategoría (Lugar)	No. de respuestas identificadas (N=34)	
Condiciones para que se desarrolle o crezca un microorganismo	Cuerpo	4/37	11%	En nuestro cuerpo	1/34	3%
	Panza y/o estómago	14/37	38%	-	-	-
	Cabeza	2/37	5%	-	-	-
	En seres vivos	1/37	3%	En los mohos y bacterias	2/34	6%
	Alimentos	3/37	8%	Alimentos y/o comida	18/34	52%
	En la tierra	2/37	5%	En la tierra o piso	3/34	9%
	En lo sucio o basureros	1/37	3%	En lo podrido o descompuesto	2/34	6%
	En las casas	1/37	3%	En el bosque	1/34	3%
	No saben	4/37	11%	-	-	-
	No respondieron algo	2/37	5%	No respondieron algo	4/34	12%
Incodificable	3/37	8%	Incodificable	3/34	9%	

Al comparar sus respuestas, hay una diferencia notable en dos aspectos: el primero, relacionado con los estudiantes que pensaban que vivían en el cuerpo, ya que, en el *Cuestionario A*, hubo un 57% de los estudiantes que lo dijeron, sin embargo, la cifra disminuyó en los resultados del *Cuestionario B*, en un 9%; el segundo, con aquellos alumnos que pensaban que vivían en los alimentos, pues en el *Cuestionario A*, sólo el 8% lo comentó, mientras, que en el *Cuestionario B*, la cifra aumentó al 52%.

Destaco la subcategoría *Alimentos*, pues es interesante ver que en el *Cuestionario A*, hubo 3/37 estudiantes que lo comentaron en su respuesta; dos de ellas dijeron que vivían en “*frutas y verduras*”; y la otra escribió: “*en los alimentos, como carne es un parásito que se debe de cocinar si no nos va a ser daño*”. Hago una acotación, debido a que una **categoría** de análisis que tenía que identificar y que no pensé que la encontraría, fue la **relación entre Moho-alimento**. Por lo cual, infiero que las estudiantes, si bien, no sabían de manera precisa cómo se podían relacionar, sí sabían que pueden estar presentes en los alimentos, pero de qué manera o por qué, hasta ese momento, aún no lo sabían. Ya en los resultados del *Cuestionario B*, se muestra que sí se lograron transformar las ideas que tenían.

Otra de las respuestas mencionadas en ambos cuestionarios por los estudiantes acerca de sus ideas previas, fue lo ya citado por Ero-Tolliver, Lucas y Schauble (2013) y Rozo, (2011), que los microorganismos vivían o viven en la tierra y en lo sucio o basureros; aunque en este caso, de los 37 estudiantes, sólo hubo tres alumnas que pensaron en ello.

En cuanto a la **categoría** de análisis acerca de las **condiciones para que se desarrolle o crezca un microorganismo**, la subcategoricé en cuatro, que fueron: temperatura, humedad, tiempo y dañado o frágil en su superficie. Pretendí ubicarlos en la pregunta ¿por qué crees que viven ahí?, sin embargo, al hacer el análisis de las respuestas, detecté que en el *Cuestionario A*, sólo 15 alumnos la habían contestado, y de las respuestas, no detecté indicios o palabras que se relacionaran con las subcategorías. Paralelamente, ocurrió lo mismo en el *Cuestionario B*, no identifiqué las subcategorías establecidas. Por lo tanto, en ambos casos, cree otra categoría titulada Otro, a fin de plasmar las respuestas que dieron.

Tabla 24. Condiciones que se identificaron, acerca del por qué los microorganismos viven en los lugares que propusieron, del *Cuestionario A, Modelos Iniciales* y *Cuestionario B, Modelos Alcanzados*. Parte 2. Elaboración propia.

Categoría	¿Por qué crees que vive ahí?						
	Cuestionario A (modelos iniciales)			Cuestionario B (modelos alcanzados)			
	Subcategoría	No. de respuestas identificadas (N=37)		Subcategoría	No. de respuestas identificadas (N=34)		
Condiciones para que se desarrolle o crezca un microorganismo	Temperatura, humedad, tiempo y dañado o frágil	-	-	Temperatura, humedad, tiempo y dañado o frágil	-	-	
	Otro	Se alimenta	5/37	13%	Se alimentan, tienen nutrientes	10/34	29%
		Es un ser vivo (bicho o microbio)	4/37	10%	No respondieron por qué viven ahí	11/34	32%
		Para respirar o vivir	2/37	5%	No se relaciona	3/34	8%
		Prevenir enfermedades	1/37	2%			
		Incodificable	3/37	8%	Incodificable	4/34	11%

Como se observa, en el *Cuestionario A*, algunas de las respuestas de los estudiantes (13%) fueron que, porque de ahí se alimenta, o bien, para poder vivir o prevenir enfermedades. Mientras que, en el *Cuestionario B*, al hacer la comparación con los datos de la Tabla 23, un 52% de los estudiantes dijeron que vivían en los alimentos, y solo un 29% de ellos expresaron que de ahí se alimentan porque tienen nutrientes. El 32% no respondió el por qué.

Conviene subrayar que, al hacer la comparación entre ambos cuestionarios, la cantidad de alumnos que dijeron que el microorganismo vive ahí, porque de ahí se alimenta, aumentó en un 16% en el *Cuestionario B*.

En cuanto a la **pregunta 5**, su objetivo fue identificar si los alumnos reconocían la función de nutrición en los microorganismos, así como distinguir las **categorías** analíticas: **Ser vivo, función nutrición**.

Pregunta 5

¿Crees que un microorganismo sea un ser vivo?, ¿por qué?

Entre las preguntas establecidas en este instrumento, no se planteó alguna que se relacionara con la nutrición del moho (microorganismo), es decir, cómo come y de qué se alimenta un moho, hasta en la siguiente fase de la SD (ver Tabla 25).

Tabla 25. Respuestas acerca de si un microorganismo es un ser vivo, del *Cuestionario A (Modelos Iniciales)* y *Cuestionario B (Modelos Alcanzados)*. Fuente: Elaboración propia.

Categoría	→ Microorganismo como Ser Vivo					
Cuestionario	Respuesta	No. de respuestas		¿Por qué?	No. de respuestas	
A <i>(modelos iniciales)</i> (N=37)	Sí	21/37	57%	Se mueve, camina, vuela	4/37	10%
				Viven en el cuerpo, cabeza o donde sea	3/37	8%
				Es un ser vivo, animal o microbio	5/37	13%
				No especifica por qué	4/37	10%
				Incodificable	5/37	13%
	No	10/37	27%	Es un virus, bicho o microbio	3/37	8%
				No especifica por qué	1/37	2%
				No es un ser vivo	3/37	8%
				Vive en el estómago y no se mueve	1/37	2%
	No hubo respuesta	6/37	16%	-	-	-
B <i>(modelos alcanzados)</i> (N=34)	Sí	23/34	68%	Se nutren, absorben o chupan el alimento	15/34	44%
				Se mueve, camina, vuela	3/34	8%
				Descompone o infecta el alimento	2/34	5%
				"Un ser humano mas chiquito" y se reproduce	1/34	2%
				Incodificable	2/34	5%
	No respondieron esta pregunta	3/34	9%	Respira	1/34	2%
	No	8/34	23%	Se nutren, absorben o chupan el alimento	2/34	4%
				No respira y/o no se mueve y/o no muere	5/34	14%
			No tiene características humanas	2/34	5%	

Al comparar los resultados que se muestran en la Tabla 25, se puede notar que hay un incremento del 11% (del 57% al 68%) de los estudiantes que respondieron afirmativamente a la pregunta, del *Cuestionario B*. Evidentemente, se muestra un cambio notable en el argumento que dan los estudiantes, pues aquí, el 44% de los estudiantes, mencionó que sí eran seres vivos, porque se nutren, absorben o chupan el alimento; un 8% comentó que porque se mueven, caminan o vuelan, y el 5% dijo que porque descomponían o infectaban al alimento. Como se aprecia, su

argumento cumple con una de las funciones básicas de todo ser vivo, que es la nutrición. Mientras que en el *Cuestionario A*, la mayoría (57%) dijo que eran seres vivos, pero sin dar una razón justificada del por qué.

En cuanto a los estudiantes que respondieron con un “No” se puede observar que disminuyó el porcentaje (de un 27% a un 23%) en el *Cuestionario B*, lo cual es satisfactorio porque más estudiantes lograron reconocer características de los seres vivos, en los mohos. Algunas de las respuestas son relevantes, al decir que como no tiene características humanas, no son seres vivos. En estos casos, las ideas antropomórficas están muy arraigadas. Mientras que en el *Cuestionario A*, dijeron que no era un ser vivo, porque era un virus, bicho o microbio, o porque vivía en el estómago y no se mueve.

El objetivo de la **pregunta 6** fue que los estudiantes identificaran los cambios sensoriales del alimento que entra en etapa de descomposición y que reconocieran la relación entre el moho y el alimento. Las **categorías** de análisis fueron: **cambios sensoriales** (color, olor, sabor, textura, formación de lama, acumulación de gas o líquido) en el alimento y la **relación alimento-moho**.

Pregunta 6

¿Cómo sabes que un alimento se está descomponiendo o echándose a perder?, ¿qué te indica que está echado a perder?

En esta pregunta, varios de los estudiantes escribieron uno o más cambios sensoriales, como se aprecia en la Tabla 26,

Tabla 26. Cambios sensoriales identificados por parte de los estudiantes, al descomponerse un alimento. Respuestas del *Cuestionario A (Modelos Iniciales)* y del *Cuestionario B (Modelos Alcanzados)*. Elaboración propia.

Cambios sensoriales que tienen los alimentos al descomponerse					
Categoría	Subcategorías	Cuestionario A (modelos iniciales)		Cuestionario B (modelos alcanzados)	
		No. de respuestas identificadas (N=37)		No. de respuestas identificadas (N=34)	
Cambios sensoriales	Color	9/37	24%	13/34	38%
	Olor	18/37	48%	20/34	58%
	Sabor	4/37	10%	4/34	11%

Textura	5/37	13%	3/34	8%
Formación de lama	2/37	5%	5/34	14%
Acumulación de gas o líquido	0/37	0%	5/34	14%

En los resultados del *Cuestionario B*, se observa un incremento en el porcentaje de alumnos que detectaron que cuando se descompone un alimento, hay un cambio de color en el mismo, hay formación de lama o acumulación de gas o líquido. Específicamente, en la subcategoría ‘textura’, en este cuestionario disminuyó el porcentaje de alumnos que lo identificó. Es probable que los estudiantes se hayan concentrado más en la formación de lama del alimento en descomposición, por ser algo ajeno al alimento como tal, y hayan dejado a un lado el hecho de que se hiciera aguado.

En cuanto a la categoría **relación alimento-moho**, en el Cuestionario A, solo una de las estudiantes, escribió: “*Se puede meter bacteria u hongo*”, que tiene que ver con la entidad principal del fenómeno de la descomposición, que es el moho. Mientras que en el *Cuestionario B*, el 17% de los estudiantes, comentó que “*tienen moho*” o que “*por el moho*” se echan a perder los alimentos.

La **pregunta 7**, fue una de las que se modificó durante el pilotaje. Sus objetivos fueron que los estudiantes: identificaran el proceso de descomposición de los alimentos y la participación de seres vivos en este fenómeno; infirieran lo que sucede en el fenómeno de la descomposición de alimentos; y que distinguieran las condiciones necesarias para que un alimento se encuentre en proceso de descomposición. En cuanto a las **categorías de análisis** se ubicaron 4: **moho en contacto con el alimento; causas para el crecimiento de microorganismos; relación Moho – Alimento – Condiciones ambientales;** y el **aire como medio de transporte.**

Fueron varias las categorías que se querían visualizar en esta pregunta, debido a que se les pidió que realizaran un dibujo. No obstante, en la pregunta no se les aclaró que tenían que explicar con palabras el dibujo que realizaron, aunque se los comenté en el salón de clases, muchos de ellos sólo realizaron el dibujo. Por ello,

en la fase de inicio, tuve que aplicar un segundo instrumento para complementar sus respuestas.

Pregunta 7

Dibuja cómo se descompone o se echa a perder un alimento y dibuja el lugar en donde te imaginas que está ese alimento. Utiliza tus colores y escribe el nombre de cada cosa que dibujes.

Esta pregunta fue fundamental para conocer, tanto los modelos cognitivos iniciales que tenían los estudiantes, como sus modelos alcanzados, sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos.

Resulta oportuno añadir que, en este mismo apartado, abordaremos los modelos intermedios que construyeron los estudiantes, que, aunque, no se les planteó la misma pregunta, se hicieron otras que apoyaron la construcción y elaboración de estos modelos.

Antes de mostrar sus modelos, expondré en la Tabla 27, si en los dibujos del *Cuestionario A* y del *Cuestionario B*, aparecen las categorías que establecí.

Tabla 27. Categorías identificadas en las respuestas de los estudiantes del *Cuestionario A (Modelos Iniciales)* y *Cuestionario B (Modelos Alcanzados)*. Fuente: Elaboración propia.

Categorías que fueron identificadas en los dibujos de los estudiantes						
Categoría	Cuestionario A (modelos iniciales)			Cuestionario B (modelos alcanzados)		
	Descripción general del dibujo	No. de respuestas identificadas (N=37)		Descripción general del dibujo	No. de respuestas identificadas (N=34)	
Moho en contacto con el alimento	Lo dibuja y lo menciona	0/37	0%	Lo dibuja y/o lo indica y lo menciona	7/34	20.5%
				SI lo dibuja pero NO lo menciona	2/34	6%
				NO lo dibuja pero SI lo menciona	16/34	47%
	No lo dibuja ni lo menciona	37/37	100%	No lo dibuja ni lo menciona	9/34	26.5%
Moho – alimento – condiciones ambientales	Lo dibuja y lo menciona	0/37	0%	Dibuja y menciona alimento, moho y alguna condición y los relaciona	5/34	15%
	No lo dibuja ni lo menciona	37/37	100%	Dibuja y/o menciona alimento, moho y alguna condición; sólo relaciona los dos primeros	1/34	3%

Categorías que fueron identificadas en los dibujos de los estudiantes						
Categoría	Cuestionario A (modelos iniciales)			Cuestionario B (modelos alcanzados)		
	Descripción general del dibujo	No. de respuestas identificadas (N=37)		Descripción general del dibujo	No. de respuestas identificadas (N=34)	
				Dibuja y/o menciona alimento y moho y los relaciona, pero no alguna condición	19/34	56%
				Dibuja y/o menciona alimento y alguna condición y los relaciona, pero no moho	6/34	17%
				Dibujan y/o menciona alimento con cambio sensorial, pero no moho ni alguna condición	3/34	9%
Causas para el crecimiento del moho	Dibujó o mencionó algo relacionado con la temperatura (el sol)	4/37	10%	Dibujó o mencionó algo relacionado con la temperatura	6/34	17%
				Dibujó o mencionó algo relacionado con el tiempo	2/34	6%
				Dibujó o mencionó algo relacionado con la temperatura y el tiempo	3/34	9%
				Dibujó o mencionó algo relacionado con la humedad y el tiempo	1/34	3%
	No lo dibuja ni lo menciona	33/37	89%	No lo dibuja ni lo menciona	22/34	65%
Aire como medio de transporte	Lo dibuja y lo menciona	0/37	0%	Lo dibuja y lo menciona	1/34	3%
				Lo dibuja, pero no lo menciona	2/34	6%
				Lo menciona, pero no lo dibuja	1/34	3%
	No lo dibuja ni lo menciona	37/37	100%	No lo dibuja ni lo menciona	30/34	88%

En la Tabla 27, se observan grandes diferencias entre las respuestas del *Cuestionario A* y del *Cuestionario B*. Por ejemplo, en la primera de las categorías del segundo cuestionario, el 72% de los estudiantes dibujó y/o indicó y/o mencionó que el moho está en contacto con el alimento, lo cual resulta muy favorable, en comparación con los resultados del primer cuestionario. Respecto a la segunda categoría, pese a que, en el *Cuestionario B*, solo hubo un 14% de estudiantes que dibujaron, mencionaron y relacionaron: alimento, moho y alguna condición; un 74% dibujó o mencionó alguno de esos tres aspectos. Del mismo modo, el 8% de los estudiantes dibujaron o mencionaron al alimento con algún cambio sensorial, sin mencionar moho o alguna condición. Estos resultados son muy alentadores, pues

muestran que los estudiantes lograron construir de manera general, cómo se da el proceso de la descomposición de alimentos y quiénes intervienen para que esto suceda. Además de que es motivante la capacidad que tienen los estudiantes para aprender, pese a todas las condiciones que puedan existir para lograrlo.

En cuanto a la categoría 'causas para el crecimiento del moho', se aprecia una mejora en los resultados del *Cuestionario B*, esto debido a que varios de los estudiantes (35%), dibujaron o mencionaron la condición de temperatura y/o tiempo o humedad. Así mismo, respecto a la categoría 'aire como medio de transporte', solo un 12% (4 de 34), de este mismo cuestionario, lo dibujaron y/o lo mencionaron. La diferencia es menor respecto a los resultados del *Cuestionario A*. Es probable que hayan faltado más actividades de aprendizaje que se enfocaran en la importancia del aire como medio de transporte de las esporas o mohos.

En cuanto al análisis de sus dibujos y explicaciones, y a fin de reconocer sus modelos iniciales, intermedios y alcanzados, realicé varias agrupaciones para su estudio.

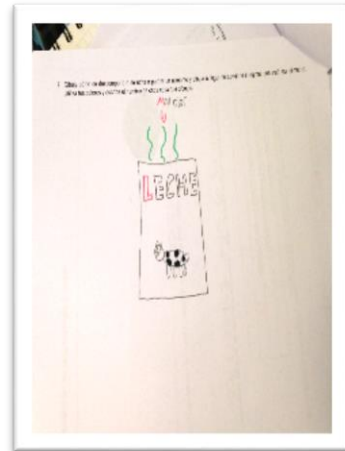
En primer lugar, en el *Cuestionario A (Modelos Iniciales)*, ubiqué el tipo de alimento que dibujaron; después, los dividí en alimentos (si dibujaron frutas y/o verduras) o lácteos; enseguida, fui agrupando, de acuerdo al lugar (mesa, bote de basura, bolsa, tierra) que dibujaron; posteriormente, me di a la tarea de revisar si habían dibujado algún tipo de insecto (hormigas, gusanos o moscas); después, si su dibujo tenía manchas, estaba descolorido o completamente coloreado; o bien, si desprendían olor (dibujadas con rayitas curvadas).

Al final, clasifiqué sus dibujos en dos grandes grupos, a fin de delimitar y resumir las ideas que representaron, sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos:

- Alimentos que desprenden olores, con gusanos o insectos, sobre una mesa, en bote de basura o en bolsas.



Estudiante # 1

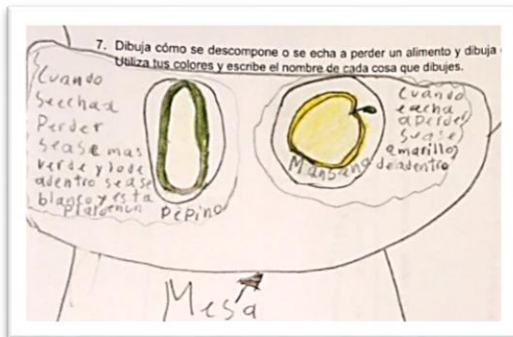


Estudiante # 20

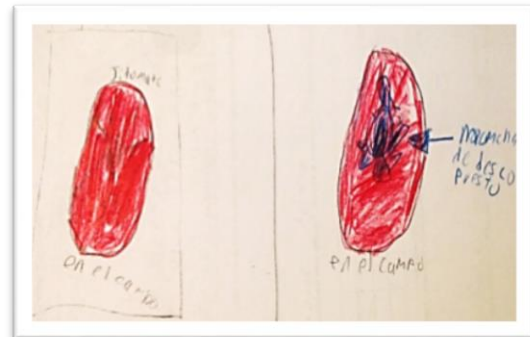


Estudiante # 14

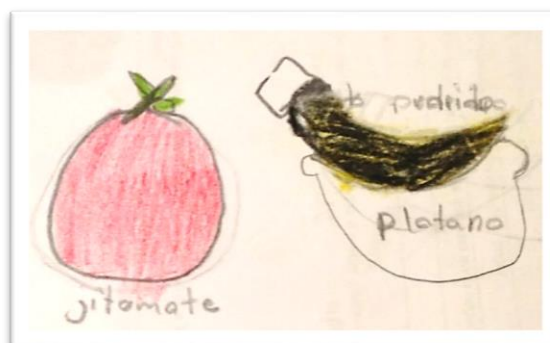
- Alimentos manchados, descoloridos o totalmente coloreados de negro y la mayoría sobre una mesa (o dentro de bolsa, sobre un plato o la tierra).



Estudiante # 30



Estudiante # 34



Estudiante # 35

En segundo lugar, para conocer sus modelos intermedios, me di a la tarea de analizar dos de los instrumentos que apliqué en la fase de Construcción de Ideas, que fueron: *Modelo Nutrición Moho* y *Modelo explicativo del fenómeno de la descomposición de alimentos*. En ninguno de los dos instrumentos se les pidió que realizaran dibujos. Sobre todo, en el segundo, les pedí que explicaran, a partir de las preguntas planteadas, qué fue lo que les sucedió a los alimentos que visualizaron a través de videos.

Conviene subrayar que, en esta fase existieron dos tipos de actividades, de acuerdo a Sanmartí (2002), las que sirvieron para introducir nuevos puntos de vista, como la observación de un alimento descompuesto, con lupa; o bien, tomar muestras de los mohos que están sobre los alimentos y verlos a través del microscopio; así como las actividades de síntesis, como la observación de videos acerca de alimentos en descomposición. Su finalidad fue que los estudiantes lograrán explicar lo que sucedía con los alimentos que se mostraban.

Respecto al instrumento *Modelo Nutrición del Moho*, se aplicó para entender cómo piensan los alumnos que se nutre un moho. Algunas de las explicaciones que dieron los estudiantes, derivados de las actividades planteadas, del análisis de las respuestas individuales, de lo que respondieron por escrito en equipo y de las explicaciones grabadas que dieron al resto del grupo, se muestran en la Tabla 28. Posteriormente, les pedí a los estudiantes que leyeran sus propias explicaciones que obtuve de las grabaciones realizadas y que escribí en hojas de rotafolio para poder pegarlas en el pizarrón, a fin de que ellos indicaran con un marcador, cuál de las explicaciones les parecía más acorde de cómo se nutría un moho. Después, junto con el grupo, se identificó la respuesta que tuvo más marcas o fue la más votada. En este mismo cuadro, muestro la cantidad de respuestas marcadas (votadas) en cada uno de sus modelos explicativos.

Tabla 28. Modelos intermedios construidos por los estudiantes, acerca de cómo se nutren los mohos. Fuente: Elaboración propia.

Modelos construidos acerca de cómo se nutre un moho (N=35)	Cantidad de votos (N=25)	
1. <i>El moho se alimenta de comida que se cae, también se alimenta de una planta y las absorbe hasta que se vuelven de color las cosas</i>	3/25	12%
2. <i>El moho hace que los alimentos se pudran. La hifa es para que absorba la comida y se la coma y que no se pueda morir. El poro sirve para que eche a podrir la comida o algo.</i>	1/25	4%
3. <i>Los mohos se alimentan de frutas, de toda la comida podrida. Se nutren de los alimentos, lo comen y luego lo echan a perder.</i>	1/25	4%
4. <i>Los poros son de donde absorben toda la comida y hay un líquido que echa a perder el alimento y se lo come. Hay una manguera que absorbe la comida.</i>	0/25	0%
5. <i>Los mohos producen y echan una sustancia líquida a través de sus poros para que se vaya pudriendo cualquier tipo de comida, hasta descomponerlo o desintegrarlo. Lo va abriendo poco a poco. Absorbe la comida que todavía no está echada a perder, pero el moho viene y le echa jugo, la va rompiendo como un rompecabezas, para que se eche a perder y luego se lo va chupando.</i>	13/25	52%
6. <i>Los mohos se nutren por sus poros. Primero, avienta un líquido que hace que se pudra todo y que se va deshaciendo y poco a poco, en cachitos, se lo puede comer. Los mohos comen hongos, bacterias y virus.</i>	6/25	24%
7. <i>El moho se nutre absorbiendo los nutrimentos. El moho se alimenta por las cosas que come, que le echa el líquido y se absorbe y lo echa a perder, y cuando lo echa a perder, por las esporas se lo consume.</i>	1/25	4%

Como se observa, hubo un modelo explicativo que obtuvo el 52% de los votos, que fue el número 5, no obstante, la mayoría de sus modelos, tienen palabras o ideas similares. Por ejemplo, el número 6, con seis votos, es muy parecido al anterior. Cabría la posibilidad de que el Modelo Intermedio #5 fue el que marcaron más estudiantes, por la extensión de la respuesta.

Vale la pena comentar, que era imprescindible que ellos, los estudiantes, lograran explicar de alguna manera, la nutrición del moho, debido a que ésta es la parte fundamental del fenómeno de la descomposición de los alimentos, tal como lo señalan Campbell y Reece (2007):

“[a]l igual que los animales, los hongos son heterótrofos: no pueden sintetizar su propio alimento como las plantas y las algas. Pero a diferencia de los animales, los hongos no ingieren el alimento, sino que lo digieren del ambiente, gracias a la acción de poderosas enzimas hidrolíticas, denominadas exoenzimas, que secretan al medio que los

rodea. Las exoenzimas degradan moléculas complejas, en compuestos orgánicos más pequeños que los hongos pueden absorber en su organismo y utilizar” (p. 609).

Con esto en mente, se aplicó a los estudiantes, el segundo instrumento '*Modelo explicativo del fenómeno de la descomposición de alimentos*', que constó de 3 preguntas abiertas, y básicamente, se aplicó con la finalidad de ver el progreso que tuvieron los estudiantes, en comparación con su modelo inicial acerca del fenómeno de la descomposición de alimentos.

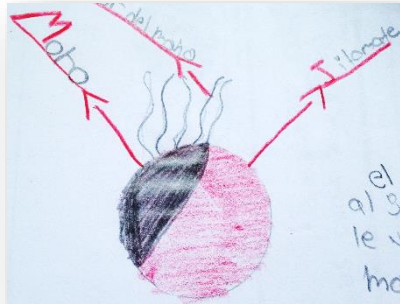
Antes de que lo realizarán, se les solicitó que observaran 4 videos recuperados de YouTube (Strawberry-Rhizopus – time lapse, Tomato Time-Lapse Mold, Descomposición de naranja – Timelapse Orange Decomposition y Tangerine [Mandarin Orange] Time Lapse), acerca de dicho fenómeno, específicamente, fueron acerca de la descomposición de una naranja, una mandarina, una fresa y un jitomate; esto en virtud de que el fenómeno tarda diferente tiempo en suceder dependiendo del alimento, por ejemplo, una naranja puede tardar hasta 53 días en descomponerse o un jitomate tarda aproximadamente 33. Cada video tuvo una duración entre 1 a 3 minutos. Así mismo, hubo un quinto video titulado 'Microorganismos' que duró 4 minutos, y que los estudiantes observaron, el cual mostró, específicamente, un acercamiento de cómo crecen, se desarrollan y colonizan los mohos.

No está de más traer a colación, la importancia y utilidad de los recursos tecnológicos que fueron necesarios para llevar a cabo esta actividad, pues con la ayuda de un proyector, una computadora y los videos mostrados, fue posible observar cómo se descomponen los alimentos, en minutos. Como dijera Aldrich, et al, en Chao (2015) “en investigaciones previas se han propuesto a las herramientas multimedia y digitales como benéficas y eficaces para el aprendizaje y la resolución de problemas en el campo de las ciencias naturales argumentando a su favor la capacidad que ofrecen para ‘visualizar’ los fenómenos estudiados” (p. 216).

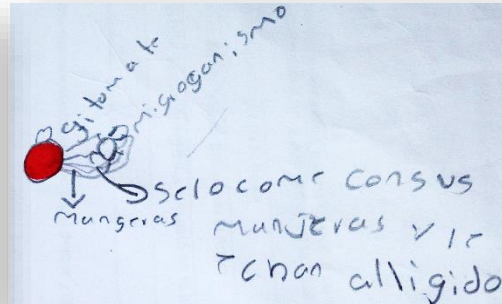
En tercer lugar, en el *Cuestionario B (Modelos Alcanzados)*, realicé el análisis al comparar lo que dibujaron, con los componentes que constituyen el **MCEA**, como:

las **entidades** (*microorganismo, alimento y aire*); las **propiedades de dichas entidades**; las **relaciones entre las entidades**; las **reglas de inferencia** y; las **condiciones que constituyen al modelo**. Para ello, agrupé sus dibujos:

- Entre aquellos que mencionaron y dibujaron al ser vivo, en este caso, al moho y al alimento:

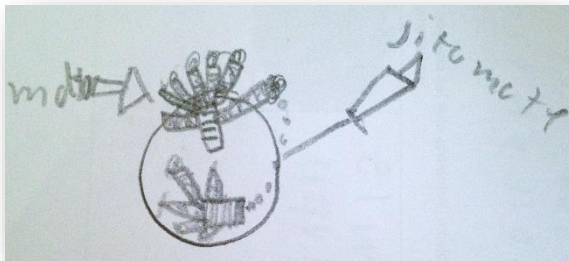


Estudiante # 5

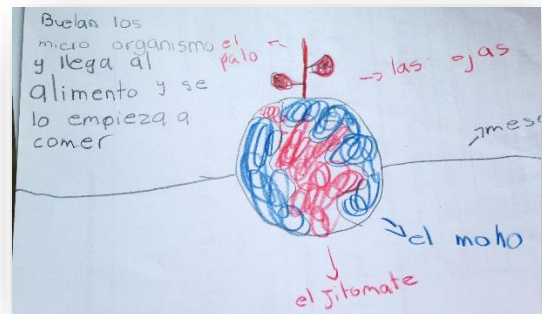


Estudiante # 27

- Entre los estudiantes que mencionaron y dibujaron, además del microorganismo y el alimento, al aire como un medio de transporte de las esporas del moho:

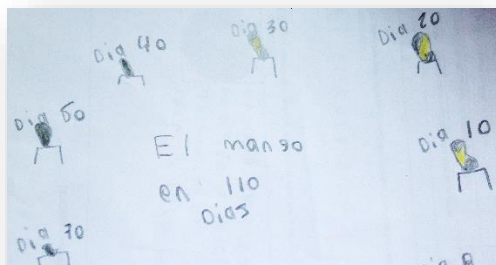


Estudiante # 33



Estudiante # 13

- Entre aquellos que solo se enfocaron en las condiciones ambientales para que se descomponga el alimento, como la temperatura, el tiempo (o la reducción del tamaño del alimento) o la humedad, que más bien serían las condiciones ambientales favorables para que crezcan y se reproduzcan los mohos.



Estudiante # 2

Estudiante # 21

Es oportuno aclarar que, debido a que en esta pregunta, en el *Cuestionario A*, no se incluyó que escribieran una explicación de lo que para ellos, era la descomposición de alimentos, solo que dibujaran cómo se descompone o se echa a perder un alimento, en la sesión 2, para complementar su respuesta, les pedí que respondieran la pregunta: **¿cómo crees que se lleve a cabo el proceso de descomposición de alimentos?** Y que incluyeran alguna imagen que representara lo que explicaron.

En este segundo **instrumento complementario** titulado '*Fenómeno de la descomposición de alimentos*', todos dieron una explicación al respecto. En él, pude identificar que la mayoría de ellos, mencionó alguna condición para que se descomponga o se eche a perder un alimento, sin embargo, es claro que no reconocen las entidades básicas que integran el fenómeno de la descomposición de alimentos, como la participación de microorganismos (mohos).

En la Tabla 29, expongo y generalizo las causas que comentaron los estudiantes tanto en este instrumento, como en la pregunta 7 del *Cuestionario A*, e incluyo subcategorías emergentes, que fueron destacadas para complementar los modelos cognitivos iniciales de los estudiantes sobre este fenómeno. Es más, para exponer un panorama general sobre las causas de la descomposición de alimentos:

- a) Añado las que mencionaron los alumnos en el instrumento '*Modelo explicativo sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos*', específicamente, en la pregunta 3, ¿Qué o quién causa la descomposición

de los alimentos? Su objetivo fue que distinguieran qué o quién(es) es(son) responsable(s) de que se descompongan los alimentos o quién interviene en dicho fenómeno. La categoría de análisis fue: causas de la descomposición de alimentos. En cuanto a las preguntas 1 y 2 de este instrumento, las excluiré en este momento, debido a que están más relacionadas con la construcción de sus modelos intermedios, que abordaré más adelante.

- b) Completo con las respuestas que dieron en el *Cuestionario B*, en la pregunta 7, a fin de comparar y diferenciar el grado de construcción de ideas que tuvieron en cada uno de las fases de la secuencia didáctica.

Tabla 29. Causas que mencionaron los estudiantes en el instrumento: 'Fenómeno de la descomposición de alimentos'; Modelo explicativo sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos y; *Cuestionario B (Modelos Alcanzados)*. Fuente: Elaboración propia.

CAUSAS RECONOCIDAS POR LOS ESTUDIANTES PARA QUE SE DÉ EL FENÓMENO DE LA DESCOMPOSICIÓN DE ALIMENTOS								
<i>Cuestionario A (modelos iniciales) e Instrumento Complementario</i>			<i>Instrumento Modelo explicativo sobre la descomposición de alimentos</i>			<i>Cuestionario B (modelos alcanzados)</i>		
Subcategorías	No. de respuestas identificadas (N=36)		Subcategorías	No. de respuestas identificadas (N=31)		Subcategorías	No. de respuestas identificadas (N=34)	
Temperatura	13/36	36%	-	-	-	Temperatura	3/34	9%
Tiempo	5/36	14%	-	-	-	Tiempo	1/34	3%
Temperatura y tiempo	4/36	11%	-	-	-	Temperatura y tiempo	1/34	3%
Tiempo y agua o polvo	2/36	5.5%	-	-	-	Tiempo y humedad	1/34	3%
Temperatura y tiempo + ser vivo (microorganismo)	-	-	El tiempo y los mohos	1/31	3%	Temperatura, tiempo y moho	2/34	6%
			-	-	-	Temperatura y microorganismos	1/34	3%
			-	-	-	Temperatura, esporas que caen al alimento y crecen	2/34	6%
			-	-	-	Tiempo, el moho se reproduce y se lo come	1/34	3%
<i>Moscas u hormigas la chupan o le</i>	3/36	8.5%	Los mohos	18/31	59%	El moho	2/34	6%
			Hongos (mohos) o bacterias; u	5/31	17%	El moho que está en el aire	2/34	6%

CAUSAS RECONOCIDAS POR LOS ESTUDIANTES PARA QUE SE DÉ EL FENÓMENO DE LA DESCOMPOSICIÓN DE ALIMENTOS								
Cuestionario A (modelos iniciales) e Instrumento Complementario			Instrumento Modelo explicativo sobre la descomposición de alimentos			Cuestionario B (modelos alcanzados)		
Subcategorías	No. de respuestas identificadas (N=36)		Subcategorías	No. de respuestas identificadas (N=31)		Subcategorías	No. de respuestas identificadas (N=34)	
<i>meten bacterias</i>			hongos o microorganismos					
			<i>Esporas que se reproducen o los hijos del moho</i>	2/31	6%	El moho se reproduce y se come el alimento	1/34	3%
			Mohos y poros y microorganismos	2/31	6%	Espora llega a alimento, se hace moho y absorbe sus nutrimentos	1/34	3%
			El líquido de los microorganismos	1/31	3%	Sustancia que arroja el moho	12/34	34%
			-	-	-	Sustancia que arroja el moho y que éste lo absorbe	1/34	3%
Abierto o cortado	2/36	5.5%	-	-	-	Abierto o cortado	0/34	0%
Algún cambio sensorial (textura - o maltratado -, olor o color)	5/36	14%	Hubo cambio sensorial (se hizo aguado, se encogió, le salió pasto) y se descompuso	4/31	12%	Algún cambio sensorial (textura - o maltratado-, olor o color)	28/34	*82% ¹⁵
No mencionan alguna causa	-	-	Incodificable	2/31	6%	No mencionan alguna causa	3/34	9%
Emergente	No. de respuestas					Emergentes	No. de respuestas	
<i>Por no comérsele</i>	2/36	5.5%	-	-	-	-	-	-

Como se muestra en la tabla anterior, en los resultados del *Cuestionario A*, el 66.5% de los estudiantes identificó condiciones ambientales específicas para que se dé el

¹⁵ En la subcategoría 'Cambios sensoriales', en las respuestas del *Cuestionario A* y del Instrumento *Modelo Explicativo*, se agruparon aquellos alumnos que solo contestaron esto; mientras que en el *Cuestionario B*, solo consideré esta subcategoría de su respuesta y omití aquellos componentes que ya habían integrado en sus modelos explicativos, como entidades, propiedades, algunas condiciones. Esto con el fin de hacer notar el logro alcanzado en este aspecto.

proceso de la descomposición de alimentos. Mientras que solo un 8.5% reconoció la participación de otros seres vivos, como los moscos o las bacterias. Un 5.5% de ellos, dijeron que un alimento tendría que estar abierto o cortado para que se echara a perder, sin embargo, puedo deducir, que en este momento, aún no saben cuál es el motivo de por qué un alimento se puede descomponer más rápido, al estar en esas condiciones físicas. En cuanto a los cambios sensoriales, un 14% de los participantes logro identificarlos.

En cuanto a la categoría emergente (del *Cuestionario A*), el 5.5% de los estudiantes expresaron que se descomponen porque no se los comen, por lo que podría inferir que le atribuyen de manera intrínseca el proceso de descomposición, es decir, que se da porque sí, sin que ningún agente interno o externo intervenga en ello. Resulta oportuno añadir, que en la revisión de la literatura, este aspecto es uno de los mencionados por parte de los estudiantes, por ejemplo, en Díaz, et al, (1996).

Con relación a los resultados del instrumento '*Modelo explicativo sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos*', el 58% de los alumnos que estuvieron presentes en la sesión, dijeron que los causantes de la descomposición de alimentos, son los mohos. El 16%, mencionaron a los microorganismos, entre ellos, los mohos, hongos o bacterias, como los responsables de este fenómeno, no obstante, en la redacción de sus respuestas, escribieron 'microorganismo', como si fuera un ser vivo independiente de los mohos o las bacterias. Por otro lado, el 6% de los estudiantes, mencionaron que fueron las esporas las que motivaron la descomposición. Algo muy relevante de destacar, en este par de casos, fue que hablaron o infirieron aspectos sobre la reproducción del moho, palabra que no apareció en sus modelos iniciales. Como recordarán, García (2005) señala que la reproducción, es una de las funciones principales de todo ser vivo. Por otro lado, hubo otro 6% de alumnos que indicaron que eran los mohos y poros y los microorganismos, sin embargo, considero que en estos casos, no hubo una claridad de lo que era cada ente. El 3% restante, comentó que por el líquido de los microorganismos, sin aclarar si ese líquido hacía que se descompusieran los alimentos.

Como se aprecia en este instrumento, la transformación de los modelos iniciales que tenían los estudiantes, al comienzo de la secuencia didáctica, en comparación con lo que construyeron hasta ese momento, es muy significativa, debido a que la mayoría identificó la participación de los mohos o microorganismos en el fenómeno. Si bien, es una de las entidades principales para que se dé la descomposición de alimentos, lo cierto es que dejaron a un lado, las condiciones que habían mencionado en un inicio, y ni qué decir del 'aire' que tampoco fue indicado.

Analógicamente, en el *Cuestionario B*, las causas que mencionaron algunos (18%) de los estudiantes para que se descompusiera un alimento, fueron similares a las respuestas del *Cuestionario A*, en aquellas que se refirieron a las condiciones de temperatura, tiempo y humedad. Del mismo modo, hubo otros estudiantes (18%) que mencionaron dichas condiciones, pero que agregaron la participación de microorganismos (mohos o esporas). En cambio, el 55% de los estudiantes, identificó, únicamente, la participación del moho, y de que éste es el que le arroja una sustancia al alimento, se lo come y absorbe sus nutrientes. Puestas, así las cosas, al comparar los porcentajes de los resultados de ambos cuestionarios, del 66.5% de los estudiantes que antes pensaba que solo era por condiciones ambientales, en el *Cuestionario B*, ese porcentaje se dividió entre: los estudiantes que únicamente comentaron las condiciones ambientales (18%) y; aquellos que, además de la condición, mencionaron al microorganismo (18%). Pero hay más todavía, pues del 8% de los estudiantes que en un inicio identificó la participación de seres vivos en este fenómeno, en sus modelos explicativos intermedios este porcentaje subió considerablemente al 91%. Es probable que como aquí únicamente se les pidió una explicación de lo que causaba este fenómeno, sin algún dibujo que lo acompañara, se centraran en la causa principal, que, en comparación con el *Cuestionario A* y el *Cuestionario B*, las causas se dividieran; al final, el porcentaje quedo en un 55%. Podría deducirse que la mayoría de los estudiantes, transformó su idea, al omitir las condiciones ambientales, por una de las entidades principales del fenómeno, que fue el moho.

Pasó algo muy similar con los cambios sensoriales, pues en el *Cuestionario A*, un 14% de alumnos, lo identificó; en sus modelos explicativos intermedios, solo un 12%; y en el *Cuestionario B*, aumentó el porcentaje de alumnos que lo distinguieron en un 82%, que si bien, la mayoría no lo escribieron en sus explicaciones, sí estuvieron presentes en sus dibujos. Es necesario subrayar, que, en esta subcategoría del *Cuestionario B*, se retomaron, únicamente, aquellas respuestas relacionadas con los cambios sensoriales, aunque los alumnos hayan mencionado en sus respuestas, otras subcategorías como la de las condiciones ambientales o la de seres vivos. Esto con la intención de tener un parámetro semejante al presentado en el *Cuestionario A*, en donde se identificaron a 5 alumnos que hablaron, únicamente, de estos cambios sensoriales, sin tener alguna relación con otra subcategoría. Lo que sí es un hecho, es que los resultados fueron muy satisfactorios.

En la Figura 13 muestro una síntesis de los resultados:

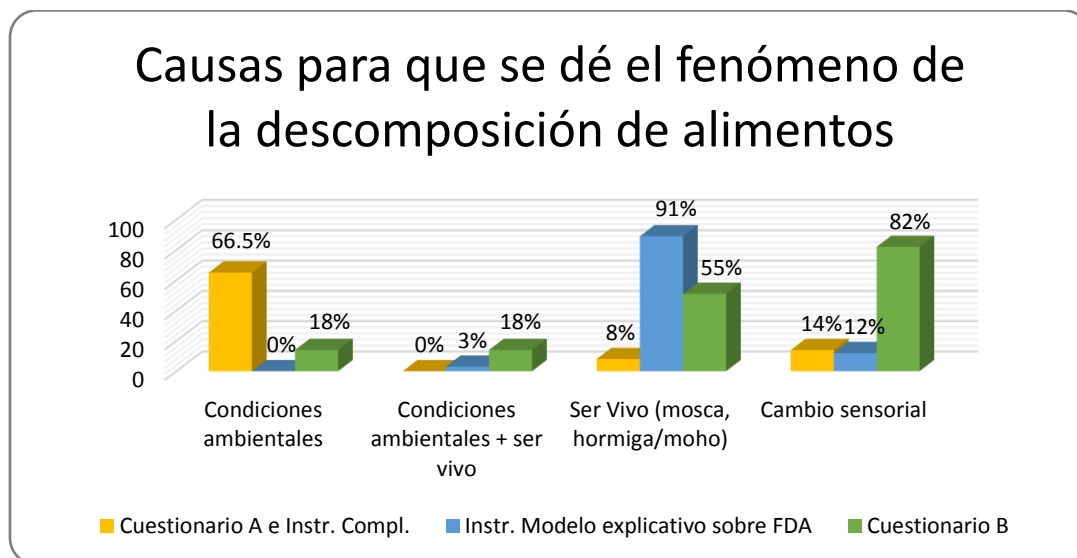


Figura 13. Causas que mencionaron los estudiantes en el instrumento: ‘Fenómeno de la descomposición de alimentos’; ‘Modelo explicativo sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos y; *Cuestionario B (Modelos Alcanzados)*. Fuente: Elaboración propia.

A partir de lo anteriormente expuesto, revisaremos los modelos cognitivos iniciales, intermedios y alcanzados, que construyeron los estudiantes de 4º grado de primaria.

5.4.2 Modelos explicativos iniciales, intermedios y alcanzados, de los estudiantes sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos

Para mostrar la riqueza de los elementos y detalles que conforman los modelos que construyeron los estudiantes en cada una de las fases de la secuencia didáctica, expondré de manera independiente (y no comparativamente) cada uno de ellos.

En primera, mostraré los modelos cognitivos iniciales acerca del fenómeno revisado, a partir de la exploración y análisis de sus dibujos, tanto del *Cuestionario A*, como del apoyo del instrumento complementario, con el propósito de ver si de alguna forma, en esta fase de inicio, aparecen las **entidades, propiedades, relaciones, reglas de inferencia y condiciones** que constituyen el **MCEA**.

En segunda, expondré los modelos intermedios que elaboraron los estudiantes, que, como expliqué anteriormente, las preguntas planteadas para obtener dichos modelos, fueron diferentes a la planteada en la pregunta 7, esto porque se realizaron diferentes actividades y se utilizaron otro tipo de recursos para obtenerlos, que, de cualquier forma, tenían la misma intencionalidad.

En tercera, exhibiré los modelos alcanzados que construyeron los estudiantes y que retomaré de las respuestas a la pregunta 7, del *Cuestionario B*. Así como en los modelos iniciales, también compararé los elementos que integran sus modelos, con los que constituyen al Modelo Científico Escolar de Arribo.

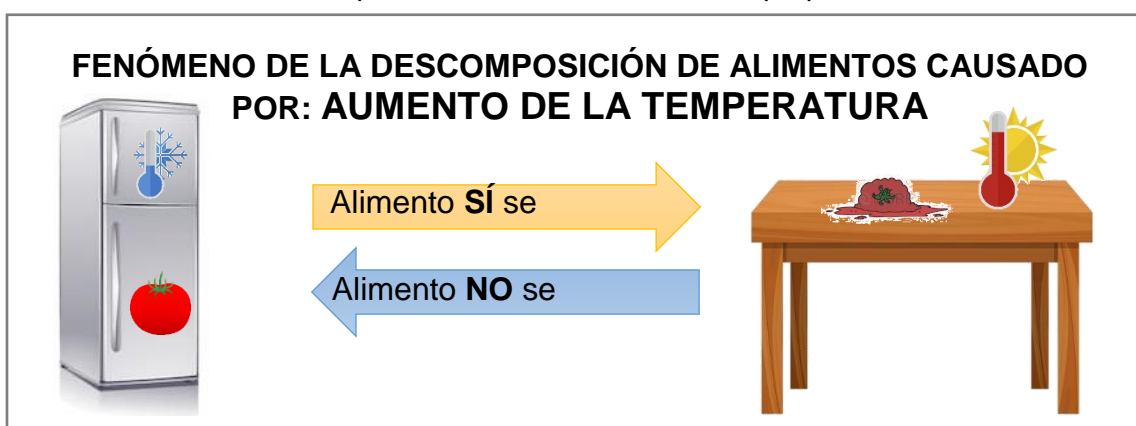
Por cierto, se tomó como criterio que, al menos el 8% (3 estudiantes) de la población de estudiantes, presentara algún modelo, por lo que los porcentajes menores a éste, también se analizaron, no obstante, decidí no exponerlos por cuestiones de espacio.

Por último, presentaré un cuadro comparativo para sintetizar la información de los componentes de sus modelos construidos en cada una de las fases de la secuencia y haya facilidad para confrontarlos. Por otra parte, el orden de aparición de los modelos, va de acuerdo con la frecuencia mencionada por los estudiantes.

Modelos cognitivos iniciales acerca del fenómeno de la descomposición de alimentos

Para obtener los Modelos Cognitivos Iniciales de los estudiantes, acerca del fenómeno en cuestión, se tomaron los resultados de la Tabla 29 y se realizaron agrupamientos de las respuestas que fueran parecidas y que se relacionaran con las subcategorías establecidas, tal como se aprecia en las Figuras 14 a la Figura 17.

Figura 14. Modelo cognitivo inicial de los estudiantes A1 (13/36= 36%), sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos causado por el aumento de la temperatura¹. Fuente: Elaboración propia.



¹ Para efectos de esta tesis, los conceptos calor y temperatura serán tomados como sinónimos, pues los niños de esta edad (9 a 11 años) aún no los conocen científicamente; aunque en la educación en ciencias, se ha identificado que presentan numerosas ideas previas.

Figura 15. Modelo cognitivo inicial de los estudiantes A2 (10/36= 28%), sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos causado por el paso del tiempo e identificado por cambios sensoriales (color, olor, textura). Fuente: Elaboración propia.

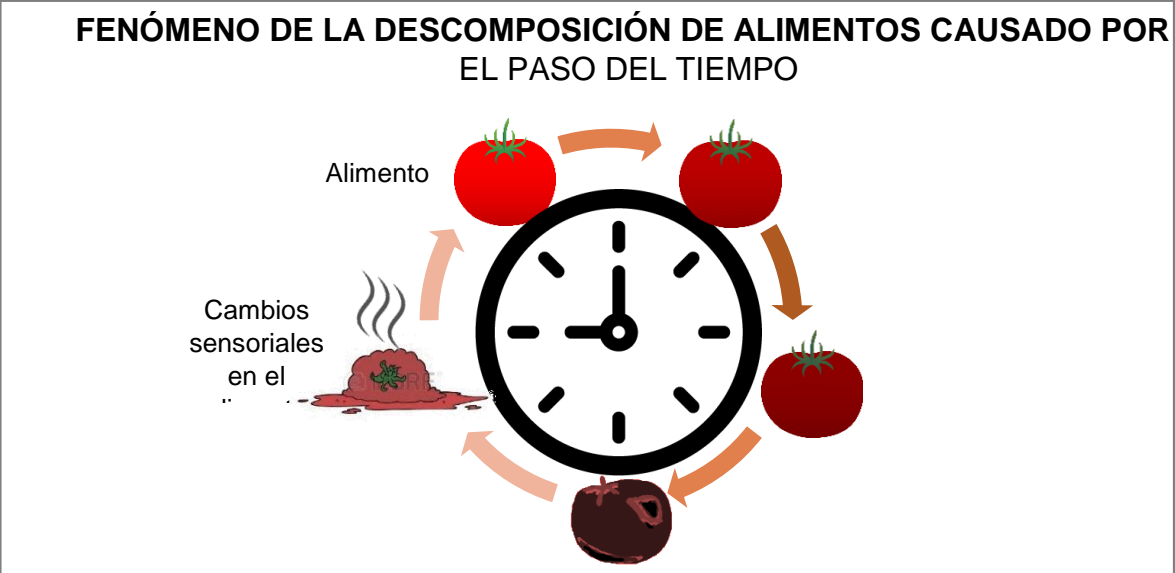


Figura 16. Modelo cognitivo inicial de los estudiantes A3 (6/36= 17%), sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos causado por aumento de la temperatura y el paso del tiempo, pero además, porque el alimento está partido, abierto o maltratado. Fuente: Elaboración propia.

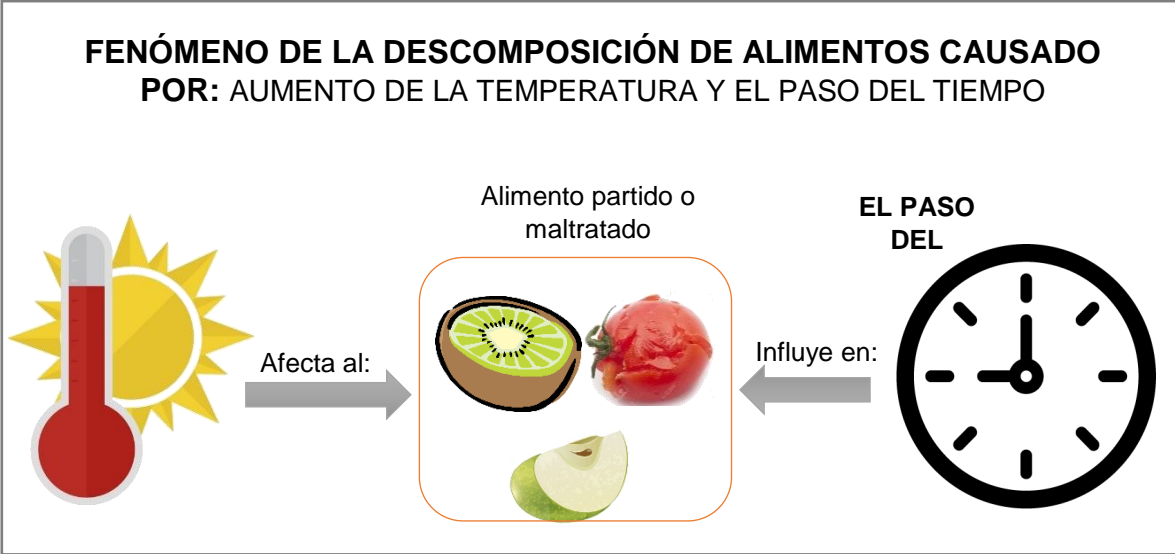
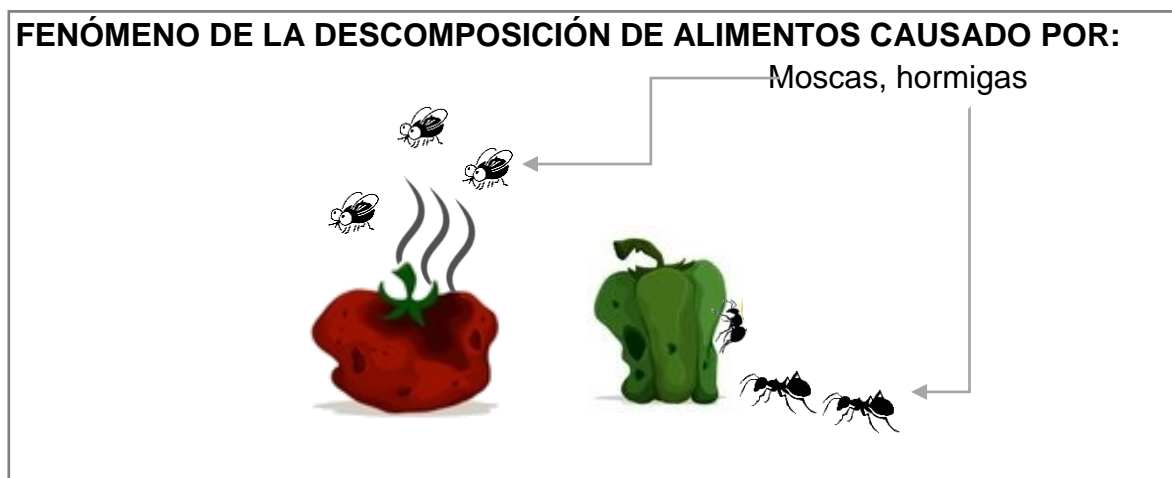


Figura 17. Modelo cognitivo inicial de los estudiantes A4 (3/36= 8.5%), sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos causado por seres vivos, como moscas u hormigas, ya sea que se la coman o la chupen. Fuente: Elaboración propia.



Como se aprecia en sus modelos iniciales, hay 3 causas principales que ocasionan la descomposición de los alimentos: el aumento de la temperatura, el paso del tiempo y los agentes externos, como las moscas y hormigas. En el tercer modelo se combinan las dos primeras causas, aunado con un daño físico al alimento. Lo que implica que en ninguno de los modelos de los estudiantes, reconocen la participación de los microorganismos (específicamente, a los mohos) en el proceso de descomposición; y que si bien, reconocen algunas de las condiciones más importantes para que se de este proceso, puedo inferir que no cuentan con los elementos suficientes para explicar la manera en cómo influyen esas condiciones en el alimento.

En el Modelo Cognitivo Inicial A1, los estudiantes identifican una de las condiciones planteadas en el MCEA, para que se dé el proceso de la descomposición de los alimentos, que es el aumento de la temperatura. Piensan que los alimentos afuera del refrigerador, colocados en la mesa (del comedor) se echan a perder por el calor; mientras que a los alimentos que están dentro del refrigerador, no les sucede eso.

En cuanto al Modelo Cognitivo Inicial A2, los alumnos distinguen otra de las condiciones expresadas en el MCEA, que es el tiempo. Aunque no explican cómo

o por qué esta condición puede determinar que un alimento entre en una etapa de descomposición.

Ya en el Modelo Cognitivo Inicial A3, los alumnos señalan las dos condiciones (aumento de la temperatura y tiempo) esenciales para que se dé el fenómeno en cuestión y que se mencionan en el MCEA, pero además, indican que la descomposición también se da, en aquellos alimentos que están partidos, abiertos o maltratados, aspecto que también se señala en el Modelo de Arriba. No obstante, tampoco explican por qué un alimento en estas condiciones pueda deteriorarse.

En el Modelo Cognitivo Inicial A4, no consideran ninguna de las condiciones mencionadas; los estudiantes se centran en aquellos seres vivos como las moscas o las hormigas como causantes de la descomposición del alimento. Estos seres vivos comen o chupan el alimento, por eso se deteriora. Aquí no se ve algún rastro de que los alumnos identifiquen a seres vivos más pequeños, de los ya mencionados que intervengan en este proceso.

Modelos intermedios acerca del fenómeno de la descomposición de alimentos

Como mencioné anteriormente, en este apartado, mostraré los modelos intermedios que construyeron los estudiantes en la fase de construcción de ideas, de la secuencia didáctica, que fueron resultado de aplicar el instrumento '*Modelo explicativo del fenómeno de la descomposición de alimentos*'. Retomo, únicamente, los resultados de las preguntas 1 y 2, debido a que los resultados de la pregunta 3, los expuse en la Tabla 29.

La **categoría** analítica para la pregunta 1, fue: ***la descomposición de los alimentos***.

Pregunta 1

Explica qué le sucede a los alimentos que viste en los videos.

Tabla 30. Explicación que dieron los estudiantes, acerca de lo que les sucedió a los alimentos que se descompusieron o se echaron a perder y que observaron a través de los videos. Fuente: Elaboración propia.

Explicación de los estudiantes acerca de lo que le sucede a los alimentos (que se descomponen) que observaron a través de los videos			
Categoría	¿Qué le sucede a los alimentos que viste en los videos?	No. de respuestas identificadas (N=31)	
La descomposición de los alimentos	<i>Se descomponen</i>	10/31	33%
	<i>Se echan a perder</i>	6/31	19.5%
	<i>Se pudren</i>	4/31	13%
	<i>Se echan a perder por el moho</i>	5/31	16.5%
	<i>Se descomponen por el moho</i>	1/31	3%
	<i>El moho echo un líquido y hace que se descomponga</i>	1/31	3%
	<i>Se lo come el moho</i>	1/31	3%
	<i>Se echan a perder por el tiempo</i>	2/31	6%
	Cambios sensoriales	1/31	3%

En los resultados que muestro en la Tabla 30, y que complementan los modelos intermedios contruidos en los resultados de la pregunta 2, podemos ver que el 65% de los estudiantes comentaron que se descomponían, se echaron a perder o se pudrían, sin especificar alguna causa; el 25% de ellos, mencionó al moho como responsable de que se descompongan los alimentos; el 6% de los estudiantes dicen que es el tiempo lo que los echa a perder; y el 3% (estudiante # 20) escribió que: “a las fresas le fue saliendo como una cama de algodón, al jitomate le salieron como un pasto aplastado y a la mandarina igual”, y que en general, lo resumí en cambios sensoriales.

En cuanto a la pregunta 2, el objetivo fue identificar cómo se descomponen los alimentos, concretamente, el proceso que se lleva a cabo para que se dé este fenómeno. Así mismo, la categoría de análisis para esta pregunta fue: el moho en el proceso de la descomposición de alimentos.

Pregunta 2

¿Cómo se descompusieron o se echaron a perder los alimentos? Explica el proceso.

Enseguida, de acuerdo a las respuestas que expusieron los estudiantes en esta pregunta, de la Figura 18 a la 23, muestro gráficamente los modelos intermedios que construyeron.

Modelos intermedios del fenómeno de la descomposición de alimentos

Figura 18. Modelo intermedio de los estudiantes I1 (6/31= 19%), acerca de cómo se descompusieron o se echaron a perder los alimentos que observaron a través de los videos. Fuente: Elaboración propia.



Figura 19. Modelo intermedio de los estudiantes I2 (5/31= 16%), acerca de cómo se descompusieron o se echaron a perder los alimentos que observaron a través de los videos. Fuente: Elaboración propia.



Figura 20. Modelo intermedio de los estudiantes I3 (4/31= 13%), acerca de cómo se descompusieron o se echaron a perder los alimentos que observaron a través de los videos. Fuente: Elaboración propia.



Figura 21. Modelo intermedio de los estudiantes I4 (4/31= 13%), acerca de cómo se descompusieron o se echaron a perder los alimentos que observaron a través de los videos. Fuente: Elaboración propia.

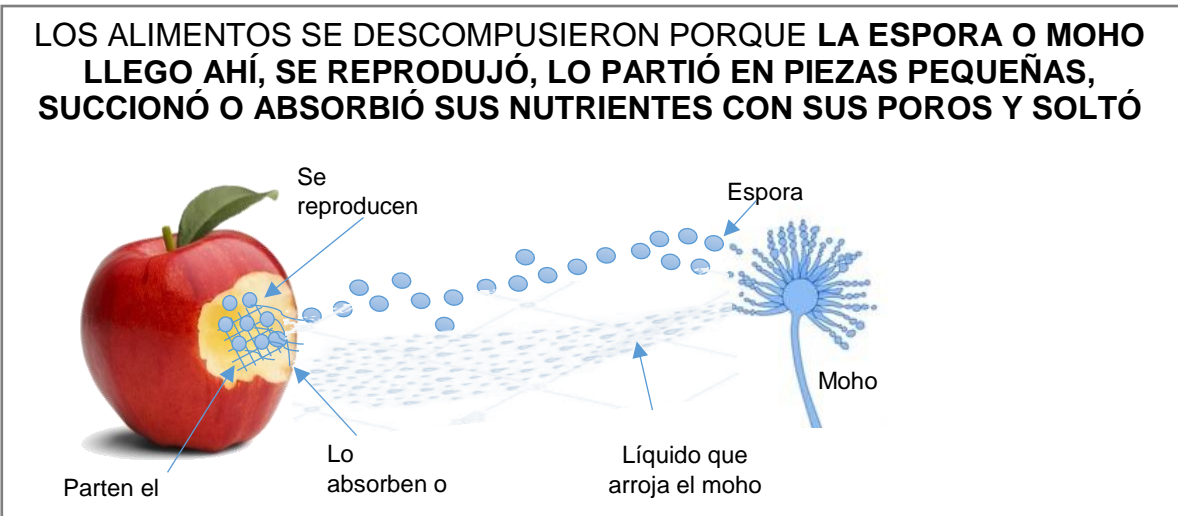
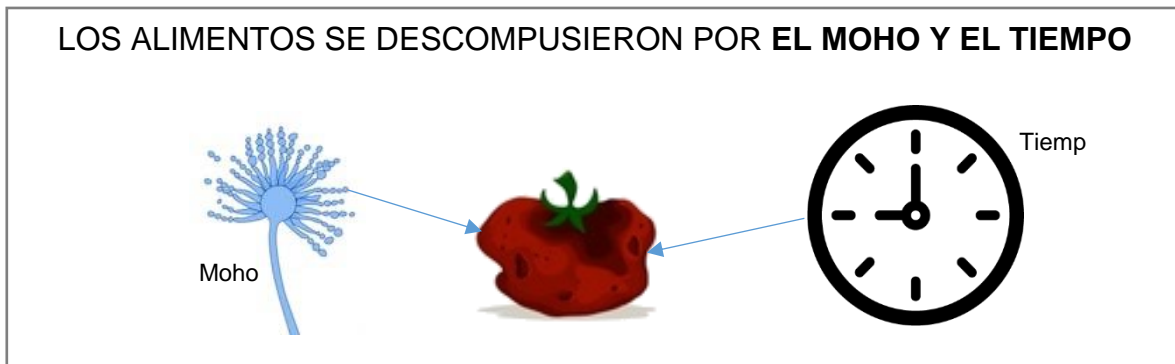


Figura 22. Modelo intermedio de los estudiantes I5 (3/31= 10%), acerca de cómo se descompusieron o se echaron a perder los alimentos que observaron a través de los videos. Fuente: Elaboración propia.



Figura 23. Modelo intermedio de los estudiantes I6 (3/31=10%), acerca de cómo se descompusieron o se echaron a perder los alimentos que observaron a través de los videos. Fuente: Elaboración propia.



En general, se puede observar que algunos de los estudiantes, cuentan con elementos clave que constituyen el modelo de nutrición del moho, como la secreción de exoenzimas, que, si bien no lo explican así, mencionan que *“los mohos producen y echan una sustancia líquida a través de sus poros”*.

Del mismo modo, y de acuerdo al segundo instrumento aplicado, se puede apreciar que los modelos intermedios encontrados en esta fase, respecto al fenómeno de la descomposición de alimentos, específicamente, dos de ellos, el I4 e I5, son los que mencionan 3 entidades enunciadas en el MCEA que fueron: moho, alimento y aire, así como algunas de las propiedades de dichas entidades. Asimismo, identifican la relación que existe entre el microorganismo (moho) y la materia orgánica (alimento). Sin embargo, no mencionan si el alimento debe estar partido, dañado o frágil en su superficie para que el moho colonice rápidamente.

Paralelamente, los alumnos mencionan al aire, como un medio de transporte para que se desplace el moho o la espora y pueda llegar al alimento. No obstante, no mencionan alguna de las propiedades que tiene esta entidad, como, por ejemplo, que es gaseoso o que hay oxígeno en él. Lo cierto es que al hacer una comparación con lo que para ellos, era un microorganismo, que realizaron en la primera fase de la secuencia didáctica, la mayoría dibujó formas ovaladas, redondas o parecidas a una lombriz o gusano, por lo cual podría inferirse que pensaban que estos seres vivos se arrastraban para llegar a su objetivo.

En cuanto a los resultados de las preguntas 1 y 3, apoyaron para complementar los modelos construidos de la pregunta 2. Por ejemplo, más de la mitad de los estudiantes, dijeron que se descomponían, se echaron a perder o se pudrieron, lo cual engloba lo que observaron a través de los videos, y que los principales causantes de la descomposición, son los mohos, de acuerdo a lo que respondieron en la pregunta dos.

Modelos alcanzados acerca del fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos

En cuanto a los modelos construidos o alcanzados por los estudiantes, acerca de este fenómeno, identifiqué varios de ellos. Por ello, decidí dividirlos entre aquellos en los que interviene: el alimento y el microorganismo (moho) que arroja una sustancia para descomponerlo; el alimento, el microorganismo (moho) y una condición ambiental; el alimento, el microorganismo (moho), una condición ambiental y hablar de la función 'reproducción'; un microorganismo que absorbe los nutrientes del alimento y del aire como el medio de transporte para que llegue la espora al alimento; solo condiciones ambientales para que se descomponga el alimento. A continuación, de la Figura 24 a la 29, muestro gráficamente cada uno de ellos.

Figura 24. Modelo alcanzado por los estudiantes B1 (15/34= 44%), acerca de cómo y por qué se descomponen o se echan a perder los alimentos. Respuestas del *Cuestionario B (Modelos Alcanzados)*. Fuente: Elaboración propia.



Figura 25. Modelo alcanzado por los estudiantes B2 (4/34= 12%), acerca de cómo y por qué se descomponen o se echan a perder los alimentos. Respuestas del *Cuestionario B (Modelos Alcanzados)*. Fuente: Elaboración propia.

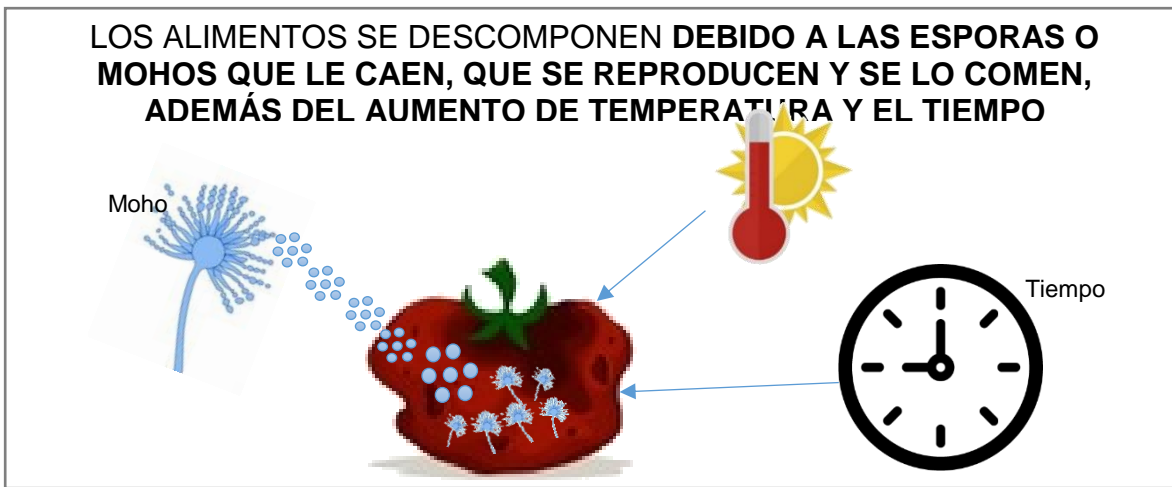


Figura 26. Modelo alcanzado por los estudiantes B3 (3/34= 9%), acerca de cómo y por qué se descomponen o se echan a perder los alimentos. Respuestas del *Cuestionario B (Modelos Alcanzados)*. Fuente: Elaboración propia.

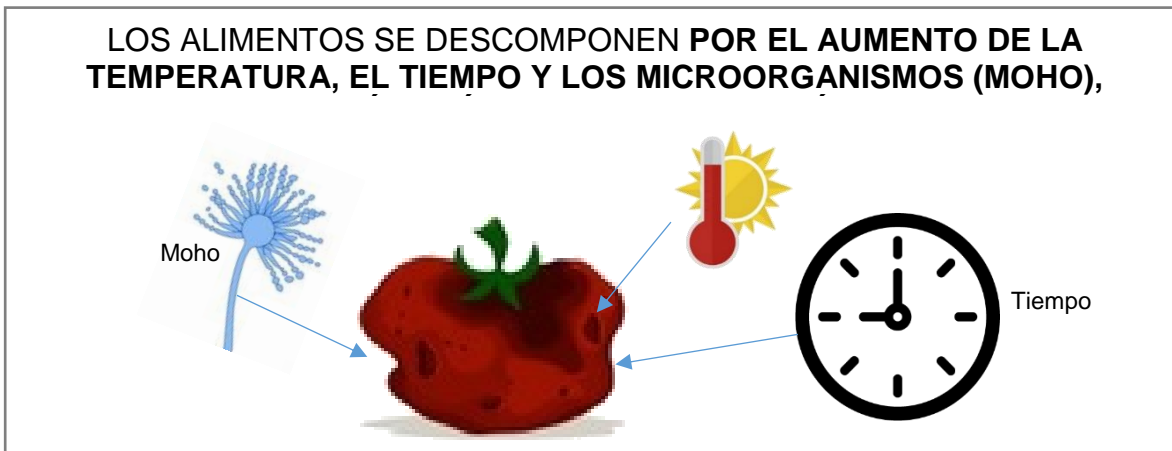


Figura 27. Modelo alcanzado por los estudiantes B4 (3/34= 9%), acerca de cómo y por qué se descomponen o se echan a perder los alimentos. Respuestas del *Cuestionario B (Modelos Alcanzados)*. Fuente: Elaboración propia.

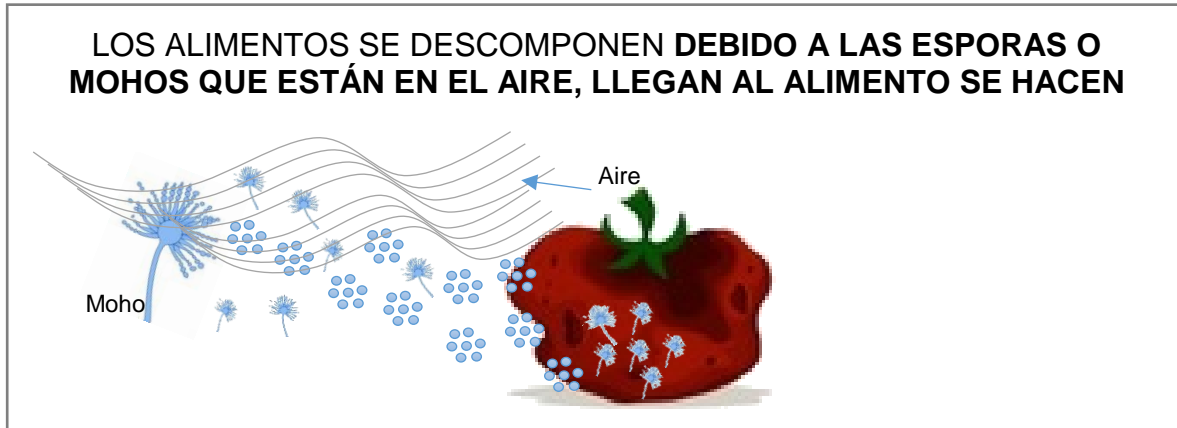


Figura 28. Modelo alcanzado por los estudiantes B5 (3/34= 9%), acerca de cómo y por qué se descomponen o se echan a perder los alimentos. Respuestas del *Cuestionario B (Modelos Alcanzados)*. Fuente: Elaboración propia.

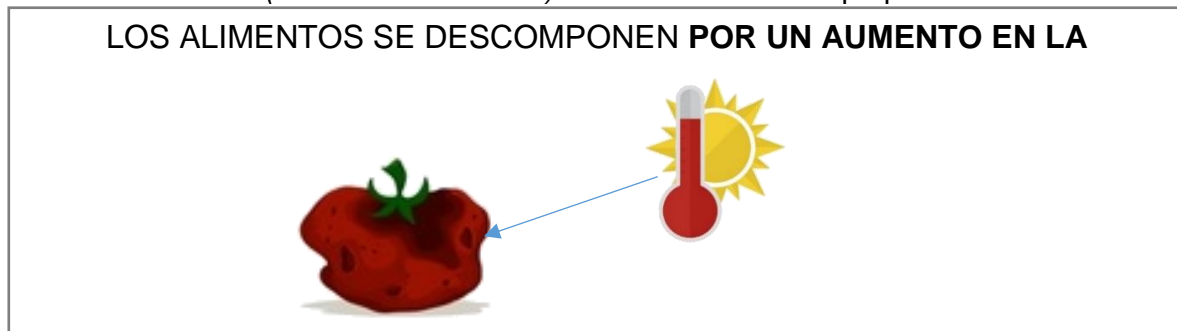
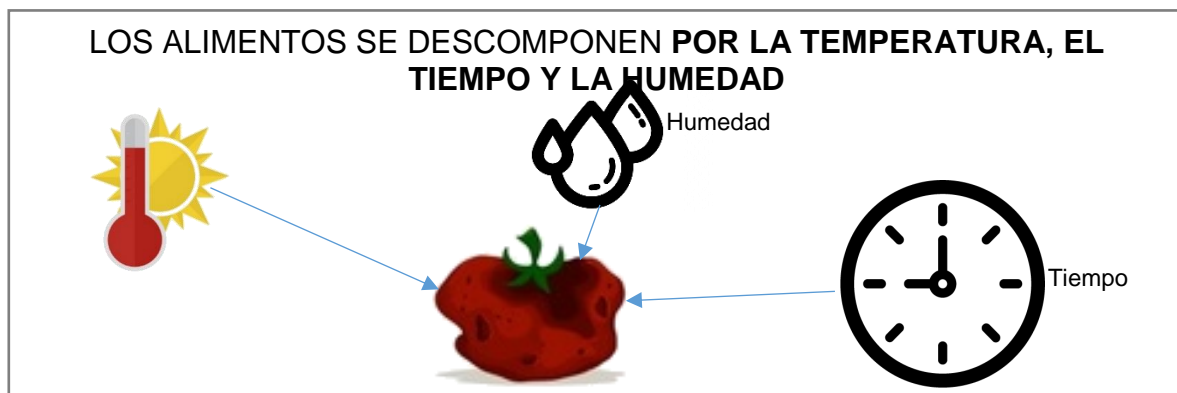


Figura 29. Modelo alcanzado por los estudiantes B6 (3/34= 9%), acerca de cómo y por qué se descomponen o se echan a perder los alimentos. Respuestas del *Cuestionario B (Modelos Alcanzados)*. Fuente: Elaboración propia.



Derivado de los 6 modelos alcanzados más representativos, por parte de los estudiantes de 4º grado de primaria, acerca del fenómeno de la descomposición de alimentos, puedo deducir que pocos de ellos, cuentan con los componentes principales del MCEA. En el caso del B1, se enfocó en uno de los pasos de la nutrición del moho, es decir, en la secreción de exoenzimas, y que es un componente de 'relación', no obstante, no mencionaron que después de secretar, el moho absorbe los nutrientes del alimento. Por otro lado, el B2, guardó una explicación más precisa que el anterior, ya que aquí los estudiantes si mencionan que es debido a las esporas que le caen al alimento, se reproducen y se lo comen, aunque no explican cómo o de qué manera se lo comen; y además de ello, mencionan dos condiciones ambientales principales, que fue un aumento en la temperatura y el tiempo.

En cuanto al B3, si bien, los estudiantes mencionan algunas de las condiciones ambientales, como el aumento en la temperatura o el tiempo, al señalar a los microorganismos, no explican cómo o de qué manera éstos descomponen el alimento, es decir, no identifican la relación entre el alimento y el moho. En cambio, en el modelo B4, los estudiantes si explican por qué se descomponen los alimentos, y manifiestan que es debido a las esporas o mohos que están en el aire, llegan al alimento y absorben sus nutrientes.

Respecto al modelo B5 y B6, se enfocaron, únicamente, en las condiciones ambientales, como el aumento en la temperatura y/o el tiempo y/o la humedad.

Para simplificar, en la Tabla 31, muestro los componentes de los modelos iniciales, intermedios y alcanzados, a fin de hacer una comparación entre cada uno y observar su transformación en cada una de las fases de la secuencia didáctica.

Tabla 31. Modelos explicativos de los estudiantes, construidos en cada una de las fases de la secuencia didáctica, acerca de cómo o por qué se da el fenómeno de la descomposición de alimentos. Fuente: Elaboración propia

MODELOS EXPLICATIVOS DE LOS ESTUDIANTES ACERCA DEL FENÓMENO DE LA DESCOMPOSICIÓN DE ALIMENTOS CONSTRUIDOS EN CADA UNA DE LAS FASES DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA									
COMPONENTES IDENTIFICADOS DEL MCEA, EN:	FASE DE INICIO			FASE DE CONSTRUCCIÓN DE IDEAS		FASE DE APLICACIÓN Y REVISIÓN			
	Modelos Cognitivos Iniciales (MCI)	No. de respuestas identificadas (N=36)		Modelos Intermedios (MI)	No. de respuestas identificadas (N=31)		Modelos Alcanzados (MA)	No. de respuestas identificadas (N=34)	
Todos los modelos <ul style="list-style-type: none"> • Entidades: Ser Vivo (insectos, MCI; o microorganismos, MI y MA) y materia orgánica (alimento) • Relación: el moho secreta exoenzimas al alimento (MA), después, se lo comen (MI) 	A3. Los alimentos se descomponen o se echan a perder por seres vivos, como moscas u hormigas, ya sea que se la coman o la chupen	4/36	11%	I1. El moho o “los microorganismos se lo comieron y lo descomponen con un líquido” que éste arroja	6/31	19%	B1. Los alimentos se descomponen por la sustancia que arroja el moho	15/34	44%
				I2. No especifican quién, pero mencionan que es a causa de un líquido o de una mordida que le dieron al alimento	5/31	16%			
MI y MA <ul style="list-style-type: none"> • Entidades: Ser Vivo (microorganismo), alimento y aire • Propiedades: moho (se reproduce, absorbe nutrientes); alimento (tiene nutrientes) • Relación: el moho secreta exoenzimas al alimento, después, absorbe sus nutrientes; el alimento es colonizado por microorganismos; el aire como medio de transporte 	-	-	-	I4. La espora o moho llega al alimento por el aire, se reproduce, parte el alimento en piezas pequeñas, lo succiona o absorbe sus nutrientes con sus poros, suelta un líquido que lo echa a perder	4/31	12%	B4. Los alimentos se descomponen debido a las esporas o mohos que están en el aire, llegan al alimento se hacen mohos y absorben sus nutrientes	3/34	9%
				I5. El moho o la espora se desplaza por el aire, llega o cae en el alimento y hacen que se eche a perder	3/31	9%			

MODELOS EXPLICATIVOS DE LOS ESTUDIANTES ACERCA DEL FENÓMENO DE LA DESCOMPOSICIÓN DE ALIMENTOS CONSTRUIDOS EN CADA UNA DE LAS FASES DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

COMPONENTES IDENTIFICADOS DEL MCEA, EN:	FASE DE INICIO			FASE DE CONSTRUCCIÓN DE IDEAS			FASE DE APLICACIÓN Y REVISIÓN		
	Modelos Cognitivos Iniciales (MCI)	No. de respuestas identificadas (N=36)		Modelos Intermedios (MI)	No. de respuestas identificadas (N=31)		Modelos Alcanzados (MA)	No. de respuestas identificadas (N=34)	
MI <ul style="list-style-type: none"> • Entidades: Ser Vivo (microorganismo-moho) y alimento • Condiciones: tiempo MA <ul style="list-style-type: none"> • Entidades: Ser Vivo (microorganismo), alimento y aire • Propiedades: moho (se reproduce, absorbe nutrientes); alimento (tiene nutrientes) • Relación: el moho secreta exoenzimas al alimento, después, absorbe sus nutrientes; el alimento es colonizado por microorganismos; el aire como medio de transporte • Condiciones: tiempo y temperatura 	-	-	-	16. Por el moho y el tiempo	3/31	9%	B2. Los alimentos se descomponen debido a las esporas o mohos que le caen, que se reproducen y se lo comen, además del aumento en la temperatura y el tiempo	4/34	11%
MCI y MA <ul style="list-style-type: none"> • Entidades: alimento • Condiciones: aumento de temperatura • Proceso intrínseco (solo MCI) 	A1. Los alimentos se descomponen por el aumento en la temperatura y porque no se los comen. En el refrigerador, no pasa eso	13/36	36%	-	-	-	B5. Los alimentos se descomponen por el aumento en la temperatura	3/34	9%
MCI y MA <ul style="list-style-type: none"> • Entidades: alimento • Condiciones: alimento dañado (solo el MCI), tiempo, temperatura 	A4. Los alimentos se echan a perder por el calor y el paso del tiempo, y por estar partido, abierto o maltratado	4/36	11%	-	-	-	B6. Los alimentos se descomponen por aumento en la temperatura, el tiempo y la humedad	3/34	9%
MCI y MI <ul style="list-style-type: none"> • Entidades: alimento • Condiciones: tiempo • Explicación: cambios sensoriales 	A2. El fenómeno es causado por el paso del tiempo y se nota por su color, olor y textura	10/36	27%	I3. Hubo cambio sensorial (se hizo aguado, se encogió, le salió pasto) y se descompuso	4/31	12%	Hubo cambios sensoriales (color, olor, sabor, textura [aguado o enlamado] o tamaño)	28/34	82%

En la Tabla 31, se resumen los múltiples modelos construidos en cada momento de la SD. A continuación, analizaré su transformación, al contrastar sus diferencias y de acuerdo a los componentes que lo integran, respecto al MCEA. Algunos de ellos los acompañaré con ejemplos de los estudiantes.

1. Modelos en donde se ubicaron entidades (insecto o moho y alimento) y la relación entre el moho y el alimento

En estos modelos se aprecia que los estudiantes, en un inicio, pensaban que las moscas u hormigas se comían al alimento y que los echaban a perder, aunque no mencionaban de qué forma o cómo los descomponían. En la segunda fase de la SD, sus modelos presentan una diferencia radical, al mencionar a los mohos (microorganismos) como los responsables de comerse al alimento y descomponerlo, mediante un líquido, que éstos arrojan. Sin embargo, no describen cómo el moho hace cada actividad (la de comer y arrojar líquido). Infiero que aquí, aún cuentan con pocos elementos para explicar el fenómeno. Por otra parte, en los MA (modelos alcanzados), varios de los estudiantes indicaron que los microorganismos son quienes descomponen a los alimentos, mediante un líquido que éstos arrojan, pero aquí continúan sin explicar cómo o de qué manera lo hacen, además, dejan fuera, que los microorganismos son quienes se lo comen, por lo que su modelo explicativo queda incompleto, en comparación con lo postulado en el MCEA.

Respecto a los porcentajes (11%, 35% y 44% respectivamente) que van de menor a mayor, entre la fase de inicio, hasta la de aplicación y revisión, puedo decir que los resultados fueron satisfactorios debido a que consideraron la participación de los mohos, en el proceso de descomposición de alimentos.

2. Modelos en donde se ubicaron entidades (moho, alimento y aire), propiedades, relaciones entre ellas y condiciones (temperatura y tiempo)

En sus MCI, identifiqué algunos que contaron con, al menos, uno de los componentes del MCEA. Sin embargo, los estudiantes no sabían a ciencia cierta cómo o de qué manera se relacionaba con la descomposición del alimento; mientras

que en sus MI, también ubiqué algunos de los componentes, solo que aquí se aprecia una explicación generalizada de cómo se da el fenómeno. Por ejemplo, hubo un 12% de estudiantes, que mencionó una de las partes del moho, que es la espora; además indicó que ésta se reproduce en el alimento, lo cual es científicamente cierto, como lo explican Campbell y Reece (2012) “las esporas que llegan a un alimento húmedo, germinan y crecen formando nuevos micelios”, que, a su vez, están conformados de hifas. Del mismo modo, en su explicación, los estudiantes indicaron que “*el moho parte el alimento en piezas pequeñas*”, tal como lo precisan los mismos autores “los mohos secretan exoenzimas muy poderosas, capaces de degradar moléculas, en compuestos orgánicos más pequeños que los hongos” (pág. 609); también, los estudiantes mencionaron que el moho absorbe los nutrientes del alimento con o a través de sus poros.

Otro aspecto muy relevante que incluye este porcentaje de estudiantes, es que dijeron que la espora llega al alimento, por medio del aire, que, como lo menciono en el MCEA, es su medio de transporte, lo que los ayuda a trasladarse. Ciertamente, al relacionar su explicación con los dibujos que hicieron sobre lo que era un microorganismo, en varios de ellos pude notar que no les dibujaron patitas o alas, para que pudieran moverse. Por lo que deduzco que estos alumnos sabían con claridad, que había algo externo que los ayudaba a moverse, en este caso, el aire.

En estos modelos se construye una explicación más precisa de cómo se reproduce, se transporta y se nutre el moho, pues en ellos casi se configura, el proceso de la descomposición de los alimentos, lo cual es muy grato saberlo, debido a que apenas estaba en la fase intermedia de la SD, no obstante, solo un 9% de los estudiantes, mencionó la condición ‘tiempo’, pero no aclararon cómo o de qué manera influía esta condición en la descomposición de alimentos, por ejemplo, que esto ayudaba a que las colonias de mohos crecieran.

Por otro lado, en esta misma fase, existió otro 12% de estudiantes que explicaron cómo el moho o la espora se desplazan por el aire para llegar al alimento y hacen que se echen a perder, pero como tal, no explican detalladamente, esta última parte.

Ya en los *Modelos Alcanzados* por los estudiantes, se observa que un 9% explica lo mismo que el primer 12% de estudiantes en comparación con sus *Modelos Intermedios*, pues dejan fuera las condiciones ambientales. Aunque existió un 11% que si las incluyó, en el caso de la condición ‘aumento de la temperatura’, supongo que ellos (los alumnos), la pensaron como algo que afectaba directamente al alimento, como que la hacía aguada, que la cambiaba de color o hacía que desprendiera malos olores, es decir, que la temperatura contribuía a que hubiera cambios sensoriales; y no como un factor clave para la reproducción prolifera de los mohos. En el caso de la condición ‘tiempo’ ocurrió lo contrario, pues en algunos modelos, los alumnos explicaron que era debido a que había crecido la colonia de mohos, como la estudiante # 17 que escribió “*se descompuso porque lo dejaron afuera y con el paso del tiempo se fue pudriendo es cuando el moho baa cresi endo y basiendo que se pudra*”, o en el caso de la estudiante # 34, quien dijo “*el jitomate por los días se extiende mohos adentro de el jitomate y heso hace que se eche a perder*”.

Hubo otro 9% de estudiantes que si mencionó la temperatura y el tiempo, así como la participación de los microorganismos en el proceso de descomposición, solo que en sus explicaciones faltó profundizar en las relaciones que había en estos componentes.

3. Modelos en donde se ubicaron entidades (alimento), condiciones (temperatura, tiempo y humedad) y regla de inferencia (cambios sensoriales)

En general, lo que ubiqué en este rubro, fue que los modelos construidos en cada una de las fases de la SD, mostraron la condición ‘temperatura’ como la responsable de echar a perder o descomponer los alimentos; y en menor porcentaje, el paso del tiempo y la humedad. Lo que destacaría es que un 36% de los estudiantes, en los MCI dijeron que era un proceso intrínseco del alimento, sin embargo, al comparar dichos modelos, con los MA, en ninguno de ellos se identificó esta explicación. Por otro lado, respecto a los cambios sensoriales, hubo un 27% que los mencionó en sus MCI, no obstante, disminuyó el porcentaje (12%) en sus modelos intermedios; mientras que en los MA, aumentó de manera considerable a un 82%. Cabe aclarar,

que los cambios sensoriales identificados en los MA, aparecen en la mayoría de sus dibujos (28/34), que, aunque no los mencioné, quise dejar este aspecto de manera particular, para poder compararlo con sus modelos iniciales y notar las diferencias entre un antes y un después de aplicar la SD.

En cuanto a la **pregunta 8**, su objetivo fue saber si los estudiantes distinguían las condiciones necesarias para el crecimiento de los mohos. Las **categorías** de análisis, fueron las **condiciones ambientales**, como: **temperatura, humedad y tiempo**. En la Tabla 32 se hace una comparación entre los resultados del *Cuestionario A, Modelos Iniciales* y el *Cuestionario B, Modelos Alcanzados*.

Pregunta 8

¿Crees que el lugar en donde está un alimento, tenga alguna relación para que se descomponga o se eche a perder?, ¿por qué?

Tabla 32. Aspectos relacionados con el lugar donde se encuentra un alimento para que se descomponga, ubicados en el *Cuestionario A (Modelos Iniciales)* y en el *Cuestionario B (Modelos Alcanzados)*. Fuente: Elaboración propia.

Aspectos que identificaron los estudiantes de acuerdo al lugar en donde se deja un alimento para que se descomponga										
Categoría: condiciones para el crecimiento de microorganismos										
Respuesta a pregunta 1	Cuest. A		Cuest. B		Cuestionario A, Modelos Iniciales			Cuestionario B, Modelos Alcanzados		
	No. de respuestas (N=37)		No. de respuestas (N=34)		Respuesta a pregunta 2	No. de respuestas (N=37)		Respuesta a pregunta 2	No. de respuestas (N=34)	
Sí	15/37	40%	14/34	41%	Temperatura	6/37	16%	Temperatura	4/34	12%
					Tiempo	1/37	3%	-	-	-
					Gérmenes	2/37	6%	Moho arroja un líquido que lo descompone	2/34	6%
								Moho está en todas partes o llega volando	2/34	6%
								Moho se introduce al alimento y lo absorbe	1/34	3%
					-	-	-	Alimento destapado, no está limpio o	1/34	3%

Aspectos que identificaron los estudiantes de acuerdo al lugar en donde se deja un alimento para que se descomponga										
Categoría: condiciones para el crecimiento de microorganismos										
								no lo consumen		
					Incodificable	5/37	13.5%	Incodificable	4/34	12%
No	8/37	22%	11/34	32.5%	Temperatura	2/37	6%	Tiempo	1/34	3%
					-	-	-	Moho arroja un líquido que lo descompone	1/34	3%
					-	-	-	Moho se introduce al alimento y lo absorbe	2/34	6%
					-	-	-	Moho está en todas partes o llega volando	1/34	3%
					Tipo material	3/37	8%	-	-	-
					Lugar seguro	1/37	3%	Alimentos protegidos	1/34	3%
					No respondió	2/37	5%	Incodificable	4/34	12%
					No respondió	2/37	5%	Incodificable	4/34	12%
No la respondió	14/37	38%	9/34	26.5%	Temperatura	5/37	14%	-	-	-
					Tiempo	1/37	3%	-	-	-
					Incodificable	4/37	11%	-	-	-
					No respondió	4/37	11%	-	-	-

En la Tabla 32, se observa que el 41% de los estudiantes que sí respondieron la subpregunta 1, tanto del *Cuestionario A*, como del *Cuestionario B*, piensan que sí existe alguna relación con el lugar en donde se deja o coloca el alimento para que se descomponga. Sin embargo, al hacer un acercamiento a sus respuestas, respecto al primer cuestionario, el 16% de ellos, lo relacionan con la temperatura y el 3% con el tiempo. Asimismo, hubo un 38% de alumnos que no contestaron la primera pregunta, pero algunos de ellos, sí contestaron la segunda. Mientras que en el segundo cuestionario (el *B*), el 12% de sus respuestas estuvieron enfocadas en la temperatura; un 15% en los mohos; y un 3% en que se echan a perder porque el alimento está destapado, no está limpio o no lo consumieron.

Por otro lado, el 6% de los estudiantes del Cuestionario A, relacionaron que el lugar en donde se coloca el alimento para que se deteriore, tiene que ver con gérmenes. Aunque los mencionan, puedo inferir que desconocen lo que son los gérmenes y

cómo éstos se podrían relacionar con los alimentos (cabe aclarar que esta investigación se centra en la descomposición de alimentos del tipo microbiológico, específicamente, por mohos). Al compararlo con los resultados del *Cuestionario B*, se aprecia un aumento considerable en el porcentaje (12%) de alumnos que reconocieron la participación del moho (y no la de los gérmenes) para que se eche a perder un alimento, pues en algunas de sus respuestas aclaran que el moho está en todas partes, lo cual resulta satisfactorio, porque llegar a este nivel de detalle con ellos, resultó muy complejo.

Por otro lado, un 3% lo relacionaron con el tiempo; y otro 3% porque el alimento estaba protegido, aunque no especificaron con qué. Hubo un 24% de las respuestas que fueron incodificables.

En general, me parece que esta pregunta no fue del todo comprendida por el tipo de respuestas que recibí por parte de los estudiantes. Por ello, decidí hacer una triangulación de datos (Erickson, 2012), para que las respuestas de las preguntas planteadas, se complementaran entre sí. Revisar el Capítulo 4.

Con relación a las **preguntas 9 y 10**, haré un análisis en conjunto ya que se complementan. El objetivo de la pregunta 9, fue reconocer en los estudiantes, sus hábitos de reciclaje y como **categoría** de análisis fue: ***hábitos de reciclaje***. En el caso de la 10, su objetivo fue ver si los estudiantes reconocían que la descomposición forma parte del ciclo de la materia, además de deducir que los alimentos en descomposición tienen una utilidad posterior. Respecto a las **categorías** de análisis, esta vez fueron: el ***papel de la descomposición en el ciclo de la materia y la utilidad de los alimentos en descomposición***.

Es oportuno aclarar que la categoría de análisis de la pregunta 9, no está enunciada como tal, en el MCEA, no obstante, la agregué debido a que el fenómeno de la descomposición de alimentos, se relaciona con el Ciclo de la Materia, debido a que el aporte fundamental de los microorganismos, radica en ser uno de los principales actores en descomponer (fragmentar) la materia ((Domínguez, Aira y Gómez-Brandón, 2009), para que otros organismos (Trautmann ynn, 1997), como las plantas, sean capaces de nutrirse de lo que ellos descomponen. Ahora bien, si los

estudiantes lograban identificar esto último, podrían ver la utilidad que tiene separar la basura. Por lo tanto, se pretendía conocer dichos hábitos para ver la manera en la cual podríamos incidir en este aspecto, sobre todo, en la propuesta de actividades que los estudiantes realizarían (ver Tabla 33).

Pregunta 9

En tu hogar, cuando un alimento se descompone o se echa a perder, ¿qué le hacen? Marca dentro del cuadro en blanco una X en la opción que en tu casa tú realices.

- a) Lo tiras en cualquier lugar de tu hogar
- b) Lo tiras en cualquier bote de basura de tu hogar
- c) Lo tiras al bote de basura orgánica que está en tu hogar
- d) Otro

Tabla 33. Hábitos de reciclaje que marcaron los estudiantes acerca de los alimentos que están descompuestos o echados a perder. Fuente: Elaboración propia.

Respuestas de los estudiantes sobre los hábitos de reciclaje que practican							
Categoría	Opciones de respuesta	Cuestionario A			Cuestionario B		
		Fue marcada esta opción:	No. de respuestas identificadas (N=35)		Fue marcada esta opción:	No. de respuestas identificadas (N=33)	
Hábitos de reciclaje	a) Tirar en cualquier lugar del hogar	Sí	1/35	3%	Sí	0/33	0%
		No	33/35	94%	No	33/33	100%
	b) Tirar en cualquier bote de basura del hogar	Sí	10/35	29%	Sí	10/33	30%
		No	24/35	69%	No	23/33	70%
	c) Tirar en bote de basura orgánica del hogar	Sí	23/35	66%	Sí	22/33	67%
		No	11/35	31%	No	11/33	33%
	d) Otro	Sí	1/35	2%	Sí	1/33	3%
No marcaron alguna opción	-	3/35	9%	-	-	-	

Como se aprecia, en ambos cuestionarios (A y B) la mayoría de los estudiantes (62% y 65% respectivamente) dicen que cuando un alimento se descompone o se echa a perder, lo tiran al bote de basura orgánica. Sin embargo, puedo deducir que desconocen el motivo o la razón del por qué lo tienen que colocar allí, a partir de sus respuestas, que veremos más adelante. Además, otro aspecto relacionado indirectamente con este tema, es que en el Estado de México aún no entra en vigor

la nueva Norma Ambiental de Separación de Residuos, titulada NADF-024-AMBT-2013 (Gaceta Oficial del Distrito Federal, 8 de julio de 2015), que, desde el año 2017, se aplica en la Ciudad de México, en donde se solicita a la ciudadanía separar sus residuos en 4 rubros: orgánicos, inorgánicos reciclables, inorgánicos no reciclables y de manejo especial y voluminoso. Y la población con la que trabajé se ubica o vive en el Estado de México.

Sólo la alumna #13 dijo que sus alimentos descompuestos “se lo echan a las plantas”, aunque no especificó la causa o el motivo del por qué lo colocaban allí.

Pregunta 10

Los alimentos descompuestos o echados a perder ¿tienen que colocarse en un lugar específico?, ¿por qué?

En esta pregunta sí se les pidió dar una explicación de la misma. Ver Tabla 34.

Tabla 34. Razones que dieron los estudiantes del por qué se deben colocar los alimentos descompuestos, en lugares específicos. Fuente: Elaboración propia.

Razones del por qué se deben colocar los alimentos descompuestos en lugares específicos											
Categoría: Papel de los microorganismos en la descomposición de alimentos y su función en el ciclo de la materia											
Cuestionario A, Modelos Iniciales					Cuestionario B, Modelos Alcanzados						
Respuesta pregunta 1	No. de respuestas		¿Por qué?	No. de respuestas (N=37)		Respuesta pregunta 1	No. de respuestas (N=34)		¿Por qué?	No. de respuestas (N=34)	
Si	10/37	27%	Mal olor	5/37	13.5%	Si	14/34	41%	Mal olor	4/34	12%
			Dañino para alimento	1/37	3%				Para no dañar a otros alimentos	4/34	12%
			-	-	-				Están echados a perder	2/34	6%
			-	-	-				Derraman líquido	1/34	3%
			-	-	-				Hacen daño (enferman)	1/34	3%
			Incodificable	2/37	6%				Incodificable	2/34	6%
			No respondió	2/37	6%				-	-	-
No	6/37	16%	No sirve	1/37	3%	No	5/34	15%	Están echados a perder	1/34	3%
			Incodificable	2/37	6%				Se tira a basura orgánica	2/34	6%

			No respondió	3/37	9%				Incodificable	2/34	6%
No la respondieron	21/37	57%	Mal olor	2/37	6%	No la respondieron	15/34	44%	Mal olor	5/34	15%
			Dañino para la salud	2/37	6%				Para no contaminar	1/34	3%
			En el refrigerador	1/37	3%				Hacen daño (enferman)	1/34	3%
			En la basura	2/37	6%				-	-	-
			No sé	2/37	6%				-	-	-
			Incodificable	5/37	13.5%				Incodificable	5/34	15%
			No respondió	7/37	19%				No respondió	3/34	9%

En la Tabla 34, se puede observar que las respuestas dadas en el *Cuestionario A*, estuvieron orientadas al mal olor que desprenden los alimentos cuando se descomponen, y que por ello, deben colocarse en un lugar específico. Por ejemplo, el 13.5% comentó que era por el mal olor que desprendían. En palabras de ellos mismos, dijeron: “*así no va a dar mal olor*” (estudiante # 10); “*porque si no huele feo*” (estudiante # 22); “*porque se apesta*” (estudiante # 35); o “*porque dan un mal olor y se pueden batir*” (estudiante # 38). Un 9% de estudiantes comentó que era dañino para el alimento o para la salud.

Las respuestas del *Cuestionario B* fueron muy similares, aunque aquí el 27% (cantidad mayor en comparación con el *Cuestionario A*) de estudiantes dijo que era por el mal olor; un 12% comentó que era para que no le hicieran daño a otros alimentos; un 9% expuso que era porque estaban echados a perder; un 6% que porque hacen daño; otro 6% que se tira a basura orgánica; y solo un 3% comentó que era para no contaminar.

Es probable, que la pregunta no fuera tan directa, y que por ello, las respuestas no estuvieran enfocadas en la utilidad que pudieran tener los alimentos en descomposición. Sin duda, no fue tarea fácil lograr que los estudiantes identificaran esta relación, pero, no está por demás mencionar que, el contexto escolar en donde se llevó a cabo esta tarea, influyó para su alcance.

Uno de los instrumentos que complementa los resultados de esta respuesta, y que, además, fue una actividad que estuvo ubicada en la fase de aplicación y revisión de la SD, fue el titulado ‘*Modelo del fenómeno de la descomposición de alimentos en relación con el ciclo de la materia*’. El propósito de este instrumento fue que “transfirieran los aprendizajes construidos, a partir de manipulaciones y experiencias de ejemplos concretos, [así como] ampliar el campo de situaciones y fenómenos que se pueden explicar con el modelo” (Sanmartí, 2002) construido hasta ese momento, “a otros núcleos de experiencias con los que están relacionados, pero cuya relación no perciben” (p.192), en particular, lo que le sucede a las hojas secas de los árboles y cómo su descomposición puede relacionarse con el ciclo de la materia. Por lo que a continuación veremos si fue posible que logran trasladarlos.

En este instrumento se planteó la siguiente situación:

Te has preguntado por qué hay grandes cerros o montañas de basura de todo tipo, por ejemplo, bolsas de plásticos, llantas, vidrios, metales, unicel, pilas, cosas electrónicas, etc., y por qué no hay grandes abultamientos de hojas de árboles secos, si caen muchísimas durante todo el año. Explica y dibuja por qué sucede que no haya montones de hojas secas en diversos lugares, ¿qué pasa con ellas?

Las explicaciones y las descripciones de los dibujos que realizaron, los concentré en la Tabla 35 y Tabla 36.

Tabla 35. Explicaciones que dieron los estudiantes acerca de lo que pasa con las hojas secas. Caso presentado en el Instrumento FDA relacionado con el Ciclo de la Materia.

Fuente: Elaboración propia.

Categoría	¿Por qué sucede que no haya montones de hojas secas en diversos lugares?, ¿qué pasa con ellas?	No. de respuestas identificadas (N=33)	
Fenómeno de la descomposición de alimentos, relacionado	El aire las vuela	7/33	21%
	El aire las vuela y se la comen bichos o gusanos	3/33	9%
	Se secan y se deshacen o vuelan	4/33	12%
	El aire las vuela y el moho se alimenta de hojas por sus nutrientes	4/33	12%
	Los mohos se nutren de las hojas o plantas	4/33	12%

Categoría	¿Por qué sucede que no haya montones de hojas secas en diversos lugares?, ¿qué pasa con ellas?	No. de respuestas identificadas (N=33)	
con el Ciclo de la Materia	El moho las descompone y luego vuela a otra hoja	1/33	3%
	<i>El moho las descompone, hacen que se sequen y que se conviertan en tierra</i>	1/33	3%
	Las descompone el tiempo, les sale moho, se vuelven tierra, se las lleva el aire y desaparecen	1/33	3%
	Respuestas variadas	7/33	21%
	Incodificable	1/33	3%

Como se aprecia, en la Tabla 35, varias de las explicaciones que dan los estudiantes, son muy interesantes, pero hubo algunas, específicamente, un 33% (suma de las hileras en gris) de ellas, que me sorprendieron al mencionar al moho como aquél que se nutre de las hojas o como aquél que las descompone, incluso, un 6% de este mismo porcentaje, comentó que “*el moho las descompone, hacen que se sequen y que se conviertan en tierra*”, lo cual me pareció sorprendente debido a que se relaciona con una parte de lo que es el ciclo de la materia, como lo comentan Leach, Driver, Scott y Wood-Robinson (1996) “La materia será finalmente transferida a los descomponedores, y de ellos a la atmósfera y el suelo” aunque es probable que el estudiante no distinguiera que su respuesta concierne a una parte de lo que es este ciclo.

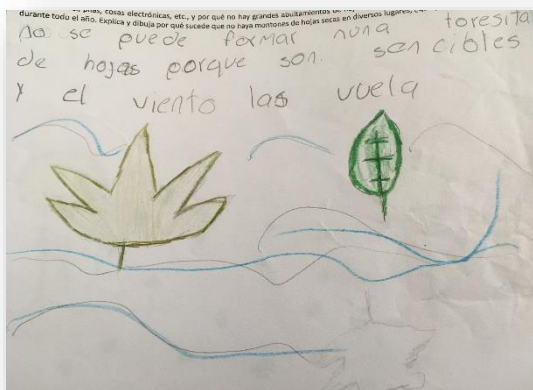
Otro 42% de estudiantes dijo que el aire las vuela y un 9% de este mismo porcentaje, comentó que se la comen los bichos, lo cual es cierto; no obstante, el objetivo era que logran explicar, que a las hojas les pasa lo mismo que a los alimentos, toda la materia orgánica, se descompone y se transfiere a la atmósfera o al suelo.

En definitiva, un tercio de los estudiantes logró transferir el fenómeno de la descomposición de alimentos, a lo que sucede con las hojas secas. Esto me parece un logro sorprendente, porque si no lo hubieran comprendido, al cambiarles la entidad, no hubiera sucedido algo o hubieran continuado con las explicaciones que mostraron en sus modelos iniciales. Este tercio de estudiantes consiguió identificar las relaciones que se dan entre las distintas entidades del fenómeno, y solo dos de ellas, tienen una noción muy general de la relación que existe con el ciclo de la materia.

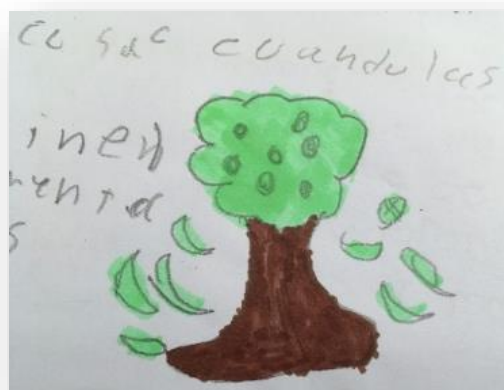
Tabla 36. Dibujos en donde los estudiantes explican el por qué se descomponen o se echan a perder los alimentos. Elaboración propia.

Dibujos que realizaron los estudiantes sobre el caso presentado en el Instrumento FDA relacionado con el Ciclo de la Materia			
Categoría	¿Por qué sucede que no haya montones de hojas secas en diversos lugares?, ¿qué pasa con ellas?	No. de respuestas identificadas (N=33)	
Fenómeno de la descomposición de alimentos, relacionado con el Ciclo de la Materia	Árbol con hojas que se caen	10/33	30%
	Hojas de árboles (verdes, amarillas o cafés)	10/33	30%
	Hojas con mohos	3/33	9%
	Montón de hojas secas	3/33	9%
	Árboles con hojas verdes o tronco amarillo	4/33	12%
	Dibujos variados (personas, objetos y hojas)	3/33	9%

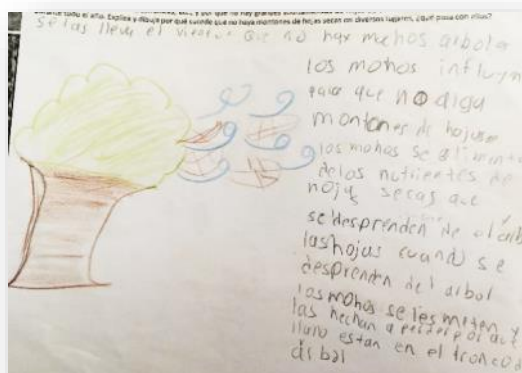
En sus dibujos se puede apreciar que reafirmaron la idea de la pregunta que se les planteó, pues algunos de los estudiantes dibujaron árboles y hojas verdes u hojas de color café.



Estudiante # 18



Estudiante # 33



Estudiante # 34

Ciertamente, solo el 9% (3 de 33) dibujó hojas con mohos, que, al compararlo con las respuestas que dieron, fue mayor la cantidad de alumnos que escribió que los mohos tenían alguna relación con las hojas secas, que la dibujada.



Estudiante # 10

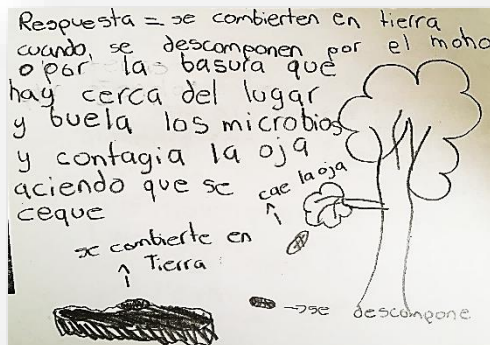


Estudiante # 11

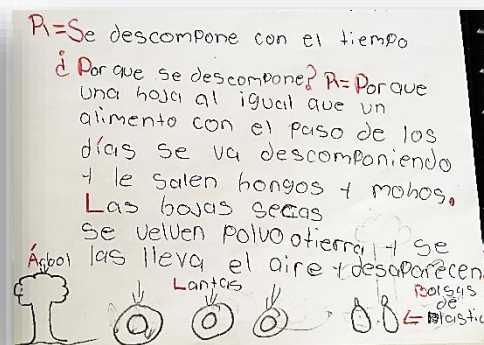


Estudiante # 30

Ahora bien, tanto en la pregunta 10, como en este instrumento, pretendí que los estudiantes lograran identificar la relación que hay entre el fenómeno abordado, con el Ciclo de la Materia. Sin embargo, sólo en este último instrumento pudieron lograrlo un 6% de los estudiantes.



Estudiante # 13



Estudiante # 20

Examinaré ahora la **última pregunta** de este cuestionario, cuyo objetivo fue reconocer si los estudiantes identificaban los factores que intervienen en el proceso de descomposición de alimentos, así como la asociación de los microorganismos como uno de los causantes en la descomposición de alimentos. Asimismo, se les mostró una imagen de un jitomate en descomposición, a fin de que argumentaran mejor su respuesta. En esta ocasión, las **categorías** de análisis, fueron: **microorganismos en el alimento y el proceso de descomposición de los alimentos.**

Esta pregunta, básicamente, sintetiza el fenómeno que se revisa, y se espera que los estudiantes mencionen las entidades que componen el MCEA. Además de ser un complemento para la pregunta 7.

Pregunta 11

¿Por qué está así este alimento?, ¿qué crees que lo descompuso o lo echó a perder?, ¿qué es lo que causó que se descompusiera?

En general, al hacer el análisis de las respuestas, pude notar que los estudiantes no contestaron cada una de las preguntas, más bien se centraron en una y la respondieron, que en este caso, fue la última pregunta. Por lo tanto, me centré en las respuestas que dieron a esta última pregunta, a fin de acotar las opciones y obtener, a partir de allí, las categorías emergentes que surgieron (ver Tabla 37).

Tabla 37. Causas que dieron los estudiantes acerca del por qué se descomponen o se echan a perder los alimentos. Fuente: Elaboración propia.

Causas identificadas del por qué se descomponen los alimentos					
Categoría → Microorganismos y el proceso de descomposición de alimentos					
Cuestionario A, Modelos Iniciales			Cuestionario B, Modelos Alcanzados		
¿Qué es lo que causó que se descompusiera?	No. de respuestas identificadas (N=37)		¿Qué es lo que causó que se descompusiera?	No. de respuestas identificadas (N=34)	
Temperatura	11/37	29%	Temperatura	2/34	6%
Temperatura y tiempo	2/37	5%		3/34	9%
Tiempo	6/37	16%	El tiempo y los mohos	1/34	3%

Causas identificadas del por qué se descomponen los alimentos					
Categoría → Microorganismos y el proceso de descomposición de alimentos					
Cuestionario A, Modelos Iniciales			Cuestionario B, Modelos Alcanzados		
Ser vivo (bacteria o insecto)	2/37	5%	El moho le arrojó un líquido (para descomponerlo)	8/34	22%
			El moho le arrojó un líquido y luego, lo absorbió (comió)	3/34	9%
			El moho lo absorbe, los microorganismos y los mosquitos	1/34	3%
			El moho lo atacó por el aire	1/34	3%
			El moho se lo comió	4/34	12%
			Se introdujo el moho	2/34	6%
			Los microorganismos (lo invadieron)	2/34	6%
			Por la espora que llega al alimento	1/34	3%
Se descompuso	3/37	8%	Se echó a perder	1/34	3%
Que esté maltratado	2/37	5%	-	-	-
No comerse (no usarse)	5/37	13%			
No lo pusieron en su lugar	1/37	3%			
Incodificable	2/37	5%	Incodificable	4/34	12%
No respondió	3/37	8%	No respondió	1/34	3%

Es interesante observar, que en las respuestas del *Cuestionario A*, el 50% del total de alumnos, reconoce que, condiciones como la temperatura y el tiempo, son los causantes de la descomposición, pero no saben cómo o de qué manera influye en este fenómeno. Recordemos que una condición es “la causa necesaria (o contributiva) de un acontecimiento sin el cual el efecto no ocurriría” (Bunge, 2001). Pese a ello, no olvidemos que el microorganismo, en este caso, el moho, es el que descompone, el que comienza a fragmentar la materia.

Otra condición que mencionaron, fue que estuviera maltratado o golpeado. Sin embargo, no mencionan qué significa o qué sucede si está dañado el alimento, no argumentan la respuesta que dan.

Por otro lado, hubo un 5% de estudiantes que mencionaron como causa de la descomposición, a un ser vivo, no obstante, la respuesta de una de ellas fue: “*las moscas se la comieron i dejaron oyitos y la isieron negros*” (estudiante # 36). Por lo cual, en sus *Modelos Iniciales* pude inferir que no reconocen la función de los microorganismos en este proceso, pero sí la de los insectos.

En cuanto a los resultados del *Cuestionario B*, el 64% de los estudiantes mencionó al moho, a los microorganismos o a las esporas como causantes de la descomposición de alimentos, y en comparación con los resultados del Cuestionario A, la cifra aumentó considerablemente. No obstante, los estudiantes solo se centraron en los microorganismos y dejaron a un lado las condiciones necesarias para el crecimiento de los mohos, como la temperatura y el tiempo. Solo el 3% de ellos mencionó que el tiempo y los mohos son los que echan a perder el alimento.

5.5 INTEGRACIÓN DE RESULTADOS

En general, los resultados que obtuve en la aplicación de la SD a estudiantes de 4^o grado de primaria, fueron gratamente satisfactorios, debido a que la mayoría de los estudiantes logró distinguir que la descomposición de alimentos, no es un proceso intrínseco (como lo sustenté en el estado del arte, Cap. 3), sino que existen microorganismos, como los mohos, que juegan un papel relevante en este proceso. Además de ello, integraron en sus modelos, los componentes indispensables del MCEA. Para constatarlo, agrupé las preguntas planteadas en los instrumentos aplicados y los dividí en tres secciones para facilitar su lectura.

5.5.1 Los seres vivos y sus funciones básicas, análisis de las preguntas que englobaron estos aspectos (1 a 6 y 8)

En las respuestas de los estudiantes de 4^o grado de primaria, se pudo notar que tienen nociones generales de lo que es un ser vivo, aunque en este grado escolar, aún se les dificulta reconocer a las plantas y a los árboles como seres vivos (aunque los porcentajes muestran lo contrario, por ejemplo, de un 59% de estudiantes que marcaron al árbol en el *Cuestionario A*, en el *Cuestionario B*, aumentó el porcentaje a un 79%), que si bien, no fue el tema de mi tesis, se detectó en los resultados que obtuve, pues al triangular la información con las respuestas de la pregunta 2,

algunos estudiantes mencionaron que los seres vivos necesitan nutrirse de árboles o pasto.

Por otra parte, al inicio de la SD, el alumnado reconoció dos funciones principales de los seres vivos, que fueron la nutrición y la relación. Respecto a la última función, los estudiantes no lo mencionaron así, pero sí dijeron que los seres vivos deben tener salud y un refugio, lo cual tiene que ver con dicha función. No obstante, en los resultados del *Cuestionario B*, se centraron, solo, en la función de nutrición, en la cual los alumnos hablaron de comer, respirar, alimentarse o tomar agua. De hecho, un 44% de los estudiantes dijo que los microorganismos, en este caso, los mohos, sí eran seres vivos, porque se nutren, absorben o chupan el alimento, por lo que los modelos alcanzados por parte de los estudiantes, se centraron en que estos seres vivos no ingieren, sino más bien, digieren al expulsar un líquido que ayuda a deshacer lo que van a comer.

En cuanto a si identificaron las condiciones ambientales para que se formen colonias de mohos, no las distinguieron del todo, pero al menos, más de la mitad del grupo (52%) supo distinguir que viven en los alimentos, aunque pocos fueron los que encontraron alguna relación con el aumento en la temperatura y el tiempo, pues éstas son condiciones clave, para que proliferen y existan colonias de mohos. Hubo un 6% de estudiantes que dijeron *“se descompuso... con el paso del tiempo se fue pudriendo es cuando el moho baa cresi endo y ba siendo que se pudra”* o *“el jitomate por los días se extiende mohos adentro de el jitomate y heso hace que se eche a perder”*, es decir, que en este par de casos el tiempo fue una condición para que se reprodujeran los mohos y no la causa de que se descompongan los alimentos, por lo cual fue excelente identificar este tipo de respuestas. Por otro lado, lo que no mencionó ningún estudiante fue que el aumento en la temperatura ayuda a que crezcan y se reproduzcan los mohos. Más bien, la vieron como algo que hace que el alimento tenga un cambio sensorial (se reduce de tamaño, se hace aguado, cambie de color o desprende algún olor).

Asimismo, no alcanzaron a integrar en sus modelos, si el lugar en donde se colocaban los alimentos, tenía alguna relación con su descomposición. Es probable

que la pregunta no haya sido del todo comprendida o no se haya planteado de una manera más sencilla para los estudiantes.

Lo cierto es que los estudiantes lograron identificar cambios sensoriales en los alimentos cuando se descomponen. Esto, evidentemente, forma parte de una de las reglas de inferencia (explicación del fenómeno) descritas en el MCEA, pues antes de la aplicación de la SD, solo el 27% de los estudiantes lo detectaba, pero al concluir con las actividades de la SD, el 82% se dio cuenta que cuando el alimento presenta este tipo de cambios (representados en sus dibujos y en la mayoría de sus explicaciones), ya entró en una etapa de descomposición, lo cual fue muy alentador distinguirlo en sus dibujos y en la mayoría de las explicaciones que dieron.

5.5.2 Fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos, análisis de las preguntas que englobaron este aspecto (7 y 11)

La pregunta 7 fue la columna vertebral de esta investigación, pues en ella, logré identificar la construcción de los modelos iniciales y alcanzados, de los estudiantes acerca del fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos; además, apliqué otros instrumentos que complementaron sus modelos. Asimismo, empleé dos instrumentos más, para identificar sus modelos intermedios y para comparar las diferencias entre sus modelos iniciales y alcanzados, en los cuales respondieron a preguntas muy puntuales que sintetizaban lo que era el fenómeno.

De acuerdo al análisis de los dibujos que realizaron los estudiantes, tanto en el *Cuestionario A* y en el *Cuestionario B*, pude agrupar sus modelos o representaciones de lo que para ellos, es el fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos.

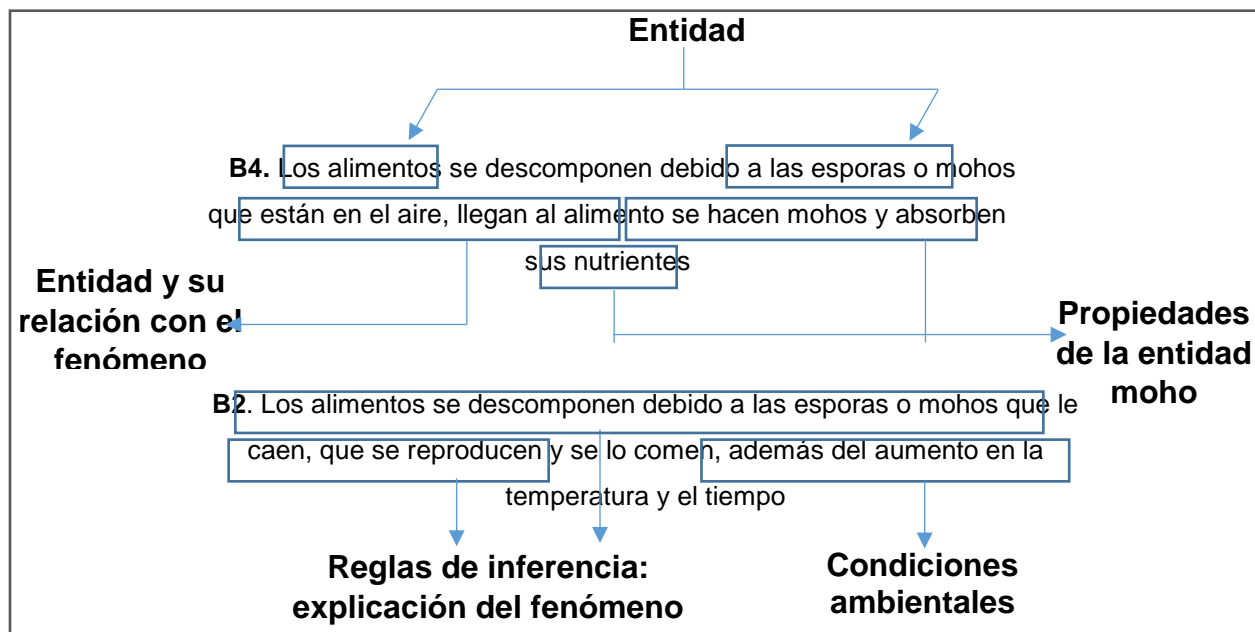
Como se muestra en la Tabla 31, se ven las transformaciones de los estudiantes, acerca de sus modelos y la progresión de cada uno de ellos, en las distintas fases de la SD: desde considerar como causantes del fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos, a la temperatura, el tiempo, las moscas o las bacterias;

después, pensar que los mohos son los que arrojan una sustancia líquida al alimento que lo echa a perder (desde aquí ya encontraban relaciones entre las dos entidades principales del fenómeno, además de mencionar al aire, como otra entidad necesaria en el proceso); hasta deducir que debido a las esporas o mohos que le caen al alimento, se reproducen en él y se lo comen, además de que el aumento en la temperatura y el tiempo influyen en su descomposición.

Hago énfasis que en el *Cuestionario B*, el 64% de los estudiantes mencionó al moho, a los microorganismos o a las esporas como causantes de la descomposición de alimentos, que, en comparación con los resultados del *Cuestionario A*, la cifra aumentó considerablemente. No obstante, los estudiantes solo se centraron en los microorganismos y dejaron a un lado las condiciones necesarias para el crecimiento de los mohos, como el aumento de la temperatura y el tiempo. Solo el 3% de ellos dijo que el tiempo y los mohos son los que echan a perder el alimento.

Específicamente, en los modelos que se ubican en la fase de aplicación y revisión se identifican algunos de los componentes que conforman el MCEA postulado, como se muestra en la Figura 30.

Figura 30. Componentes identificados del MCEA, en algunos de los modelos alcanzados por los estudiantes acerca del fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos. Fuente: Elaboración propia.



En la figura anterior, no menciono alguna predicción, debido a que ésta aparece en los resultados del instrumento *‘Fenómeno de la descomposición de alimentos, relacionado con el ciclo de la materia’*, cuando se modifica la entidad *alimento*, por la de *hojas secas*.

En este contexto, Sanmartí (2007) explica que “el proceso de construcción del conocimiento científico comporta pasar de hablar un lenguaje personal, impreciso y con muchas expresiones importadas del conocimiento cotidiano, a ser capaces de utilizar el de la ciencia, mucho menos polisémico” (p.3). Esto es evidente, tanto en los modelos intermedios, como en los alcanzados por los estudiantes, pues el lenguaje con el que explican el fenómeno de la descomposición de alimentos, está compuesto de palabras que utiliza la ciencia.

5.5.3 Descomposición de los alimentos por mohos, relacionado con el Ciclo de la Materia, análisis de las preguntas que englobaron estos aspectos (9 y 10)

En general, identifiqué que los estudiantes tiran los alimentos descompuestos, en el bote de basura orgánica, dentro de su hogar, pero sin conocer la razón o el motivo principal del por qué se hace esto.

Uno de los objetivos de la SD, fue inferir que la materia orgánica, en este caso los alimentos o las plantas, al descomponerse, forman parte del ciclo de la materia y que si los estudiantes lograban distinguir esta precisión, sabrían por qué se debe separar la basura orgánica. Desafortunadamente, por falta de tiempo, no se aplicaron todas las actividades que estaban planeadas para ello, a fin de que pudieran integrar todos los elementos del MCEA, pues como se observó en los resultados de los instrumentos aplicados, los estudiantes no lograron comprender la utilidad de separar la basura entre orgánicos e inorgánicos.

Respecto al penúltimo instrumento que se aplicó, el cual pretendió, que de acuerdo a lo que habían aprendido los estudiantes, lograrán explicarlo, pero en otro núcleo

de experiencia. Aquí lo que hice fue cambiarles la entidad 'alimentos', por la entidad 'hojas secas de los árboles'.

Las explicaciones que dieron los estudiantes fueron muy satisfactorias, porque, al menos un 33% de los estudiantes, mencionaron que el moho era el causante de que éstas se descompusieran y que se secaran. Solo dos de ellos, que representó el 6% del total de estudiantes, mencionó que se convertían o se volvían tierra. Estas ideas son un excelente comienzo para adentrarnos al Ciclo de la Materia.

Obtener el porcentaje del 33% fue un gran logro porque superó las expectativas que tenía, debido a las dificultades presentadas en los aprendizajes de los estudiantes, por ejemplo, detecté que la mayoría de ellos, no comprendieron un cuento (de una cuartilla) que les proporcioné; algunos de ellos no sabían escribir de forma clara; hubo varias dificultades para organizarlos en equipos; no trabajaban colaborativamente, pues siempre uno del equipo hacía más que los demás.

5.5.4 Nivel alcanzado del MCEA por parte de los estudiantes de 4º grado de primaria

Si bien, el MCEA propuesto incluía 4 entidades: moho, alimento, aire y suelo/tierra, con los respectivos componentes de cada uno de ellos, debo manifestar que por falta de tiempo, no abordé todas las actividades de aprendizaje propuestas para la última entidad (suelo/tierra), que la integraban a las demás entidades. Esto debido a que me llevé más tiempo de lo esperado, en las actividades de introducción de nuevos puntos de vista y de síntesis, para que los estudiantes comprendieran que el moho es un ser vivo, pues al ser de tamaño microscópico y no verse a simple vista, los alumnos tuvieron dificultades para que le atribuyeran características o funciones específicas de los seres vivos, como el hecho de nutrirse o reproducirse.

En este sentido, describiré brevemente algunas de las actividades propuestas para que los estudiantes reconocieran a los microorganismos, específicamente, a los

mohos como seres vivos y uno de los principales causantes para que se dé el proceso de la descomposición de alimentos.

Ciertamente, no fue tarea fácil lograr que los estudiantes comprendieran que había seres vivos más pequeños que los que vemos a simple vista. Para lograrlo, apliqué actividades en las cuales ellos pudieran reconocer al moho, al hacer uso de alimentos que no le son ajenos a su realidad (como jitomates o naranjas) y que se encontraban en una etapa de descomposición, que contaban con algún tipo de moho, así como una lupa para que dibujaran lo que veían sobre el alimento; después, tomé muestras de alimentos en descomposición que tenían moho e hice que las vieran a través de un microscopio. Definitivamente, este tipo de experiencias de aprendizaje y de experimentos ilustrativos les fascinó, porque interactuaron con un instrumento que no tienen en su escuela, y además porque se les proporcionaron otros aditamentos, como guantes y cubrebocas para que vivieran y sintieran que estaban en un laboratorio. Cabe destacar, que fueron muy motivadoras las expresiones que hacían los estudiantes, al observar al microscopio a los microorganismos (mohos), así como las respuestas que dieron en los diversos instrumentos que se ocuparon, como el POE mientras hacían la observación.

Tuve que explicar y hacer énfasis en que lo que veían a través del microscopio, eran seres vivos microscópicos, y que se les llamaba así, debido a que solo se podían ver a través de este instrumento óptico. Es importante mencionar que el tema sobre las características de los seres vivos ya lo habían revisado los alumnos, en meses anteriores, de acuerdo al Programa de Estudios propuesto por la SEP (2011), pues en la visión de modelos y modelización, es importante que los estudiantes construyan primero lo que piensan acerca de algo, y después, se prosiga a consensos y debates de las ideas que presentan, para que vuelvan a reconstruir sus modelos.

Antes de que observaran a los microorganismos a través del microscopio, les pedí que dibujaran cómo pensaban que eran los microorganismos, y en los resultados del *Cuestionario A*, dibujaron formas distintas como círculos, óvalos o con forma de gusano, con ojos, manitas y pies. En tanto que, en el *Cuestionario B*, fue muy grato

ver que lograron identificar cómo era un moho, incluso, algunos dibujaron distintos tipos (*Aspergillus spp*, *Penicillium spp* o *Rhizopus spp*), con algunas de sus propiedades (sin ojos, ni manos).

Por lo tanto, puedo afirmar, que las actividades en las cuales manipulaban el alimento y lo observaban con distintos instrumentos, fueron pieza fundamental para que las imágenes de seres vivos microscópicos, quedaran grabadas en sus mentes y permitieran disminuir de manera considerable, las ideas antropomórficas acerca de cómo son esos seres microscópicos.

Justo aquí hice un puente -a través de preguntas y de actividades en equipo y grupales- con lo que los estudiantes habían realizado y observado acerca de los mohos (microorganismos) y que les había mencionado que eran seres vivos, con las funciones básicas de todo ser vivo.

En este momento, los estudiantes, a partir de las actividades propuestas, tenían que deducir por qué eran seres vivos. Además de explicar la forma en cómo éstos se nutrían, se reproducían o se relacionaban con su entorno.

Para ello, los reuní en equipos, les proporcioné unas lecturas en donde se les explicaba la forma en cómo se nutrían los microorganismos, específicamente, los mohos. Y, posteriormente, les pedí que me explicaran lo que habían comprendido de la lectura, mediante una maqueta. Cuando los equipos terminaron de elaborarla, se presentaron al grupo y se pusieron a debate para ver cuál de ellas explicaba mejor la forma en cómo se nutrían los mohos, y así, que entre todos lograran elegir la mejor propuesta.

Aunque, no todo salió acorde con lo anteriormente descrito, trabajar en equipos, siempre resultó complejo, porque los estudiantes no estaban acostumbrados a trabajar de esta forma, y fue muy complicado lograr que llegaran a tener acuerdos en las ideas que tenía cada uno de los integrantes del equipo, por ejemplo, decían que aquél o aquella alumna no trabajaba bien, que eran muy flojos y no trabajaban o que no se llevaban bien, y todos esos detalles, hacían que no se integraran como

equipo. Por lo tanto, en lugar de que esta actividad durará 1 sesión, me llevó concluirlo 2.5 sesiones.

Además, di por hecho que tenían un buen nivel de comprensión de lectura de textos, y no fue así, pues al darles una lectura de dos cuartillas, no me preguntaron por algunas palabras que era necesario buscar su definición, ni tampoco si habían comprendido lo que habían leído. Todos me decían, “*ya terminé de leerlo, y ahora, ¿qué sigue?*” como si fuera una competencia de haber quién leía más rápido.

Por adentrarnos tanto en lo anterior, se me fue el tiempo y no logré aplicar la mayoría de las actividades propuestas para la última entidad (suelo/tierra), por lo cual decidí omitirla del análisis y hacer algunos ajustes a los componentes del MCEA postulado, de las demás entidades, como se muestra en la Tabla 38:

Tabla 38. Modelo Científico Escolar de Arribo actualizado acerca del fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos, vinculado con el modelo de ser vivo. Fuente: Elaboración propia

CONSTITUYENTES ONTOLÓGICOS		CONSTITUYENTES EPISTEMOLÓGICOS		CONDICIONES
Entidad	Propiedades	Relaciones	Reglas de inferencia	
MICROORGANISMO SUBENTIDAD HONGOS → MIOHOS	<ul style="list-style-type: none"> · Son filamentosos y están ramificados · Forman densas poblaciones · Absorben nutrientes · Reproducción rápida por esporas 	El moho coloniza el alimento, si está dañado, y/o de acuerdo a condiciones ambientales El moho secreta exoenzimas (sustancia líquida) al alimento (materia orgánica), para después, absorber sus nutrientes	La descomposición microbiana de los alimentos, ocurre como consecuencia del crecimiento microbiano, por lo que si el moho entra en contacto con el alimento, entonces será el primero en descomponerlo o desintegrarlo	<ul style="list-style-type: none"> · Temperatura óptima: 25° C a 30° C · Tiempo · Aw (Actividad acuosa, humedad): Alto, en ambiente y suelo
MATERIA ORGÁNICA SUBENTIDAD ALIMENTO (verdura o fruta)	- Tienen nutrientes	El alimento es colonizado por microorganismos, si está dañado, y/o de acuerdo a condiciones ambientales	Si está dañado el alimento y se encuentra en condiciones ambientales adecuadas para el moho, entonces, será colonizado por éstos y entrará en una etapa de descomposición, porque tendrá cambios de color, olor y textura, formación de lama, acumulación de gas o líquido o viscosidad. La temperatura, el tiempo y la acción de los microorganismos influyen en la cocción y descomposición de los alimentos	Dañado
AIRE		El aire como medio de transporte para la dispersión rápida y global de esporas de mohos	<ul style="list-style-type: none"> · Los mohos se transportan con el movimiento del aire (polvo, fragmentos de hojas secas, piel, fibras de la ropa, gotas de agua, de saliva eliminadas al toser, estornudar o hablar), por lo que si no hay aire corriente que pase por el alimento, es probable que no sea colonizado por el moho 	

Con base en el nuevo MCEA y de acuerdo a lo que los estudiantes explicaron y dibujaron en los distintos instrumentos proporcionados, realicé el análisis de resultados y puedo concluir que se alcanzaron 3 niveles del MCEA: bajo, medio y alto.

Para obtener estos niveles, diseñé una rúbrica con base en los constituyentes del MCEA que me ayudó a categorizar los resultados (ver Tabla 39). Asimismo, en la Tabla 40 determino el nivel del logro alcanzado por cada estudiante.

Tabla 39. Rúbrica para determinar el logro alcanzado por parte de los estudiantes de 4º grado de primaria, respecto al MCEA actualizado sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos

CRITERIOS	NIVEL ALTO	NIVEL MEDIO	NIVEL BAJO	NIVEL INSUFICIENTE
ENTIDADES	Identificaron la participación del moho en la descomposición de alimentos y al aire como medio de transporte de las esporas para llegar al alimento	Identificaron la participación del moho en el fenómeno de la descomposición de alimentos	Identificaron la participación del moho en el fenómeno de la descomposición de alimentos	No identificaron la participación del moho en el fenómeno de la descomposición de alimentos, ni al aire como medio de transporte de las esporas
RELACIONES	Explican con claridad lo que hace el moho con el alimento y dibujan como el aire es el medio de transporte de las esporas	Explican de manera más específica lo que hace el moho con el alimento	Explican de manera general lo que hace el moho con el alimento	
PROPIEDADES	Distinguen las dos propiedades principales del moho (se nutre y se reproduce y la propiedad de nutrientes del alimento)	Distinguen una de las principales propiedades del moho (se nutre o se reproduce) y la propiedad de nutrientes del alimento	Identifican algunas de las propiedades de alguna entidad	No identificaron propiedades de alguna de las entidades
REGLAS DE INFERENCIA	Detectan dos cambios sensoriales o más, o si es que éste, está dañado	Detectan un cambio sensorial en el alimento o si es que éste, está dañado	Detectan un cambio sensorial en el alimento	No identificaron algún cambio sensorial y/o alguna condición
CONDICIONES	Identifican dos o más de las condiciones necesarias para que se de el fenómeno	Identifican una de las condiciones necesarias para que se de el fenómeno	No identificaron alguna condición	

Tabla 40. Nivel de logro alcanzado por cada estudiante, de acuerdo a la rúbrica realizada basada en el MCEA actualizado

NO. DE ESTUDIANTE	ENTIDADES	PROPIEDADES	RELACIÓN	REGLAS DE INFERENCIA	CONDICIONES	NIVEL ALCANZADO	
1	Moho y alimento	del moho: filamentosos y ramificado	Arroja un líquido y absorbe al alimento	Cambio sensorial (color)		BAJO	
2		1	1	1	0		
2	Moho y alimento	del moho: filamentosos y ramificado, se nutre	El moho le echo su líquido y se lo fue comiendo poco a poco	Cambio sensorial (color)	Tiempo	MEDIO	
2		2	1	1	1		
3	Moho y alimento	del moho: filamentosos y ramificado	Arroja un líquido y echa a perder el alimento	Cambio sensorial (color y olor)		BAJO	
2		1	1	1	0		
4	Moho y alimento	del moho, filamentosos y ramificado	Se echo a perder por los días y por los mohos	Cambio sensorial (color)	Aumento de la temperatura y tiempo	MEDIO	
2		1	1	1	2		
5	Moho y alimento	del moho: filamentosos y ramificado, se reproduce	Se come el alimento	Cambio sensorial (color y olor)		BAJO	
2		2	1	1	0		
6	Moho y alimento		Se pudrio por el moho	Cambio sensorial (color)		BAJO	
2		0	1	1	0		
7	Alimento			Cambio sensorial (color)		INSUFICIENTE	
1		0	0	1	0		
8	Alimento			Cambio sensorial (color)	Humedad y tiempo	INSUFICIENTE	
1		0	0	1	1		
9	Moho y alimento	del moho, filamentosos y ramificado	Arroja un líquido para descomponerlo	Cambio sensorial (color)		BAJO	
2		1	1	1	0		
10	Moho, alimento, aire	del moho: filamentosos, se reproduce y se nutre del alimento: nutrientes	Espora llega al alimento, crece, absorbe sus nutrientes y arroja un líquido	El jitomate tenía un hoyo y así el moho pudo absorber los nutrientes mas rapido pues ya no tuvo que romperlo	Cambio sensorial (color)	Alimento dañado	ALTO
3		3	2	2	1		
11	Moho y alimento	del moho: filamentosos y ramificado, se reproduce	El moho lo descompone	Cambio sensorial (color y textura)	Tiempo	MEDIO	
2		2	1	2	1		
12	Alimento				Aumento de la temperatura	INSUFICIENTE	
1		0	0	0	1		
13	Moho, alimento, aire, tierra	del moho: filamentosos y ramificado, se reproducen, se nutren del alimento: nutrientes	El moho se empieza a comer el alimento	Cambio sensorial (color)	Tiempo	ALTO	
3		3	2	2	0		
14	Moho y alimento	del moho, filamentosos y ramificado	El moho echa un líquido	Cambio sensorial (color y olor)		BAJO	
2		1	0	1	0		
16	Moho y alimento	del moho: filamentosos y ramificado	El moho aventó sustancia líquida	Cambio sensorial (color)		BAJO	
2		1	1	1	0		
17	Moho y alimento	del moho: filamentosos y ramificado, se reproduce	El moho crece y hace que se pudra	Cambio sensorial (color)	Aumento de la temperatura y tiempo (humedad)	MEDIO	
2		2	1	1	2		
18	Moho y alimento		Se descompuso por los mohos	Cambio sensorial (color)		BAJO	
2		0	1	1	0		
19	Moho y alimento	del moho: filamentosos y ramificado, se nutre del alimento: nutrientes	Se descompuso porque el moho lo comió	Cambio sensorial (color)	Tiempo	MEDIO	
2		2	1	1	1		

Tabla 40. Nivel de logro alcanzado por cada estudiante, de acuerdo a la rúbrica realizada basada en el MCEA actualizado (continuación)

NO. DE ESTUDIANTE	ENTIDADES	PROPIEDADES	RELACIÓN	REGLAS DE INFERENCIA	CONDICIONES	NIVEL ALCANZADO	
20	Moho, alimento, aire, tierra	del moho, filamentosos y ramificado, se nutre del alimento, nutrientes	Moho arroja líquido, lo parte y lo absorbe	Cambio sensorial (color y olor)	Humedad y tiempo	ALTO	
	3	2	2	2	1		
21	Moho y alimento	del moho: filamentosos y ramificado, se nutre	el moho absorbe el jitomate	Cambio sensorial (color)	Aumento de la temperatura	MEDIO	
	2	2	1	1	1		
22	Moho y alimento	del moho, filamentosos y ramificado	El moho arroja un líquido y lo descompone	Cambio sensorial (color y olor)	Aumento de la temperatura	MEDIO	
	2	1	1	1	1		
23	Moho y alimento	del moho: filamentosos y ramificado, se nutre	El moho lo enlana y lo absorbe	Cambio sensorial (color)		BAJO	
	2	2	1	1	0		
24	Moho y alimento	del moho, filamentosos y ramificado, se nutre	Moho arroja líquido, lo descompone y lo come	Uno tiene un hoyo y el moho se puede alimentar más rápido	Cambio sensorial (color)	Dañado el alimento	MEDIO
	2	2	1	2	1		
25	Moho y alimento	del moho, filamentosos y ramificado	El moho arroja un líquido y lo descompone	Cambio sensorial (color)		BAJO	
	2	1	1	1	0		
27	Moho y alimento	del moho: filamentosos y ramificado, se nutre	El moho se lo come con sus mangueras y arroja un líquido	Tenia un hoyito y por eso entraron más fácil los microorganismos	Cambio sensorial (color)	Dañado el alimento	MEDIO
	2	2	1	2	1		
28	Moho y alimento	del moho: filamentosos y ramificado, se nutre	el moho absorbe el jitomate	Cambio sensorial (color)	Aumento de la temperatura y tiempo	MEDIO	
	2	2	1	1	2		
29	Moho y alimento	del moho: filamentosos y ramificado	El moho arroja un líquido y lo descompone	Alimento dañado	Cambio sensorial (color y olor)	Tenia un hoyo	MEDIO
	2	1	1	2	1		
30	Alimento			Cambio sensorial (enlamar)	Aumento de la temperatura y jitomate abierto	INSUFICIENTE	
	1	0	0	1	1		
31	Moho y alimento	del moho: filamentosos y ramificado	El moho arroja un líquido y lo descompone	Cambio sensorial (color)	Tiempo	MEDIO	
	2	1	1	1	1		
33	Moho, alimento, aire	del moho: filamentosos y ramificado, se nutre y se reproduce	El moho se alimenta del jitomate	Alimento dañado	Cambio sensorial (color)	Por un hollo y por la humedad	ALTO
	2	2	1	2	2		
34	Moho y alimento	del moho, filamentosos y se reproduce	El moho se reproduce y descompone al alimento	Alimento dañado	Cambio sensorial (color)	Tiempo y tenía un hoyo	MEDIO
	2	2	1	2	2		
35	Microorganismo y alimento	del moho: filamentosos y ramificado	Se descompone por el sol y los microorganismos	Cambio sensorial (textura)	Aumento de la temperatura	MEDIO	
	2	1	1	1	1		
37	Moho y alimento	del moho: filamentosos y ramificado, se nutre	No lo meten al refrigerador y el moho arroja un líquido y lo descompone / El mo invadío la tortilla y se la comio	El jitomate tenía un hoyo	Cambio sensorial (color)	Aumento de la temperatura y dañado el alimento	MEDIO
	2	2	1	2	2		
38	Microorganismo, alimento y aire	del moho, filamentosos y ramificado, se reproducen	Los microorganismos arrojan un líquido y lo descomponen	Por el hoyo se enlamo mas porque entraron mas microorganismos	Cambio sensorial (enlamar)	Tiempo y dañado el alimento	ALTO
	3	2	2	2	2		

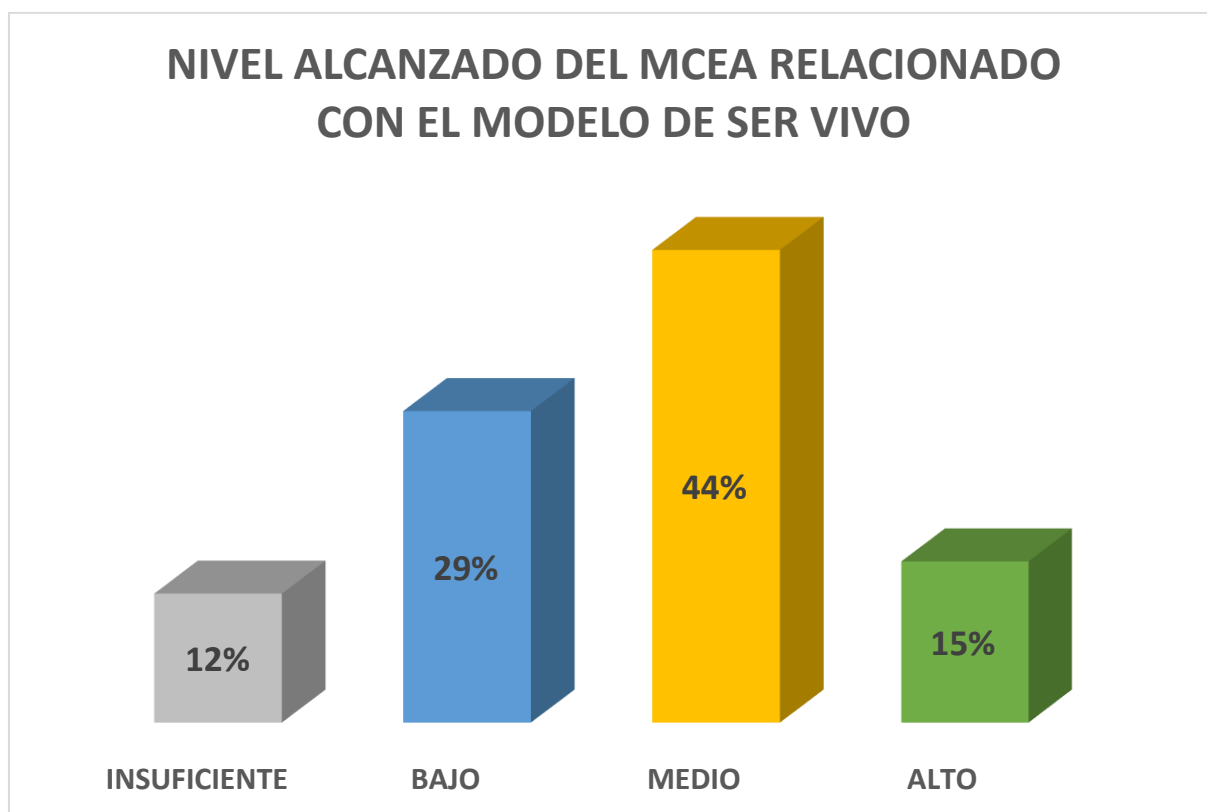
En cuanto al **nivel bajo**, se ubicaron a los estudiantes (10/34) que: identificaron la participación del moho en el fenómeno de la descomposición de alimentos; explicaron de manera general la relación que existe entre este ser vivo con el alimento; reconocieron al menos una de las propiedades de alguna entidad y dibujaron o explicaron algún cambio sensorial en el alimento, que pertenece a una de las reglas de inferencia.

Respecto al **nivel medio** los estudiantes (15/34) lograron: identificar la participación del moho en el fenómeno de la descomposición de alimentos; explicaron de manera general la relación que hay entre el moho y el alimento, como que el primero coloniza el alimento o que secreta un líquido, llamado exoenzima, que, de alguna manera hace que se fragmente o descomponga el alimento, para que puedan absorber los nutrientes del alimento, fácilmente; o bien, que cuando un alimento está dañado, los mohos se “puedan meter sencillamente”; distinguieron, ya sea, al explicar o dibujar en los instrumentos respectivos, cambios sensoriales en el alimento (color, olor y sabor); expresaron alguna o algunas de las condiciones necesarias para que se dé el fenómeno, como: aumento de la temperatura, el tiempo o el paso de los días que influye para que se descomponga o algún daño en el alimento para que éste se descompusiera más rápido; y por último, lo más importante es que estos alumnos lograron asociar alguna de las funciones principales de todo ser vivo, como nutrirse o reproducirse, a los mohos, ya que el MCEA postulado, además de abordar el fenómeno de la descomposición de alimentos, se relacionó directamente con el Modelo de Ser Vivo, propuesto por García (2005). Esto se puede verificar, al revisar las respuestas de la pregunta 5, en donde describen que los microorganismos son seres vivos porque se nutren, absorben o chupan el alimento, además de complementarse: con los resultados de la pregunta 7, en donde, específicamente hablan de mohos, expresan que éstos se nutren y se reproducen; y con los resultados de las bitácoras que realizaron durante las seis sesiones, en donde describieron y dibujaron lo que pasó con los alimentos que se llevaron al salón de clases.

Ya en el **nivel alto**, estuvieron aquellos alumnos (5/34) que, además de lo que describí en el nivel anterior, comprendieron que el aire es el medio de transporte que utilizan las esporas del moho para esparcirse por todos lados, y así, llegar al alimento, con el fin de que se nutran y se reproduzcan. Cabe aclarar que algunos alumnos dibujaron el aire y otros más lo explicaron. Además, algunos de ellos también reconocieron que cuando el alimento está dañado, es más fácil que penetren los mohos, porque ya no les cuesta trabajo romper el alimento.

En la Figura 31, se muestran los datos en porcentajes de los resultados obtenidos.

Figura 31. Nivel alcanzado del MCEA actualizado por parte de los estudiantes de 4º grado de primaria, acerca del fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos, relacionado con el modelo de Ser Vivo. Fuente: Elaboración propia.



CONCLUSIONES

El objetivo de este reporte de investigación fue diseñar y validar una secuencia didáctica acerca de la descomposición biológica de los alimentos por mohos, fundamentada, teóricamente, en modelos y modelización, a partir del Modelo Científico Escolar de Arribo construido, que es un dispositivo teórico conceptual y metodológico en el ámbito de la investigación en Didáctica de las Ciencias, para apoyar la construcción de modelos explicativos escolares sobre el fenómeno.

Así mismo, como interés genuino, indagué en las ventajas que ofrece diseñar y aplicar secuencias didácticas que impliquen “pensar desde modelos, de explicar el mundo, y de alguna forma, prever su comportamiento” (Giere, 2004); en los cuales se lleven a cabo procesos de modelización.

Construir secuencias didácticas desde la perspectiva de modelos y modelización, implica considerar aspectos en los cuales los estudiantes “aprendan a mirar y ver las experiencias desde puntos de vista distintos y a pensar sobre ellos desde concepciones que a menudo son diferentes de las intuitivas... y que [resulta ser] un proceso de contrastar las diferentes maneras de ver y de pensar” (Sanmartí, 2007, p.2).

En ese sentido, las preguntas planteadas al inicio de esta investigación, estuvieron encaminadas a explicar, cómo desde esta perspectiva: se contribuye en la construcción de modelos científicos escolares por parte de los estudiantes de 4º grado de primaria; se construye el MCEA, que es utilizado como hipótesis directriz, para ver en qué medida fue alcanzado por los estudiantes, y que apoya en el diseño y validación de la SD; los estudiantes pueden expresar y argumentar cómo se da el proceso de descomposición de alimentos por mohos.

Cada una de las preguntas será respondida más adelante, pero antes, daré las conclusiones de la secuencia didáctica aplicada para complementarlo con la validación del MCEA.

Los estudiantes no lograron interiorizar el concepto de ser vivo, pues tuvieron dificultades para reconocer a las plantas como tal. Es oportuno decir que fueron pocas las actividades que apoyaron para aclarar este concepto, debido a que no era la finalidad de este estudio.

Lo que sí lograron identificar la mayoría de los estudiantes, fue una de las funciones básicas de un ser vivo, que fue la función de nutrición. En este sentido, los estudiantes dijeron que todo ser vivo come y toma agua, tal como se aprecia en los resultados de su *Modelo de Ser Vivo Alcanzado* (97%).

Un aspecto en el que se puso mucha atención, fue que los estudiantes lograran distinguir a los microorganismos, específicamente, a los mohos, como seres vivos, a partir de distinguir en ellos, la función de nutrición y como los principales causantes en la descomposición de los alimentos. Al respecto, los resultados de la pregunta 5, mostraron que el 48% de los estudiantes comprendió que los mohos eran seres vivos porque se nutrían a partir de chupar, absorber o descomponer el alimento. Además, la mitad (52%) de los estudiantes, lograron identificar que, específicamente, los mohos viven en los alimentos. Es probable que lo hayan vinculado, porque a lo largo de las sesiones, observaron las transformaciones que sufrieron los alimentos que llevé al salón de clases.

En ese sentido, podría decir que el objetivo 1 y 2 de la SD se cumplieron con la mitad de la población objetivo.

Por otra parte, al comparar sus modelos iniciales, intermedios y alcanzados acerca del fenómeno revisado, puedo decir que de estos últimos, la mayoría (72.5%) de los estudiantes logró distinguir que el moho es uno de los causantes de la descomposición de los alimentos, y que detectaron por los cambios sensoriales que sufrió el alimento.

Una de las ventajas que representó hacer SDs basada en modelos, fue la posibilidad de comparar, de manera general, las trayectorias de sus modelos construidos en cada una de las fases de la SD, y como éstos fueron transformándose e incluyendo entidades que no tenían en principio. Por ejemplo:

- En sus modelos iniciales, dibujaron y/o mencionaron a las moscas o las hormigas como las causantes de descomponer los alimentos, una cuarta parte de ellos, identificó cambios sensoriales en el alimento en descomposición y mencionaron condiciones como la temperatura y/o tiempo como otros causantes de la descomposición, pero sin saber cómo intervienen en este proceso.
- En sus modelos intermedios, introducen al moho como aquel que descompone el alimento, mencionan algunas de sus propiedades (poros, esporas o hifas) y que secretan un líquido para poder “chupar” el alimento. Aquí los alumnos identificaron cambios sensoriales en el alimento, aunque el porcentaje disminuyó respecto a sus modelos iniciales. Y no apareció ninguna condición ambiental.
- En sus modelos alcanzados, algunos de los estudiantes hablaron de la sustancia que arroja el moho para que pueda digerir el alimento, al absorberlo, es decir, lograron reconocer a un ser vivo diminuto, que se nutre de alimentos, al absorber sus nutrientes. Inferí que en algunos de estos casos lograron reconocer que este proceso, es precisamente, el fenómeno de la descomposición de los alimentos; detectaron algunas de las propiedades del moho (que tiene esporas, que se reproduce) y muy pocos lograron averiguar que el aire es su medio de transporte. Aumentó considerablemente el porcentaje (82%) de alumnos que identificó que los alimentos en descomposición sufrieron cambios sensoriales (color, sabor y olor). Es preciso destacar que disminuyó el porcentaje de estudiantes que mencionó las condiciones ambientales como causantes de la descomposición de alimentos, por un lado, porque no lograron relacionarlo con el crecimiento y la reproducción de mohos, pero por otro lado, dejaron de ver a las condiciones ambientales como uno de los causantes principales de la descomposición, y en su lugar, pensar en el moho como el causante.

En síntesis, puedo decir que los alumnos pasaron de saber que la mosca o la hormiga, eran las que intervenían en este fenómeno, a identificar que era un ser vivo microscópico, en este caso, el moho, como uno de los descomponedores

primarios, que intervenía en este proceso; así como detectar los cambios sensoriales que sufre el alimento en este proceso.

Con base en ello, podría afirmar que estos resultados complementan el nivel de logro alcanzado para el objetivo 2 de la SD, además de que las $\frac{3}{4}$ de la población, logró alcanzar el objetivo 3 de la SD.

Asimismo, estos resultados, también forman parte de las reglas de inferencia del MCEA, que es parte de la explicación del fenómeno. Aunque los estudiantes no ahondaron en sus respuestas, sus dibujos evidenciaron lo que pensaban.

En cuanto a saber si las condiciones ambientales del lugar influyen para que el alimento se eche a perder, muchos de los estudiantes no lograron relacionarlo. Esto debido a que faltaron puentes o enlaces al momento de avanzar a la siguiente actividad, sobre todo, explicar que los mohos son los que se reproducen rápidamente si existe una temperatura óptima (25° ó 30°) y que el paso del tiempo ayuda a que incrementen y se extienda su población a todo el alimento. Así mismo, faltó observar a detalle, los alimentos que se dejaron en el salón de clases y la forma en que éstos se iban descomponiendo, a fin de que se lograran dar estas relaciones entre aquellos nuevos puntos de vista y al momento de hacer síntesis entre las mismas.

En ese sentido, en la actividad de seguimiento de los alimentos que lleve al salón de clases para que vieran cómo se iban descomponiendo, hizo falta incluir más preguntas para que los estudiantes respondieran y notaran las diferencias que iban surgiendo con el paso del tiempo en los alimentos. Justamente aquí, era un buen momento para establecer un puente entre el alimento en descomposición y las condiciones ambientales para la reproducción de mohos.

Por otro lado, la gran mayoría (70% en promedio) de los estudiantes lograron detectar al menos tres propiedades de los mohos (filamentos, ramificaciones y esporas), que fueron postuladas en el MCEA. Mucho tuvieron que ver los recursos tecnológicos que utilicé y el interés que causa hacer cosas distintas en el salón de clases, pues los alumnos nunca habían estado en contacto con un microscopio.

En cuanto a la entidad aire, hicieron falta más actividades que evidenciaran este hecho, pues, pese a la experiencia que se les compartió con la harina, muchos no lograron comprender que el aire es el medio de transporte de las esporas y los mohos. Por lo tanto, podría decir que solo una cuarta parte de la población, logró alcanzar el objetivo 4 de la SD e inferir esta entidad en el proceso de la descomposición de los alimentos.

Respecto a sus hábitos de reciclaje, se detectó que la mayoría de los estudiantes, sí tira los alimentos en descomposición en el bote de la basura orgánica, pero ninguno de ellos logró explicar por qué se deben tirar ahí.

En cuanto a aplicar lo aprendido en otra situación o contexto, al modificar una de las entidades del fenómeno, en lugar de un alimento, fue una hoja seca, un 33% de ellos logró identificar que el moho también se puede nutrir de ella, porque tiene nutrientes, aunque de este porcentaje, un 6% dijo que el moho lo descompone, hacen que se sequen y que se conviertan en tierra. Lo cual resulta satisfactorio haberlo identificado, porque, como dije en el párrafo anterior, no se realizaron todas las actividades para comprender la utilidad de los alimentos en descomposición, pero, en el caso de estas 2 estudiantes, lograron hacer un vínculo entre el moho, el alimento y lo que le sucede a la materia orgánica, que fue hacerse polvo. Lo que si faltó fue explicarles que a ese proceso se le conoce como ciclo de materia y que tiene que ver con un conocimiento científico.

En suma, podría decir que no se logró el objetivo 5 ni el objetivo 6 de la SD, principalmente, porque no se lograron realizar todas las actividades (como elaborar composta) que apoyaran en comprender la utilidad de los alimentos descompuestos, y por consiguiente, hacer el vínculo entre el fenómeno de la descomposición, con el ciclo de la materia.

Con base en lo anterior, y a manera de síntesis, respondo las preguntas planteadas de esta investigación.

1. ¿Cómo el diseño y la validación de una secuencia didáctica desde la perspectiva de modelos y modelización, contribuye a construir modelos científicos escolares sobre el fenómeno biológico de la descomposición de alimentos por mohos?

En primer lugar, desde esta perspectiva de modelos, facilita la construcción de modelos científicos escolares debido a que se plantea, en principio, un modelo científico a alcanzar, en este caso, el MCEA postulado, que esta fundamentó en referentes disciplinares, curriculares y empíricos, y que constó de componentes, como: entidades, propiedades, relaciones, reglas de inferencia y condiciones, que lo constituyen como modelo. Además, fue nuestra hipótesis directriz y lo que guio el diseño y validación de la SD.

Recordemos que un modelo científico es un intermediario entre el hecho (o fenómeno o el mundo) y la teoría, que tiene el papel de representar y que se elabora para facilitar la comprensión de fenómenos complejos. Asimismo, al construir un modelo de algún fenómeno, puede ser válido en otras situaciones o contextos, de ahí que se considere robusto, pues permite explicar y predecir otros fenómenos.

En segundo lugar, hacer una SD desde esta postura, promueve en los estudiantes su imaginación y la confianza para contarnos cómo creen ellos que funciona la realidad, a fin de que la representen con explicaciones, dibujos, esquemas o gráficos, para que, al acercarse al conocimiento científico, puedan notar las diferencias de lo que ellos piensan, y les permita tomar la iniciativa para tratar de comprender aquello que está en lo teórico.

Es por ello, que esta perspectiva teórica, contribuye en la construcción de modelos científicos escolares por hacerse en el contexto educativo para comprender cierta realidad del mundo y porque implica confiar en las construcciones que ellos hagan del mundo, para partir de ello, y poco a poco, introducir entidades que constituyan el modelo a alcanzar, a fin de que vuelvan a revisar su modelo y vuelvan a reconstruirlo con base en lo nuevo que acaban de ver, para que tengan la oportunidad de pensar y analizar las diferencias que noten.

En tercer lugar, porque tener un MCEA postulado, nos permite a nosotros, como docentes, tener una directriz que apoye en la construcción de los modelos de los estudiantes, al tener nosotros claridad de los constituyentes del modelo que tendrían que alcanzar los estudiantes, para construir un modelo científico escolar.

En cuarto lugar, permite detectar las modificaciones o transformaciones que tienen sus modelos, a partir de los componentes del MCEA postulado, como las entidades, las propiedades, las relaciones, las reglas de inferencia, así como las condiciones; acompañadas de una serie de actividades que apoyaron la construcción y reconstrucción de sus modelos, sobre el fenómeno en cuestión, por ejemplo, las prácticas de modelización con los alumnos, a partir de actividades individuales, en equipo y grupales, para que revisen, construyan, evalúen y vuelvan a revisar aquello que construyeron.

Por último, para hacer notar mejor la contribución que esta perspectiva teórica tiene, en la construcción de modelos científicos escolares, la confrontamos con la enseñanza que se da tradicionalmente en las escuelas, que comienza con la exposición de un tema X, luego, con la explicación de sus definiciones y conceptos, después, propone algunas actividades que apoyen la comprensión del tema, para luego, concluir con la evaluación; podemos distinguir que, desde esta postura, no se le da la oportunidad al estudiante de que nos explique qué piensa, cómo lo piensa y por qué lo piensa. Más bien, se les dice implícitamente que, como no tiene alguna idea de lo que se le expone, es mejor proporcionarles la información.

2. ¿En qué medida los estudiantes de cuarto grado de primaria, lograron alcanzar el Modelo Científico Escolar de Arribo postulado?

De acuerdo a los datos, el nivel de logro alcanzado del MCEA, fue Medio, pues poco menos de la mitad (15 alumnos) estuvo en este rango. Solo 5 de los estudiantes lograron obtener un nivel alto de acuerdo a la rúbrica que se realizó. Y 10 de los estudiantes quedaron en un nivel bajo.

Lo anterior se sustenta en varios aspectos:

- Faltaron puentes para vincular las entidades y las relaciones entre ellas, sobre todo, en el aspecto de las condiciones ambientales y la entidad aire;
- Más preguntas a los estudiantes al momento de los debates, de los trabajos en equipo, incluso, de manera individual que los apoyaran a reflexionar aquello que hacían o veían;
- Dedicarle más tiempo a los debates en equipo y grupales para ahondar y confrontar sus ideas;
- Más experiencias prácticas que ayudarán a identificar la entidad aire y pudieran alcanzar sus reglas de inferencia;
- Revisar cuidadosamente con los estudiantes, las lecturas que les proporcioné y preguntarles por las palabras que no comprendían o que no habían escuchado hablar de ellas, pues di por hecho que este aspecto, lo realizaban
- Dar por hecho que los trabajos en equipo, apoyarían los debates, el intercambio de argumentos, el trabajo en colaboración, entre otros. Desafortunadamente, esta práctica en el salón de clases casi no se lleva a cabo y tuve algunos contratiempos para que lograran realizarla;
- La cantidad de alumnos (38) no fue un aspecto favorable al momento de aplicar la SD, debido a que requería de más tiempo para dar las explicaciones de las actividades que se realizaron, de las dudas que surgían, de mantener su atención porque unos terminaban antes, otros, mucho después y los que terminaban antes distraían a los que aún no terminaban.
- Era necesario una persona que me apoyara a mantenerlos organizados, en lo que yo daba las explicaciones.

3. ¿En qué medida los estudiantes de 4º grado de primaria pueden explicar el fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos?

Algunos de los modelos explicativos que dieron los estudiantes, los mostré en la Tabla 28. En ella, especificaron la forma en cómo se nutría un moho, pero parte de esta forma de nutrición, es, en sí, el proceso de la descomposición de alimentos,

pues dijeron que con el líquido que arroja el moho, es decir, la secreción de las exoenzimas, parten en pedazos el alimento, y luego lo chupan o absorben, o sea, fragmentan poco a poco los alimentos.

Ya en los modelos alcanzados por los estudiantes, pude identificar que los estudiantes explican de manera muy general el proceso de la descomposición de alimentos por mohos. Lo más relevante, es que identifican la participación de los mohos (ser vivo) en este fenómeno y que, además de ello, este moho se nutre de los nutrientes que tiene el alimento al absorberlos, y que si lo comparamos con las explicaciones que dieron en sus modelos cognitivos iniciales, en los cuales solo identificaban las moscas y hormigas como agentes descomponedores, podemos decir, que se dio un gran paso, porque se lograron visibilizar aquellos organismos diminutos que pueden verse solo con un microscopio.

4. ¿Cuáles son las ventajas de construir modelos en el salón de clases?

Una de las ventajas de las prácticas de modelización que menciona Acher (2014) es “promover la capacidad de organizar y promover las ideas que expresan los estudiantes acerca de fenómenos naturales, así como la de debatir y alcanzar consenso sobre estas ideas representadas mientras buscan dar sentido a los fenómenos que tienen entre manos”.

Para vincular lo anterior, expongo la pregunta que les hice a los estudiantes en la fase de inicio de la SD ¿cómo creen que se lleve a cabo el proceso de la descomposición de alimentos? En ella, los estudiantes opinaron lo que para ellos era este fenómeno y cómo se lleva a cabo. Partieron de esto, para que más adelante pudieran reflexionar sobre lo que habían dicho y contrastarlo con lo que pensaban ellos mismos y con lo que decían sus compañeros de equipo o de la clase.

En este sentido, y con las distintas prácticas de modelización que se realizaron a lo largo de la SD, los estudiantes lograron la construcción de los modelos científicos escolares intermedios y alcanzados, permitiendo la entrada de entidades nuevas en su pensamiento, ya que al inicio de la SD, mencionaron que las moscas u hormigas eran los que descomponían a los alimentos, además de las condiciones ambientales

como el aumento de la temperatura, que influía directamente en este fenómeno; además de ello, lograron identificar el papel que juega el moho en este fenómeno; también, sirvieron para intercambiar opiniones diversas de lo que pensaban que era.

En comparación con otros fundamentos teóricos y metodológicos, trabajar desde modelos y con prácticas de modelización, tiene como ventaja:

- Dar énfasis en las discusiones y debates con sus compañeros de equipo y de clase y como parte de operativizar la construcción de modelos, para que los estudiantes piensen, actúen y comuniquen las ideas que tienen acerca de los diversos fenómenos que existen en el mundo
- Pensar en el hecho (o fenómeno), y no en el concepto construido de ello, para darle al estudiante la oportunidad de tener una mirada natural de lo que sucede a nuestro alrededor, sin etiquetas, sin definiciones, sin teorías, de una forma global; y de ir despertando en ellos, las preguntas, las dudas y la curiosidad del por qué sucede eso. Pero que, al fin y al cabo, el conocimiento científico no se queda fuera, solo se presenta después de que ellos piensen el hecho (o fenómeno). Al llegar ahí, debemos tener la paciencia de construir en conjunto con ella o él, la explicación de un modelo científico escolar de lo que ahí sucede.
- Que los estudiantes piensen y reflexionen de manera global los fenómenos, resulta más prometedor, que dar o abordar un solo contenido de un cierto tema, que, en ocasiones, no le encuentran sentido, y que comúnmente, aparece fragmentado. Pues los fenómenos enlazan una red de variables que lo involucran. Por lo que trabajar desde una visión de modelos, involucra pensar en un todo, no en una de sus partes.
- Postular modelos como el MCEA, que me sirvió para hipotetizar a priori, si se alcanzaba lo postulado, y por tanto, tener elementos para validar la SD.
- Hacer un seguimiento global de los estudiantes, respecto a sus modelos iniciales, intermedios y alcanzados, y ver así, las trayectorias que siguen, las transformaciones de sus pensamientos, inferir si es que hay un patrón de comportamiento en cada una de las fases, dar prioridad a los componentes

del modelo postulado que no les van quedando claros, o bien, analizar por qué en algunos casos hay modificaciones y progresiones en sus modelos, y en otros casos, no.

- Complementar la información que obtuve de los cuestionarios que apliqué, al inicio y al final de la secuencia didáctica y que estuvieron basados en los criterios del MCEA, con el MCEA postulado, y confirmar con ello, el nivel alcanzado del modelo.

En suma, fue una experiencia muy satisfactoria trabajar con los estudiantes bajo la perspectiva de modelos y modelización, fue un reto muy complejo pero muy alentador, ya que los estudiantes lograron acercarse al MCEA, para explicar el fenómeno estudiado, pese a los contratiempos expuestos. Además, en lo personal, me llena de confianza los resultados obtenidos porque lo que aprendimos, los alumnos y yo, es que este enfoque nos permitir comprender otros fenómenos complejos, que como bien dice Giere “el conocimiento científico tiene de peculiar que puede estar al alcance de todos aquéllos que quieren saber cómo funciona el mundo y cómo intervenir en él”.

SUGERENCIAS FINALES

ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

De acuerdo a los objetivos propuestos para la secuencia didáctica, puedo decir que las actividades sugeridas, sirvieron de base para que los estudiantes comprendieran como se da el proceso de descomposición de los alimentos, no obstante, faltaron actividades: que permitieran la comprensión del aire, como medio de transporte de las esporas (de los mohos) para que más estudiantes lo identificaran; que introdujeran y aclararan que las condiciones ambientales como la temperatura y el tiempo, son necesarias para que los mohos crezcan y se reproduzcan y no que se quedaran con la idea de que actúan como agentes directos para que un alimento se descomponga; que hicieran un anclaje entre la descomposición y el ciclo de la materia, pues la finalidad última de la SD, era que los estudiantes comprendieran el beneficio, tanto de separar la basura orgánica, de la inorgánica, y entender que no es basura orgánica, sino más bien un recurso, que tiene la utilidad de que otros organismos como las plantas, se alimenten de ello.

De acuerdo a la última entidad 'suelo/tierra' que no se logró integrar al MCEA por falta de tiempo y como continuación de la SD, propondría las siguientes actividades:

- a) En equipos, hacer un biorreactor (repositorio) para composta con una botella vacía de plástico. Proporcionarles todas las instrucciones para que lo elaboren y darles todos los materiales para ello.
- b) Después, pedirles a los estudiantes que agreguen a su biorreactor materiales: con alto contenido de carbono, como astillas o virutas de madera, periódico desmenuzado, café y hojas secas; y con alto contenido de nitrógeno, que contuviera los alimentos que se llevaron al salón de clases, más algunos otros comestibles que tengan mohos. Solicitarles una semana antes, que recauden todo ello para esta sesión.

- c) A partir de esta experiencia práctica, proporcione a los estudiantes el instrumento POE, a fin de que predigan lo que sucederá con lo que contiene el biorreactor.
- d) Después, pida a los alumnos que observen (durante 3 semanas) lo que sucede con lo que hay dentro de las botellas y proporcióneles una bitácora para que anoten cada tercer día los cambios que sucedan, así como un termómetro para que midan la temperatura que guarda el biorreactor, a fin de que esta condición, la relacionen con el crecimiento de los mohos. En algún momento, nuevamente proporcióneles el POE para que llenen la columna de Observar y Explicar. Asegúrese que los biorreactores tengan buena ventilación y la humedad necesaria, pues también son condiciones necesarias para el crecimiento de los microorganismos.
- e) Proporcione a los estudiantes un registro de observación para que vean lo que sucede con el biorreactor durante un mes. Habrá observaciones cada tercer día
- f) Haga preguntas a los alumnos, entre ellas: ¿dónde están los mohos?, ¿qué apariencia tienen los alimentos que agregamos?, ¿qué les está sucediendo?, ¿a qué huelen?, ¿qué pasa con los líquidos de los alimentos, por ejemplo el del jitomate?, ¿dónde están los alimentos?, ¿desaparecieron o adónde se fueron?, ¿una planta podría comerse un trozo de carne o verdura o beberse algún líquido?, ¿por qué?, ¿cómo lo haría?, ¿qué sería más fácil para la planta?, ¿tiene boca? Explíqueles que los líquidos que se van generando, contienen nutrientes disponibles para las plantas y compuestos que mejoran su crecimiento.
- g) Haga hincapié en el significado de la palabra ‘descomposición’ y preguntarles a los estudiantes lo que comprenden por esto. Haga mención de que también significa “separar las diversas partes de un compuesto” o bien, “fragmentar algo”.
- h) Revise los resultados del biorreactor para composta de manera grupal, a fin de que cada equipo muestre lo que sucedió a sus biorreactores, ¿funcionó?, ¿no funciona?, ¿por qué? Obtener algunas conclusiones.

- i) De alguna explicación de las propiedades que tiene el suelo/tierra.
- j) Cada equipo deberá vaciar lo que tiene el biorreactor a la tierra junto a alguna planta o árbol. Enseguida, pídales que expliquen y dibujen lo que piensen que sucederá con aquello que vaciaron. Pregúnteles, ¿le servirá a la planta?, ¿por qué?, ¿para qué?, ¿de qué forma?, ¿dónde quedaron los alimentos y las hojas que agregamos en el biorreactor?, ¿qué se imaginan que les sucedió?
- k) Indague con los alumnos si será lo mismo, vaciar la composta al agua, ¿por qué?
- l) Nuevamente, pida a los estudiantes el esquema de la *Red alimentaria para composta (Anexo 9A)*, a fin de enlazar algunas de las ideas ya vistas.
- m) Proporcióneles un mapa con algunos elementos del Ciclo de la Materia, en donde los estudiantes tengan que completarlo.

Con estas actividades, esperarí poder completar el MCEA, con el propósito de que los estudiantes tengan un modelo integral de cómo el fenómeno de la descomposición de alimentos, es indispensable para reintegrar la materia orgánica al ecosistema, y que reconozcan la utilidad de separar la materia orgánica de la inorgánica.

OTROS ASPECTOS DE MEJORA

Revisión de las habilidades de lectura y escritura QUE TIENEN O PRESENTAN los estudiantes

Es preciso valorar el nivel que tienen o presentan los estudiantes sobre estos aspectos, pues si uno no lo sabe, puede causar retrasos, como en mi caso, pues di por hecho que ellos tenían una clara comprensión de textos y del significado de algunas palabras, cuando no fue así. Por ello, tuve que agregar otras actividades que no estaban planeadas en la SD, para que los alumnos logran comprender

cómo se nutría un moho e invertir tiempo para que comprendieran el significado de algunas de las palabras que se encontraban en el cuento que les proporcioné.

Sería recomendable, repasar, junto con ellos, la o las lecturas que se les den e irles preguntando lo que entienden o no, de la misma para aclarar las dudas al instante, incluso dar algunos ejemplos de las palabras que no se comprendan. Así, a fin de avanzar en posteriores actividades.

Plantear actividades de trabajo colaborativo

Proponer actividades que mejoren el trabajo colaborativo, es de suma importancia, pues muchas veces pasan desapercibidas, como en mi caso, y uno piensa que los estudiantes ya saben cómo trabajar colaborativamente. Glinz (2005) aclara que el trabajo colaborativo se efectúa en pequeños grupos en donde los estudiantes intercambian información tanto la que activan sus conocimientos previos, como la que ellos averiguan, a fin de que aprendan significativamente los contenidos, desarrollen habilidades cognitivas, socialicen, tomen seguridad, se sientan más aceptados por ellos mismos y por la comunidad en que se desenvuelven. Hay que especificar, que al hacer estos pequeños grupos, cada uno de los integrantes, debe tener objetivos en común para beneficio del propio equipo (Moreno, et al, 2013). Por lo que, hacer algunas actividades previas que apoyen dinámicas en equipo y colaborativas, apoyará en que se lleve de una mejor manera la aplicación de la secuencia didáctica que se proponga, pues esto les dará la experiencia y la capacidad para organizarse entre ellos.

Abordar los valores que guiarán las sesiones, a través de cuentos o videos, como el respeto, la responsabilidad, la amabilidad, la comprensión, el esfuerzo, la tolerancia, la sinceridad, la honestidad, el integrar a los demás, para que, de alguna manera, se vea reflejado en el trabajo que realicen los estudiantes. Para ello, primero habría que ayudar a los alumnos a identificar sus propios valores y a cobrar conciencia de ellos para compartirlos con los demás (Raths, et al, 1967, en Parra, 2003). O bien, ofrecerles a los estudiantes, oportunidades de acción o situaciones concretas para que experimenten sus propios valores a nivel personal y social (p.

83). De igual manera, destacar sus resultados y encontrar las palabras idóneas para ello. Los estudiantes no estaban acostumbrados a recibir palabras de aliento por el trabajo que hacían con sus compañeros, que, cuando yo lo hacía, se mostraban más entusiasmados.

REFERENCIAS

- Acher, A. (2014). Cómo facilitar la modelización científica en el aula. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*. 36, 63- 75. Recuperado de: <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/2912/2633>
- Acher, A., Arcà, M., & Sanmartí, N. (2007). Modeling as a teaching learning process for understanding materials: A case study in primary education. *Science Education*, 398–418.
- Adúriz-Bravo, A. y Ariza, Y. (2014). Una caracterización semanticista de los modelos científicos para la ciencia escolar. *Biografía. Escritos sobre la biología y su enseñanza*, 7(13), 25 – 34.
- Adúriz-Bravo, A. y Ariza, Y. (2012). Qué son los modelos científicos: introduciendo la escuela semanticista en la didáctica de las ciencias naturales. */// Congreso Internacional y VIII Nacional de Investigación en Educación, Pedagogía y Formación Docente*. Bogotá. 1134-1150. ISBN: 978-958-8650-30-2
- Adúriz-Bravo, A., e Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*. Año 4, No. Especial (1), 40-49. Recuperado de: <file:///C:/Users/rex/Downloads/Dialnet-UnModeloDeModeloCientificoParaLaEnsenanzaDeLasCien-2882642.pdf>
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo-Aymerich, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1 (3), 130-140.
- Aliberas, J., Izquierdo, M., y Gutiérrez, R. (2013). El papel de la conversación didáctica en la modelización y progresión del conocimiento escolar: el caso de la hidrostática en ESO. *Enseñanza de las Ciencias. Número extra*, p. 76-83.
- Arbelaez, S. y Soto, G. (2008). *Representaciones conceptuales en estudiantes de grado octavo, sobre las bacterias y los procesos de transformación de alimentos en los que intervienen* (tesis de grado). Pág. 6. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Recuperado de: <http://200.24.17.68:8080/jspui/handle/123456789/1857>
- Arboleda, D. (2006). El papel multifuncional de los modelos en la ciencia y su gran poder inferencial. *TecnoLógicas* [en línea] 2006, (Julio-Sin mes): [Fecha de consulta: 13 de junio de 2019] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=344234272006>> ISSN 0123-7799

- Arteaga, J. (26 de mayo de 2015). *6 problemas ambientales y sociales que colapsaran el DF*. Forbes. Recuperado de: http://www.forbes.com.mx/6-problemas-ambientales-y-sociales-que-colapsaran-al-df/#gs.vxA_hz4
- Ballesteros, I., Paños, E. y Ruiz-Gallardo, J. (2018). Los microorganismos en la educación primaria. Ideas de los alumnos de 8 a 11 años e influencia de los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(1), 79-98.
- Bandiera, M. (2007). Micro-organisms: everyday knowledge predates and contrasts with school knowledge. En R. Pinto y D. Couso (Eds). *Contributions from Science Education Research*. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Barberán, A., Hammer, T., Madden, A., y Fierer, N. (2016). Microbes should be central to ecological education and outreach. *Journal of Microbiology & Biology Education*. 17(1), 23-28. Recuperado de: <http://www.asmscience.org/docserver/fulltext/jmbe/17/1/jmbe-17-23.pdf?expires=1488829391&id=id&acname=guest&checksum=0698B50C6C61EFB5798E3CFFA161C8F3>
- Bowling, K., Klisch, Y., Wang, S., y Beier, M. (2013). Examining an Online Microbiology Game as an Effective Tool for Teaching the Scientific Process. *Journal of Microbiology & Biology Education*. 14(1), 58-65. Recuperado de: <http://www.asmscience.org/docserver/fulltext/jmbe/14/1/jmbe-14-58.pdf?expires=1488158880&id=id&acname=guest&checksum=1E45DC20A44F5C811A8DB16CA393EA98>
- Byrne, J. (2011). Models of Micro-Organisms: Children's knowledge and understanding of micro-organisms from 7 to 14 years old. *International Journal of Science Education*. 33(14). Doi: 10.1080/09500693.2010.536999 Recuperado de: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00676090/document>
- Byrne, J. (2010). Using a Concept Mapping Tool with a Photograph Association Technique (CoMPAT) to Elicit Children's Ideas about Microbial Activity. *International Journal of Science Education*. 32(4). Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1080/09500690802688071>
- Bunge, M. (2001). *Diccionario de Filosofía*. México: Siglo XXI Editores.
- Caballer, M., y Giménez, I. (1992). Las ideas de los alumnos y alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos. *Enseñanza de las Ciencias*. 10(2), 172-180. Recuperado de: [file:///C:/Users/Arlet/Downloads/39818-93465-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Arlet/Downloads/39818-93465-1-PB%20(1).pdf)
- Calafell, G. y Bonil, J. (2007). El dialogo disciplinar como herramienta para diseñar islotes de racionalidad. *Encuentros Multidisciplinares*. 9, 58-65.

- Caamaño, A. (2003). Los trabajos prácticos en ciencias. En M. P. Jiménez Aleixandre. (Coord.), *Enseñar Ciencias* (pp. 95-118). Barcelona: Graó.
- Campbell, N., Reece, J., Molles, M., Urry, L., y Heyden, R. (2007). *Biología*, 7ª edición. Madrid, España: Editorial Medica Panamericana.
- Chao, C. (2015). Simulaciones digitales interactivas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales. En B. Díaz, F., Rigo, M. A. y G. Hernández (Eds). *Experiencias de aprendizaje mediadas por las Tecnologías Digitales. Pautas para docentes y diseñadores educativos* (pp. 211-231). México: UNAM.
- Cetin, G. (2007). English and Turkish pupils understanding of decomposition. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*. 8(2), 2. Recuperado de: https://www.ied.edu.hk/apfslt/v8_issue2/cetin/index.htm
- Cubero, R. (1994). Concepciones alternativas, preconceptos, errores conceptuales... ¿distinta terminología y un mismo significado? Investigación en la escuela. 23. 33-43.
- De la Heras, M., y Jiménez, R. (2009). Análisis del proceso de enseñanza-aprendizaje del ser vivo en un aula de primaria. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Barcelona. Recuperado de: <file:///C:/Users/Arlet/Downloads/294437-409309-1-SM.pdf>
- De la Rosa, M., Mosso, M., y Úllan, C. (2002). El aire, hábitat y medio de transmisión de microorganismos. *Observatorio Medioambiental*, 5, 375-402.
- De Posada, J. M. (2000). El estudio didáctico de las ideas previas. En Perales, F. y Cañal, P. (Dir.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 363-388). España: Marfil.
- Díaz, R., López, R., García, A., Abuín, G., Nogueira, E. y García, J. (1996) *¿Son los alumnos capaces de atribuir a los microorganismos algunas transformaciones de los alimentos?* Universidad de Santiago, Departamento de didáctica de las ciencias experimentales. España.
- Domínguez, J., Aira, M., Gómez-Brandón, M. (2009). El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. *Ecosistemas*, 18(2):20-31.
- Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. (1989). Las ideas de los niños y el aprendizaje de las ciencias. En R. Driver, E. Guesne y A. Tiberghien (Eds.), *Las Ideas científicas en la infancia y la adolescencia* (pp. 19-30). Madrid: Ediciones Morata.

- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 109-120.
- Driver, R. y Oldham, V. (1998). Un enfoque constructivista del desarrollo curricular en ciencias. En R. Porlán, E. García y P. Cañal (Comps.), *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias* (pp. 113-131). Sevilla: Diada Editorial, 1988.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (1999). *Dando sentido a la ciencia en secundaria. Investigaciones sobre las ideas de los niños*. España: Antonio Machado.
- Erickson, F. (2012). Qualitative Research methods for science education. In B. J. Fraser, K. G. Tobin & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 1451-1469). Dordrecht: Springer.
- Ero-Tolliver, I., Lucas, D. y Schauble, L. (Octubre, 2013). Young Children's Thinking About Decomposition: Early Modeling Entrees to Complex Ideas in Science. *Research In Science Education*. 43(5), pp 2137–2152. doi:10.1007/s11165-012-9348-4. Recuperado de: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11165-012-9348-4>
- Galán, P., y Martín, R. (2013). La clasificación de la materia viva en Educación Primaria: Criterios del alumnado y niveles de competencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 12(3), 372-391. Recuperado de: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen12/REEC_12_3_1_ex727.pdf
- Galagovsky, L. y Adúriz, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*. 2001, 19 (2), 231-242.
- García, P. (2005). Los modelos como organizadores del currículum de biología. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 1-6.
- García, P. y Sanmartí, N. (2006). La modelización: una propuesta para repensar la ciencia que enseñamos. En M. Quintanilla y A. Adúriz-Bravo (Eds.). *Enseñar ciencias en el nuevo milenio. Retos y propuestas* (pp. 279-297). Santiago de Chile: Ediciones Universidad Santiago de Chile.
- Garrido, M., y Martínez, C. (Julio-Agosto 2009). ¿Qué enseñar sobre los seres vivos en los niveles educativos iniciales? *Aula de Innovación Educativa*. 183-184, 34-36. Recuperado de: <file:///C:/Users/Arlet/Downloads/que-ensenar-sobre-los-seres-vivos-en-los-niveles-educativos-iniciales.pdf>
- Giere, R. (2004). How models are used to represent reality. *Philosophy of Science*, 71(5), 742–752. doi:10.1086/425063

- Giere, R. (2002). Models as parts of distributed cognitive systems. In L. Magnani, & N. Nersessian (Eds), *Model based reasoning: Science, technology, values*. (pp. 227-241). New York: Kluwer.
- Giere, R. (1988). *Explaining science. A cognitive approach*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Giere, R. (1992). *Cognitive models of science*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Gil, D., Carrascosa, J. y Martínez, F. (2000). Una disciplina emergente y un campo específico de investigación. En Perales, J. y Cañal, P. (Eds). *Didáctica de las ciencias experimentales*. Alcoy: Marfil (2000).
- Glinz, P (2005). Un acercamiento al trabajo colaborativo. *Revista Iberoamericana de Educación*. ISSN: Pp. 1681-5653. Recuperado de: <https://rieoei.org/RIE/article/view/2927/3850>
- Gómez, A. (2013). Explicaciones narrativas integradas y modelización en la enseñanza de la biología. *Enseñanza de las Ciencias* 31(1), 11-28. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/285701/373673>
- Gómez, A. (2008). Las concepciones alternativas, el cambio conceptual y los modelos explicativos del alumnado. En C. Merino, A. Gómez y A. Adúriz (Coords), *Áreas y estrategias de investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 11-22). Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Gómez, A., Sanmartí, N. y Pujol, R (2007). Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), 325-340.
- Gómez, A. (2005). *La construcción de un modelo de ser vivo en la escuela primaria; una visión escalar*. (Tesis Doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona, España.
- Guarnizo, M., Puentes, O., y Amórtegui, E. (Enero-Junio 2015). Diseño y aplicación de una unidad didáctica para la enseñanza-aprendizaje del concepto diversidad vegetal en estudiantes de noveno grado de la Institución educativa Eugenio Ferro Falla, Campoalegre, Huila. *Tecné, Episteme y Didaxis (TED)*. 37, 31-49. Recuperado de <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/3270/2838>
- Gutiérrez, R. (2014). Lo que los profesores de ciencia conocen y necesitan conocer acerca de los modelos: aproximaciones y alternativas. *Bio-grafía. Escritos sobre la biología y su enseñanza*, 7(13), 37 – 66.

- Gutiérrez, R (2005). Polisemia actual del concepto “modelo mental”. Consecuencias para la investigación didáctica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(2), 209-226. Recuperado de http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID129/v10_n2_a2005.pdf
- Gutiérrez, R. (2004). La modelización y los procesos de enseñanza y aprendizaje. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. 42, 8-18.
- Gutierrez, R. (2001). Mental models and the fine structure of conceptual change. En: R. Pintó y S. Suriñach (Eds.), *Physics Teacher Education Beyond* (pp. 35-44). 2000, Paris: Elsevier,
- Heras, M. y Jiménez, R. (Enero, Febrero y Marzo, 2011). La enseñanza del ser vivo en primaria a través de una secuencia de estrategias indagatorias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 067. Recuperado de <http://www.grao.com/revistas/alambique/067-como-funciona-la-tierra/la-ensenanza-del-ser-vivo-en-primaria-a-traves-de-una-secuencia-de-estrategias-indagatorias>
- Hernández, C. (2015). El concepto de “ser vivo” en estudiantes de sexto grado. Trabajo presentado en las Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología. *Bio-grafía. Escritos sobre la biología y su enseñanza*. Edición extraordinaria. 1625-1635. Recuperado de: <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/biografia/article/view/3581/3171>
- Hernández, L. (10 de junio de 2017) Sólo se separa la mitad de la basura en orgánica e inorgánica [en línea]. *Excelsior*, Sección Comunidad. Recuperado el 12 de junio de 2017 de <http://www.excelsior.com.mx/comunidad/2017/06/10/1168907>
- Hernández, L. (17 de junio de 2017). El nuevo reciclaje; ¿Sabe cómo separar su basura? [en línea]. *Excelsior*, Sección Comunidad. Recuperado el 20 de junio de 2017 de <http://www.excelsior.com.mx/comunidad/2017/06/17/1170303>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) (2014). El aprendizaje en tercero de primaria en México. *Informe sobre los resultados del EXCALE 06, Aplicación 2014 Español, Matemáticas, Ciencias Naturales y Educación Cívica*. México: INEE.
- Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) (2013). El aprendizaje en sexto de primaria en México. *Informe sobre los resultados del EXCALE*

06, *Aplicación 2009 Español, Matemáticas, Ciencias Naturales y Educación Cívica*. México: INEE.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2015). *Indicadores sobre el Medio Ambiente*. Residuos. México. Disponible en:
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=21385>

Izquierdo, M. (2007). Enseñar ciencias, una nueva ciencia. *Enseñanza de las Ciencias Sociales*, (6), 125-138. Recuperado de:
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=324127626010>

Izquierdo, M. (2005). Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de las Ciencias*, 23 (1), 111-122. Recuperado de
<http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/22008>

Izquierdo-Aymerich, M., & Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science and Education*, 12(1), 27-43. doi:10.1023/A:1022698205904

Izquierdo, M. (2000). Fundamentos Epistemológicos. En F. Perales y P. Cañal (Coords.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp.35-52). España: Editorial Marfil.

Izquierdo, M., Sanmartí, N., y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-59. Recuperado de
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=94943>

Jones, G., Grant, G., Lee, T., Poland, K. y Robert, S. (2013). The Impact of Microbiology Instruction on Students' Perceptions of Risks Related to Microbial Illness. *International Journal of Science Education. Part B. Communication and Public Engagement*, 3(3). Recuperado de:
<http://dx.doi.org/10.1080/21548455.2012.684434>

Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.

Justi, R. y Gilbert, J.K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.

Leach, J., Driver, R., Scott, P. y Wood-Robinson, C. (1996). Children's ideas about ecology 2: ideas found in children aged 5-16 about the cycling of matter. *International Journal of Science Education*, 18(1), 19-34. Recuperado de:
<http://dx.doi.org/10.1080/0950069960180102>

- Kerlinger, F. N. Y Lee, H. B. (2002). Investigación del comportamiento. Métodos de investigación en Ciencias Sociales. México: Mc Graw Hill.
- Leach, J., Driver, R., Scott, P. y Wood-Robinson, C. (1996). Children's ideas about ecology 3: ideas found in children aged 5-16 about the interdependency of organisms. *International Journal of Science Education*. 18(2), 129-141. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1080/0950069960180201>
- Lesh, R., & Doerr, H.M. (2000). Symbolizing, communicating, and mathematizing: Key components of models and modeling. In P. Cobb, E. Yackel, & K. McClain (Eds.), *Symbolizing and communicating in mathematics classrooms: Perspectives on discourse, tools, and instructional design* (pp. 361–383). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- López, Á., y Angulo, F. (2016). Representaciones estudiantiles sobre nutrición humana como modelo estudiantil inicial para referencia didáctica. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 12(2), 83-108.
- López, Á., y Moreno-Arcuri, G. (2014). Sustentación teórica y descripción metodológica del proceso de obtención de criterios de diseño y validación para secuencias didácticas basadas en modelos: el caso del fenómeno de la fermentación. *Biografía. Escritos sobre la biología y su enseñanza*, 7(13), 109 – 126.
- López-Mota, A. y Rodríguez-Pineda, D. (2013). Anclaje de los modelos y la modelización científica en estrategias didácticas, *Enseñanza de las Ciencias*, Núm. Ext. IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, p. 2008-2013.
- López, A. (2003), “Introducción”, en A. López-Mota (Coord.), *Saberes científicos, humanísticos y tecnológicos: procesos de enseñanza y aprendizaje. La Investigación Educativa en México (1992-2002)*, Vol. 7, Tomo I, pp. 357-368, México, Consejo Mexicano de Investigación Educativa.
- Madigan, M., Martinko, J. y Parker, J. (2004). *Brock. Biología de los microorganismos*. 10ª Ed. Pearson Educación.
- Mayerhofer, N. (2009). La influencia de la palabra microbio en las representaciones iniciales de alumnos de primaria. VIII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*. No. Extra. Recuperado de: <http://gent.uab.cat/conxitamarquez/sites/gent.uab.cat.conxitamarquez/files/la%20influencia%20de%20la%20palabra%20microbio%20en%20las%20representaciones%20iniciales%20de%20alumnos%20de%20primaria.pdf>

- Márquez, C., Roca, M., Sardá, A. y Pujol R. M. (2004). La construcción de modelos explicativos complejos mediante preguntas mediadoras. *Investigación en la escuela*, 53, 71-81.
- Méheut, M., & Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: Aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535. doi:10.1080/09500690310001614762
- Morales, L. (2017). *Aproximación a los modelos iniciales de un escolar sordo señante sobre la refracción de la luz*. Tesis de Maestría. México: Universidad Pedagógica Nacional.
- Montville, T., y Matthews, K. (2009). *Microbiología de los alimentos*. España: Zaragoza, Acribia.
- Moreno, E.; Vera, P.; Rodríguez, R.; Giulianelli, D.; Dogliotti, M. y Cruzado, G. (2013). El trabajo colaborativo como estrategia para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Aplicado a la enseñanza inicial de programación en el ambiente universitario. Universidad Nacional de La Matanza. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas. GIDFIS – Grupo de Investigación, Desarrollo y Formación en Innovación de Software. Florencio Varela 1903, San Justo, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Recuperado de: <http://conaiisi.frc.utn.edu.ar/PDFsParaPublicar/1/schedConfs/4/204-481-1-DR.pdf>
- Parra, O (2003). La educación en valores y su práctica en el Aula. *Tendencias pedagógicas*, 8. Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de: <https://www.google.com/search?q=la+educaci%C3%B3n+en+valores+y+su+pr%C3%A1ctica+en+el+aula&oq=la+educacion+en+valores+y+su+practic+a+en+el+&q=chrome.1.69i57j0l3.12875j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8#>
- Prokop, P., Fančovičová, J. y Krajčovičová, A. (2016). Alternative Conceptions about Micro-organisms are Influenced by Experiences with Disease in Children. *Journal of Biological Education*. 50(1). 61-72. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1080/00219266.2014.1002521>
- Prokop, P., Prokop, M., Tunnicliffe, S., y Diran, C. (2007). Children's ideas of animals internal structures. *Journal of Biological Education*. 41(2), 62-67. Recuperado de: <http://www.zoo.sav.sk/prokop/articles/Prokop%20et%20al.JBE07.pdf>
- Ray, B. y Bhunia, A. (2010). *Fundamentos de microbiología de los alimentos*. México: Mc Graw Hill.
- Real Academia Española (2017). Recuperado de: <http://dle.rae.es/?id=Da706vn>

- Reyes, L., y López, Á. (2009). Estrategia didáctica para transformar las concepciones de los niños preescolares sobre seres vivos. VIII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*. No. Extra. Recuperado de: <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/294707/383241>
- Rodríguez Pineda, D.P., López y Mota, A.D., López Becerra, C. y Flores López, M.L. (2013). El campo de educación en ciencias: una mirada desde la UPN. *Revista Entre Maestr@s*, 13 (46), 60-67.
- Rodríguez, D.P., Izquierdo, M. y López, D.M. (2011). ¿Por qué y para qué enseñar ciencias? En A.D. López-Mota y M. T. Guerra (Coords.) *Las Ciencias Naturales en Educación Básica: formación de ciudadanía para el siglo XXI* (pp. 7-33). México: SEP.
- Rodríguez, S., Lorenzo, O. y Herrera, T. (2005). *Teoría y práctica del análisis de datos cualitativos. Proceso general y criterios de calidad*. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. México. XV(2), 133-154.
- Rozo, J. (2011). Trabajo práctico: recurso que propicia el aprendizaje significativo sobre diversidad y ecología microbiana en estudiantes de grado cuarto (4º) del Colegio Champagnat de Bogotá. *Bio-grafía. Escritos sobre la biología y su enseñanza*. 4(6), 1-18. Recuperado de: <file:///C:/Users/Arlet/Downloads/Trabajo%20practico%20Microbiana%204o%20grado.pdf>
- Saéz, H. (2008). *Cómo investigar y escribir en Ciencias Sociales*. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. División de Ciencias Sociales y Humanidades. México.
- Sánchez, G., De Pro, A. y Valcárcel, M. V. (1997). La utilización de un modelo de planificación de unidades didácticas: el estudio de las disoluciones en la educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (1), 35-50.
- Sanmartí (2007). Hablar, leer y escribir para aprender ciencia. En P. Fernández (Coord.), *La competencia en comunicación lingüística en las áreas del currículo*. Colección Aulas de Verano. Madrid: MEC.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria*. Madrid: Editorial Síntesis Educación.
- Stany, Anna, El impacto de las ciencias cognitivas en la filosofía de la ciencia. Eidos: *Revista de Filosofía de la Universidad del Norte* [en línea] 2007, (mayo): [Fecha de consulta: 13 de junio de 2019] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85400603>> ISSN 1692-8857

- Secretaría de Educación Pública (SEP) (2011a). *Plan de Estudios 2011. Educación Básica*. México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2011b). *Programas de Estudio 2011. Guía para el maestro. Educación Básica. Primaria. Cuarto Grado*. México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2011c). *Programas de Estudio 2011. Guía para el maestro. Educación Básica. Primaria. Primer Grado*. México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2011d). *Programas de Estudio 2011. Guía para el maestro. Educación Básica. Primaria. Segundo Grado*. México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2011e). *Programas de Estudio 2011. Guía para el maestro. Educación Básica. Primaria. Tercer Grado*. México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2011f). *Programas de Estudio 2011. Guía para el maestro. Educación Básica. Primaria. Quinto Grado*. México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2011g). *Programas de Estudio 2011. Guía para el maestro. Educación Básica. Primaria. Sexto Grado*. México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2014a). *Libro de Texto Exploración de la Naturaleza y la Sociedad. Primer Grado*. Educación Básica. Primaria. México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2014b). *Libro de Texto Exploración de la Naturaleza y la Sociedad. Segundo Grado*. Educación Básica. Primaria. México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2014c). *Libro de Texto Exploración de la Naturaleza y la Sociedad. Tercer Grado*. Educación Básica. Primaria. México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2014d). *Libro de Texto de Ciencias Naturales Cuarto Grado*. Educación Básica. Primaria. México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2014e). *Libro de Texto de Ciencias Naturales Quinto Grado*. Educación Básica. Primaria. México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2014f). *Libro de Texto de Ciencias Naturales Sexto Grado*. Educación Básica. Primaria. México: Secretaría de Educación Pública.
- Simonneaux, L. (2000). A study of pupils' conceptions and reasoning in connection with 'microbes', as a contribution to research in biotechnology education. *Journal. International Journal Of Science Education*. 22(6), 619-644. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1080/095006900289705>

- Schwarz, C., Reiser, B., Davis, E., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, y., Hug, B. & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (6), 632–654. Recuperado de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tea.20311/pdf>
- Schwarz, C. V. & Gwekwerere, Y. N. (2007). Using a Guided Inquiry and Modeling Instructional Framework (EIMA) to Support Preservice K-8 Science Teaching. *Science Education*, 91 (1), 158-186.
- Trautmann, N. y Krasny, M. (1997). *Composting in the classroom. Scientific Inquiry for High School*. Nature Science Foundation, Cornell Waste Management Institute and Cornell Center for the Environment, Ithaca, 116pp.
- Tortora G., Funke B., y Case C. (1993). *Introducción a la microbiología*. España: Zaragoza, Acribia.
- Zamora, J. (2000). El naturalismo científico de Ronald Giere y Philip Kitcher. Un ensayo de comparación crítica. *Revista de Filosofía*, 3ª época, vol. XIII (2000), núm. 24, pp. 169-190. Servicios de publicaciones. Universidad Complutense. Madrid.

Referencias de videos

LearningtoSavetheEarth WannaHelp? (2013, abril 8). Strawberry-Rhizopus – time lapse [Archivo de video]. Recuperado de: <https://youtu.be/m0TRyaovohs>

Mega Biología. (2015, julio 24). MICROORGANISMOS (Crecimiento del moho) [Archivo de video]. Recuperado de: <https://youtu.be/0Dzo9fyVOGM>

Temponaut Timelapse (2016, abril 24). Tomato Time-Lapse Mold [Archivo de video]. Recuperado de: <https://youtu.be/1Ak0xyHLkG0>

Vargas, J. (2008, Julio 2). Descomposición de naranja – Timelapse Orange Decomposition [Archivo de video]. Recuperado de: <https://youtu.be/zhQLfEAs31g>

Temponaut Timelapse (2016, enero 24). Tangerine (Mandarin Orange) Time Lapse [Archivo de video]. Recuperado de: <https://youtu.be/U51N0t3w7CI>

Referencias de imágenes

Agrosintesis.com (s/a). Pudrición de la mazorca. [Imagen]. Recuperado de: <https://www.agrosintesis.com/wp-content/uploads/2010/08/pudriciondelamazorca-4.jpg>

Alternariamycology.blogspot.com.(s/n). Micrograph of *Alternaria* sp. [Imagen]. Recuperado de: <http://1.bp.blogspot.com/-tQa8KeuPStA/T3PX-CLgwvl/AAAAAAAAAAo/UKWA6Ntovko/s1600/tmtblgt2.jpg>

Bonifaz, A. (2012). Micología Médica Básica, Capitulo 5: Hongos Contaminantes, 4 edición, McGrawHill: México. pag 63, 600p. Azul de algodón Lactofenol, 10x Se observan los esporangios del zigomiceto, así como algunos rizoides, en la base de los esporangióforos que no se ramifican. [Imagen]. Recuperado de: https://www.google.com.mx/search?q=rhizopus&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwinkcLz56LVAhWC7iYKHWQEBNUQ_AUICigB&biw=1920&bih=974#imgrc=magqSLS9UzZVaM:

Cadena Ser. (s/a). ¿Qué es el Aspergillus? [Imagen]. Recuperado de: https://www.google.com.mx/search?q=aspergillus&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwiJ1qrXn57VAhVFbSYKHbutDtcQ_AUIBigB&biw=1920&bih=950#imgrc=I5K4DJ400_PXWM:

CDC/Dr. Libero Ajello (PHIL #4011), 1978. [Imagen Fusarium]. Recuperado de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/95/Fusarium_verticillioides_01.jpg/800px-Fusarium_verticillioides_01.jpg

Consejo Nutricional (s/a). Signos de deterioro en los alimentos [Imagen] Recuperado de: <https://m1.paperblog.com/i/386/3862116/signos-deterioro-alimentos-L-NyCKsl.jpeg>

Das, M. y Ramassamy, P. (2016). *Saccharomyces cerevisiae*, SEM image [Imagen]. Recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Saccharomyces_cerevisiae_SEM.jpg

King, C. (2006). Flickr, foto 2340133, (c) Comrade Foot, algunos derechos reservados (CC BY-SA).

Freepik. (s/a). Owoce Truskawkowe i truskawka kromka. [Imagen]. Recuperado de: https://image.freepik.com/vector-gratis/conjunto-de-vectores-de-diseno-de-rodaja-de-fresa-y-fruta-de-fresa_22159-22.jpg

Freepik. (s/a). Silla de mesa. Fotos y vectores gratis. [Imagen]. Recuperado de: https://www.google.com/search?q=Imagen+de+mesa+vector&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjYlfCDjsnhAhUIw1QKHY2zDg4Q_AUIDigB&biw=1600&bih=789#imgrc=9F2S3ukj9114_M:

Granados, Z. y Mejía, Z. (2015) *Fusarium spp.* [Imagen]. Recuperado de: https://www.google.com.mx/search?q=fusarium&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwjRz7T0oZ7VAhUCRCYKHQg-DDQQ_AUIBigB&biw=1920&bih=950#imgrc=uv_s3J2TBkzM_M:

IconBros. (s/a). Time Icons [Imagen]. Recuperado de: https://www.google.com/search?q=1510302355&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=XpH5DRUqkGMj1M%253A%252CyzvOWnUMq3HyHM%252C_&vet=1&usq=AI4_-kSrYAAxSIGnfcCVAf6qYXaB29NEQg&sa=X&ved=2ahUKEwj7pJDnhcnhAhUPLKwKHxWdB7YQ9QEwAXoECAkQBA#imgrc=XpH5DRUqkGMj1M:

Inta.gob.ar (s/a). Guía para el reconocimiento de enfermedades en el cultivo de tomate. [Imagen]. Recuperado de: <http://d2ke0ff4uknkae.cloudfront.net/hortalizas/wp-content/uploads/2015/08/bacteriosis-tomate--300x225.jpg>

Interempresas. (s/a) Uso de fungicidas en poscosecha de frutos cítricos (Naranja con penicillium), [Imagen]. Recuperado de: <https://img.interempresas.net/fotos/1178558.jpeg>

Lindsey, J. (2007). *Mucor spec* [Foto]. Recuperado de: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3561848>

iStock. (s/a). Royalty Free Dirty Garbage Silhouettes Clip. [Imagen]. Recuperado de: <https://media.istockphoto.com/vectors/different-types-of-rotten-vegetables-vector-id655322220?k=6&m=655322220&s=612x612&w=0&h=BzXi7Na5cU3Xuz9Vj7vIxIVhKfWsLiDNIY3t1PBteX0=>

iStock. (s/a). Vectores de hormiga e ilustraciones [Ilustración]. Recuperado de: <https://media.istockphoto.com/vectors/ordinary-ant-vector-id683826798?k=6&m=683826798&s=612x612&w=0&h=NEul3NuUuDDqwtYjvkJ3DVVgjAzogGnQTOUxZfFemG4=>

Jooinn. (s/a). Free photo: Apple Bite – Natural, Red, Vitaminc, Light, Fruits. [Foto]. Recuperado de: <https://media1.fdncms.com/charlotte/imager/north-carolina-charter-schools-are-poised/u/zoom/3469337/cover3.jpg>

Pearson Prentice Hall (2005). Célula procariota. Google Sites. [Imagen]. Recuperado de: <https://www.google.com.mx/search?tbm=isch&q=celula+procarionte+material+gen%C3%A9tico&imgcr=vlqLVniPx5SjXM:&cad=h#imgcr=rZ8XxfWAJwhp0M>

PNG Image. (s/a). Tomate vector png 2. [Imagen]. Recuperado de: https://openclipart.org/image/2400px/svg_to_png/209694/food-tomato.png

Rock-café. (s/a). Images of Weather Tools Barometer Clipart. [Imagen]. Recuperado de: http://mariafresa.net/data_gallery/hot-and-cold-thermometer-clipart-panda-free-clipart-images-NA7v2L-clipart.jpg

Rodríguez, B. (2016). Azul de algodón Lactofenol, 40x. Se observan numerosos artoconidios, hialinos, rectangulares. *Geotrichum* [Imagen]. Recuperado de: https://www.google.com.mx/search?q=geotrichum&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwju5bClpJ7VAhVDeCYKHUiyCt8Q_AUICigB&biw=1920&bih=950#imgcr=iuDKA1vK2tPA-M

Roger, S. (s/a). Patogenos post cosecha en cítricos. [Imagen]. Recuperado de: https://i1.wp.com/www.tecnicoagricola.es/wp-content/uploads/2011/07/P_Geo_02.jpg?resize=536%2C397

Ru.depositphotos.com (s/a). Manguera de jardín inyecta agua. [Imagen]. Recuperado de: https://st.depositphotos.com/1148398/2929/v/950/depositphotos_29293103-stock-illustration-garden-hose-squirts-water.jpg

Shutterstock – Puzzle Pix. (s/a). Structure of Aspergillus. [Imagen]. Recuperado de: <https://image.shutterstock.com/image-vector/structure-aspergillus-260nw-1107348518.jpg>

Slideshare. (2014). Clase 2 eucarionte procarionte. [Imagen]. Recuperado de:
https://www.google.com.mx/search?q=celulas+eucariontes&source=lnms&tbn=isch&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwjA-v-Lz6LVAhXNZiYKHg4CNoQ_AUIBigB&biw=1920&bih=974#tbn=isch&q=celula+eucarionte+membrana+plasmatica&imgsrc=5agmctJKJuQ2dM:

Todo Vector (s/a). Vector de Mosca. [Imagen]. Recuperado de:
https://www.google.com/search?q=moscas+vector&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwisu9OCjMnhAhVLjVQKHQN0CqcQ_AUIDigB&biw=1600&bih=789#imgsrc=D8vuCLMBWKILYM:

Unciencia (s/a). Granos atacados por el gorgojo y el hongo fusarium [Imagen].
Recuperado de: <http://www.dicyt.com/data/80/41880.jpg>

Warren Photographic. (s/a). Mouldy Tomato. Plants & Fungi – Warren Photographic Gallery.[Foto]. Recuperado de:
<https://www.warrenphotographic.co.uk/photography/big/05442-Mouldy-tomato-white-background.jpg>

Yuri. *Fun with Microbiology*. (2015) *Penicillium citrinum* [Imagen]. Recuperado de:
http://4.bp.blogspot.com/-bl5UK6TsiGs/Vb073-rcOKI/AAAAAAAAAKW8/o6p5QkGh3RM/s1600/07-%2BPenicillium_citrinum%2B1000X.jpg

Yuste, M. (2010). *Mucor sp.* [Imagen 8. *Mucor*]. Recuperado de:
<http://alimentarseconconocimiento.blogspot.com/2013/10/que-enfermedades-cause-el-hongo-mucor.html>

YWD (s/a). Tomatoes clipart rotten tomato. [Imagen]. Recuperado de:
<https://mbtskoudsalg.com/images/tomatoes-clipart-rotten-tomato-1.png>

123RF. (s/a). Cartoon Squashed Tomato Vector Illustration. [Imagen]. Recuperado de:
<https://mobile-cdn.123rf.com/300wm/lineartestpilot/lineartestpilot1802/lineartestpilot180237206/95209775-cartoon-squashed-tomato-vector-illustration-.jpg?ver=6>

ANEXO 1. SECUENCIA DIDÁCTICA SOBRE LA DESCOMPOSICIÓN DE ALIMENTOS POR MOHOS

Propósito general: Que los estudiantes expliquen el fenómeno de la descomposición de alimentos por mohos, a partir de la construcción de modelos científicos escolares, a fin de que identifiquen que al descomponerse un alimento, gracias a la intervención de los microorganismos, puede servir como nutriente para otros organismos, como las plantas.

Antes de iniciar la aplicación de la secuencia, se realizó una actividad para entablar empatía con los estudiantes.

Actividad de apertura: ¡A conocernos!

Objetivo: Entablar empatía con los alumnos a partir de presentarme con ellos, decirles cuáles serán mis propósitos a lo largo de las sesiones que compartiré con ellos y conocernos de manera general

Materiales

- Plumones
- Hojas de colores

Desarrollo: Presentación y juego para romper el hielo

Juego: Bola de nieve

En este juego, cada estudiante escribe tres cosas, acerca de sí misma(o) en un trozo de papel. Luego, debe hacer una bola con él, después, se meten en una caja o urna y cada estudiante toma una bola de otro u otra. Una vez que cada estudiante tenga una bola de papel, debe leer e intentar averiguar de quién es la bola, y una vez que dé con la otra persona, debe llevarla al frente de la clase y explicar lo que han aprendido de su compañera o compañero.

Tiempo: 15 minutos

FASE 1. INICIAL

ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN INICIAL

SESIÓN 1

Propósitos específicos: Que los estudiantes,

- Reconozcan las características de los seres vivos mediante imágenes, a fin de identificar las funciones del modelo “ser vivo” (nutrición, reproducción y relación)
- Identifiquen a los microorganismos como seres vivos, a través de la búsqueda de su definición, a fin de vincularlo con las funciones del modelo “ser vivo”
- Respondan un cuestionario sobre el fenómeno de descomposición de alimentos por mohos, a través de un instrumento, para identificar lo que conocen sobre este fenómeno

Actividad 1. Se echó a perder, ¿qué es eso?

Tiempo: 50 minutos

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
1a	<ul style="list-style-type: none"> ○ Responderán preguntas mediadoras ○ Contestarán Cuestionario A (modelos iniciales) para obtener los modelos iniciales cognitivos de los estudiantes sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Preguntar a los alumnos, ¿qué sucede con los alimentos, durante y después de que se echan a perder?, ¿de qué manera se pueden aprovechar los alimentos que se echan a perder? ○ Proporcionar a los estudiantes el cuestionario para obtener los modelos iniciales sobre el fenómeno de la descomposición de alimentos. Dar un límite de 20 minutos para contestarlo 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Reflexionar sobre las preguntas mediadoras ○ Contestar el Cuestionario A (modelos iniciales) (Anexo 2) que se le proporcione. Dentro del cuestionario, se incluirán las preguntas mediadoras ○ Responderlo en un máximo de 20 minutos ○ Plantear dudas, si las tuvieran 	<ul style="list-style-type: none"> • Por definir al revisar cada uno de los instrumentos con base en sus diferentes categorías 	<ul style="list-style-type: none"> • 35 juegos de Cuestionario A (modelos iniciales) (Anexo 2)

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
1b	Conocer las expectativas de los estudiantes	<ul style="list-style-type: none"> Comentar que en las siguientes sesiones aprenderán acerca de los microorganismos, específicamente, de los hongos, que son algunos de los que provocan la descomposición en los alimentos 	<ul style="list-style-type: none"> Apertura para escuchar lo que comenta la docente 	Ninguno	Ninguno

Actividad 2¹⁶. Seguimiento de los alimentos
Tiempo: 30 minutos

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
2a	Identificar los cambios que están sufriendo los alimentos que permanecen en el salón de clases.	O - Indagación P – Observación y organización de la información	<ul style="list-style-type: none"> Proporcionar a los estudiantes bitácoras para que escriban lo que les sucede a los alimentos, si es posible, que tomen fotos Colocar dos jitomates, uno en buen estado, y el otro dañado en su superficie, en distintas cajas (transparentes) encima de algún mueble y dentro del salón 	Individual <ul style="list-style-type: none"> Dibujar y explicar cómo se ven los jitomates, en su bitácora 	<ul style="list-style-type: none"> Entidad: alimento Entidad: microorganismo 	<ul style="list-style-type: none"> 35 juegos de bitácora para seguimiento de los alimentos 2 jitomates, uno en buen estado y el otro dañado
2b		O – Indagación y desarrollo de técnicas P - Observación directa	<ul style="list-style-type: none"> Tener dos tortillas y humedecer cada una de ellas con un atomizador de agua Cada una se meterá en una bolsa ziploc y se sellará correctamente Colocarlos en algún lugar del salón en donde no los puedan mover. Comentarles que se dejarán en ese lugar y que al final de cada sesión, verán si siguen iguales a como están ahorita. 	Individual <ul style="list-style-type: none"> Poner atención a lo que harán con las tortillas, anotar cómo se ven y dibujarlas Considerar que revisarán las tortillas al finalizar cada sesión 	<ul style="list-style-type: none"> Entidad: alimento 	<ul style="list-style-type: none"> 2 tortillas 2 bolsas ziplok 1 atomizador con agua

¹⁶ Esta actividad se llevará a cabo al final de cada sesión (6 en total), en donde se les pedirá a los estudiantes que dibujen los alimentos que se dejarán en el salón de clases, así como una breve explicación de lo que los cambios que presente en alimento.

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
2c		O - Indagación P – Observación	<ul style="list-style-type: none"> Colocar 2 tazas en algún lugar del salón. Una tendrá café y la otra tendrá agua Que las dibujen y registren lo que hay dentro de cada taza Dígalas que las observaran en las siguientes sesiones para ver qué pasa con ellos 	Individual <ul style="list-style-type: none"> Describir y dibujar el contenido de las tazas 	<ul style="list-style-type: none"> Entidad: alimento 	<ul style="list-style-type: none"> 1 taza con agua 1 taza con café

Actividad 3. ¿Qué necesitan los seres vivos para vivir?

Tiempo: 55 minutos

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y Procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
3ª_1	Los estudiantes identificarán lo que los seres vivos necesitan para vivir, para ello observarán tres imágenes (animales, plantas y humanos)	O - Obtención de nuevos conocimientos y detección de ideas previas P - Observación	<ul style="list-style-type: none"> Preguntar qué es lo que un "ser vivo" necesita para vivir e inmediatamente Pegar en el pizarrón 3 imágenes: hormiga, árbol, persona adulta Pedirles que observen las imágenes y proporcionar 2 tarjetas blancas en donde escribirán lo que 2 seres vivos necesitan para vivir Pedirles que pasen y peguen las tarjetas debajo de la imagen que consideren conveniente 	Individual <ul style="list-style-type: none"> Reflexionar sobre lo que un ser vivo necesita para vivir y escribirlo en la tarjeta Observar las imágenes que estén en el pizarrón y pasar a pegar la tarjeta debajo de la imagen que consideren conveniente 	<ul style="list-style-type: none"> Entidad: Ser Vivo Vínculo con las funciones del modelo ser vivo 	<ul style="list-style-type: none"> 3 imágenes: hormiga, árbol, persona adulta Tarjetas blancas Plumones Masking tape

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y Procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
3 ^a _2	Distinguir que los seres vivos se nutren, se reproducen y se relacionan	<p>O - Obtención de nuevos conocimientos</p> <p>P- Organización de la información</p> <p>P- Comunicación</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Al concluir, indíqueles formar equipos para identificar, a partir de lo que escribieron en las tarjetas, lo que define a un ser vivo, qué lo caracteriza o lo hace diferente de las rocas, autos, sillas o pizarrones. Proporcionar una hoja a cada equipo para que escriban sus opiniones o ideas. ○ Tratar de que resuman sus expresiones con ideas generales, que ubiquen nuevas palabras para expresarlo y hacer un vínculo con las funciones del modelo de ser vivo. ○ Con base en ello, pasaran a agrupar y a pegar las tarjetas en la función de ser vivo (“Alimento”, “¿Tiene hijos?”, “Condiciones de ambiente del lugar donde viven”) que crean ellos que pertenezcan. Las funciones estarán escritas en hojas de rotafolio 	<p>Equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ver las tarjetas que están en el pizarrón para identificar las características de los seres vivos ○ Clasificar las tarjetas en sus correspondientes funciones 		<ul style="list-style-type: none"> ○ Hojas de rotafolio
3 ^a _3		O - Obtención de nuevos conocimientos	<ul style="list-style-type: none"> ○ Revisarlo en conjunto para definir la posición de las tarjetas 	<p>Grupal</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Revisar y comparar lo que se pegó en 		

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y Procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
		P- Comunicación e interpretación Conclusión	<ul style="list-style-type: none"> ○ Poner atención en las ideas que se obtengan en la revisión ○ Decir la función de los seres vivos: se nutren y se reproducen 	las hojas de rotafolio		
3 ^b _1	Los estudiantes conocerán la definición de microorganismo e identificarán lo que es	O - Detección de ideas previas P- Búsqueda de información	<ul style="list-style-type: none"> ○ Preguntarles: “¿cuál es el ser vivo más pequeño que conocen?, ¿reconocen a seres vivos más pequeños que una hormiga?, ¿cómo cuáles?” ○ Anotarán en el pizarrón sus ideas (tomar foto de lo que escriban) 	Individual <ul style="list-style-type: none"> ○ Identificar a seres más pequeños que las hormigas 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Subentidad: Microorganism o ○ Propiedad: tamaño 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Imagen de hormiga

FASE 2. CONSTRUCCIÓN DE IDEAS

ACTIVIDADES DE INTRODUCCIÓN DE NUEVOS PUNTOS DE VISTA

SESIÓN 2

Propósitos específicos: Que los estudiantes,

- Elaboren un dibujo de cómo creen que se echa a perder un alimento para identificar sus ideas previas
- Identifiquen algunos de los tipos de microorganismos que existen, específicamente, los tipos de hongos (mohos), para reconocer algunas de sus características

- Reconozcan algunas de las características de los mohos mediante la observación con lupa, para que sepan cómo son macroscópicamente
- Reconozcan algunas de las características de los mohos mediante la observación con un microscopio, para que sepan cómo son microscópicamente

Actividad 4. ¡Explorando generalidades de los mohos!

Tiempo: 1 hora

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y Procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
4a	Los alumnos repasarán lo que es un microorganismo	Revisión de la sesión anterior O - Obtención de nuevos conocimientos y detección de ideas previas	<ul style="list-style-type: none"> ○ En plenaria, preguntar al grupo lo que revisaron la sesión anterior. Preguntar si recuerdan lo que es un microorganismo ○ Proporcionar hojas blancas a cada estudiante para que dibujen lo que para ellos es la descomposición de alimentos 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Recordar lo que es un microorganismo y participar en la sesión ○ Dibujar lo que para ellos es la descomposición de un alimento 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Entidad: microorganismo y alimento ○ Relación entre ambas entidades 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 38 hojas blancas doble carta. Cada hoja con las siguientes preguntas: ¿Qué es lo que creen que hay sobre el alimento?, ¿Qué creen que le suceda al alimento si se deja eso ahí?, ¿por qué? ○ Lápices
4b	Los alumnos identificarán los tipos de microorganismos y hongos (mohos)	O - Obtención de nuevos conocimientos	<ul style="list-style-type: none"> ○ Presentar algunos de los tipos de microorganismos que existen, dar énfasis en los hongos (mohos y levaduras) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Identificar la variedad de microorganismos y hongos que existen 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Entidad: microorganismo 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Cartel con los tipos de microorganismos y hongos que existen
4c	Los alumnos observarán un alimento en descomposición, para ello, dibujarán lo que	O – Indagación y desarrollo de técnicas	<ul style="list-style-type: none"> ○ Decir al grupo que ahora jugarán a ser científicas y científicos y que realizarán una experiencia práctica 	<p>Equipo</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Hacer equipos (de máximo 5 personas) y recibir material 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Subentidad: microorganismo ○ Propiedades filamentosos y 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Lupas ○ Cubrebocas (amarrarlos y organizar por equipos)

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y Procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
	ven sobre él y lo registrarán en una hoja	P - Observación directa	<ul style="list-style-type: none"> ○ Hacer equipos (de máximo 5 personas), dar hoja blanca, una lupa, cubrebocas, guantes de látex, un registro de observación, plumones y dará a cada equipo un alimento (jitomate) en descomposición ○ Solicitar que en la parte superior de la hoja de rotafolio escriban el número de su equipo y que dibujen con exactitud lo que ven que hay sobre el alimento, que usen su sentido de la vista al máximo para hacer su dibujo. Deberán usar la lupa para ver con mayor detalle lo que observan ○ Si la Institución lo permite, tomar con las manos el alimento para mirarlo de cerca. ○ Pedirles que le pongan nombre a lo que creen que hay sobre el alimento y que lo 	<ul style="list-style-type: none"> proporcionado por docente ○ Acordarán quién será observador y quiénes dibujantes. El observador registrará todo lo que digan los compañeros; los dibujantes tratarán de hacer una réplica del alimento que ven y lo que hay sobre él ○ Observar detenidamente el alimento que se les proporcione y dibujar con exactitud lo que ven, usar los colores que sean necesarios ○ Cada integrante deberá colaborar con su equipo 	ramificados, forman densas poblaciones	<ul style="list-style-type: none"> ○ Guantes de látex (organizar por equipos) ○ Grabadora de audio y video ○ 8 hojas de rotafolio ○ 8 alimentos en descomposición (4 jitomates y 4 naranjas o mandarinas) para proporcionar uno a cada equipo

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y Procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
			indiquen en su hoja de rotafolio			
4d	Explicarán al grupo lo que dibujaron y dirán lo que piensan que hay sobre el alimento	O – Obtención de nuevos conocimientos P - Organización de la información	<ul style="list-style-type: none"> ○ Al terminar, cada equipo contestará lo siguiente, en la hoja blanca: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ¿Qué es lo que creen que hay sobre el alimento? ✓ ¿Qué creen que le suceda al alimento si se deja eso ahí?, ¿por qué? 	Equipo <ul style="list-style-type: none"> ○ Intercambiar opiniones con el equipo sobre las preguntas que se plantean ○ Respetar lo que digan los integrantes del equipo para promover la confianza entre ellos 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Entidad: microorganismo 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 8 hojas blancas
4e		O – Obtención de nuevos conocimientos C- Comunicación e interpretación	<ul style="list-style-type: none"> ○ Cuando concluyan, pedirles que peguen sus hojas de rotafolio y que las expongan al grupo. Guiará la discusión que se genere de la presentación, indicará que expliquen los elementos del dibujo que realizaron y que compartan sus respuestas, a fin de que los estudiantes 	Grupal <ul style="list-style-type: none"> ○ Cada equipo explicará al resto del grupo lo que realizó, además de responder a las preguntas planteadas. Discutirán sus hallazgos. ○ De manera grupal, observarán y 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Entidad microorganismo ○ Relación entre microorganismo y alimento 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Hojas de rotafolio con los dibujos que realizó cada equipo

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y Procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
			<p>observen y comparen sus respuestas</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Cuando todos los equipos hayan pasado, pedirle al grupo que observe y compare sus dibujos, y que clasifiquen aquellos dibujos que explican mejor lo que hay sobre el alimento ○ Recolectar las hojas blancas y los registros ○ Comentar que lo que hay encima son microorganismos y que juegan un papel importante en la descomposición de alimentos 	<p>compararán sus respuestas con la del resto de los equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Definirán cuál de los dibujos explica mejor lo que hay sobre el alimento ○ Guardarán sus pulseras y recordarán a los integrantes de su equipo 		

Actividad 5. ¡Reconociendo detalles de los mohos!

Tiempo: 1.5 hora

Clave Act.	Resumen de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
5a	<ul style="list-style-type: none"> ○ Observarán hongos a través del microscopio ○ Llenarán la primera parte del instrumento POE (predicción) 	<p>O – Indagación</p> <p>P - Observación</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Decir al grupo que ahora van a jugar a ser microbiólogas(os) y que vivirán experiencia única ○ Proporcionarles cubrebocas y guantes a todo el grupo y decirles que se los coloquen ○ Pedir al grupo que se acerque y se coloquen alrededor de la mesa para que vivan la experiencia de ver cómo se hace una preparación y observar hongos a través del microscopio ○ Dará a cada uno de ellos, un instrumento, titulado POE: Predecir, Observar y Explicar (Anexo 3) ○ Les preguntará: ¿qué crees que observarás a través del microscopio?, ¿por qué crees o piensas que verás eso?, ¿qué forma tendrá lo que tomaré del alimento?, ¿se moverá o no se moverá?, ¿de qué color será? Y pedirá que las respondan 	<p>Individual</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Colocarse el cubrebocas y los guantes para que observen los hongos ○ Poner atención a la experiencia que realizará la docente ○ Recibirán una hoja titulada POE: Predecir, Observar y Explicar ○ Reflexionarán sobre las preguntas planteadas y escribirá su respuesta en la parte de la hoja titulada: Predecir ○ Cuando lo pida la profesora, levantarán la hoja para que pueda ver que ya concluyeron con esta tarea 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Entidad: microorganismo ○ Propiedad: reproducción rápida por medio de esporas 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Plumones ○ Lápices ○ Plumas ○ Microscopio ○ Cubrebocas ○ Guantes de latex ○ Grabadora de audio ○ Instrumento POE (Predecir, observar y explicar) en hoja tamaño oficio (Anexo 3) ○ Alimento echado a perder (cebolla, zanahoria o naranja)

Clave Act.	Resumen de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
5b	<ul style="list-style-type: none"> ○ Observarán directamente a los hongos por el microscopio ○ Llenarán segunda parte del POE (observación) 	<ul style="list-style-type: none"> O – Indagación P - Observación 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Colocará en la platina del microscopio las preparaciones que realizó. Hará los ajustes necesarios con 10x y 40x. ○ Pondrá en una mesa el microscopio. ○ Les pedirá que se formen detrás de la mesa para que cada estudiante pueda observar a través del microscopio las muestras de los hongos. ○ Fomentar un ambiente organizado y de respeto para esta actividad. ○ Cuando el estudiante haya terminado de observar la primera muestra de hongos a través del microscopio, le pedirá que, en la segunda parte de la hoja, titulada “Observación”, dibuje lo que acaba de ver ○ *Nota importante*: Si la Institución lo permite, se les comentará que pueden tocar y ver de cerca el alimento en descomposición ○ Les indicará que colorean su dibujo 	<p>Individual</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Observar detenidamente cómo el docente toma la muestra y hace la preparación para colocarla en la platina del microscopio ○ Se organizarán para que todos puedan ver los hongos a través del microscopio ○ Tendrán que formarse en una fila y cuando terminen de observar la muestra, en la segunda parte de la hoja titulada “Observación” ○ Al terminar de observar las muestras de hongos y haberlas dibujado, deberán levantar su hoja para que la docente sepa que ya concluyó con esta actividad 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Entidades: microorganismo y alimento ○ Relación: entre microorganismo y alimento 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Instrumento POE (Predecir, observar y explicar) en hoja tamaño oficio (Anexo 3)

Clave Act.	Resumen de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
5c	<ul style="list-style-type: none"> ○ Observar directamente a los hongos por el microscopio ○ Comparar primera y segunda parte del POE para realizar la tercera parte del POE (explicación) 	<p>O – Indagación</p> <p>P – Organización de la información</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Después de revisar que todos concluyeron con la segunda parte de la actividad, les pedirá que comparen lo que predijeron con lo que observaron y que ajusten su respuesta si lo que predijeron es o no lo mismo que dibujaron. Para ello, deberán responder en la parte de la hoja titulada: “Explicación”. 	<p>Individual</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Deberán comparar lo que escribieron primero (predicción), con lo que dibujaron (observación) ○ Tendrán que ajustar su respuesta, si fuera necesario, y explicar lo que vieron en la parte de la hoja titulada “Explicación” ○ Escuchar las preguntas que plantee la docente para guiar su respuesta ○ Dar POE a docente 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Entidades: microorganismo y alimento ○ Relación: entre moho y alimento ○ Predicción: entre moho y alimento 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Instrumento POE (Predecir, observar y explicar) en hoja tamaño oficio (Anexo 3)
5d	<ul style="list-style-type: none"> ○ Comparar los resultados que obtuvieron 	<p>O – Indagación</p> <p>P – Comunicación</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Pida al grupo que muestre los dibujos que realizaron 	<p>Grupal</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Mostrar los resultados que obtuvieron y comentar acerca de lo que observaron 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Entidad: microorganismo 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Instrumento POE
5f	<ul style="list-style-type: none"> ○ Reflexionar acerca de las 	<p>O – Indagación</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Para guiar su respuesta, pregúnteles: ¿qué fue lo que vieron?, ¿qué forma 	<p>Individual</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Pensar y reflexionar acerca 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Relación: entre microorganismo y alimento 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Instrumento POE

Clave Act.	Resumen de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
	preguntas planteadas	P – Interpretación y elaboración de conclusiones	tenía?, ¿de qué color era?, ¿se movía o no se movía?, ¿creen que eso que vieron, le haga algo al alimento?, ¿cómo qué?, ¿Por qué está sobre el alimento? ○ Recoger POE , decirles que se les regresará en la siguiente clase	de las preguntas planteadas	○ Predicción: entre moho y alimento	
5g	○ Reconocer características específicas de los mohos	O – Obtención de nuevos puntos de vista P – Búsqueda de información	○ Explicar que en el ámbito científico se les conoce como microorganismos, que ellos causan la descomposición de alimentos ○ Mencione algunas de sus características como que tienen esporas y filamentos, que tiene hifas	Individual ○ Pedirles a los alumnos que investiguen sobre cuántos tipos de mohos hay para revisarlo en la siguiente clase.	○ Subentidad: Hongo → Moho	○ Retomar lo que dibujaron en el anexo 3.

SESIÓN 3

Propósitos específicos: Que los estudiantes,

- Identifiquen las características específicas de los mohos, mediante esquemas, a fin de que conozcan cada una de sus partes
- Comparan las imágenes que hay dentro del libro de texto de ciencias naturales de 4º año de la SEP, con los dibujos que realizaron
- Describen las diferencias que existen entre ambas imágenes

Actividad 6. Reconociendo algunas de las partes de los mohos

Tiempo: 1 hora

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
6a	<ul style="list-style-type: none"> Identificar las partes de los mohos, a través de esquemas 	O – Obtención de nuevos puntos de vista P – Búsqueda de información	<ul style="list-style-type: none"> Pregúnteles: ¿qué fue lo que vieron?, ¿qué forma tenía?, ¿de qué color era?, ¿se movía o no se movía?, ¿creen que eso que vieron, le haga algo al alimento?, ¿cómo qué?, ¿por qué está sobre el alimento? Explicar que en el ámbito científico se les conoce como microorganismos Mostrar con el proyector algunas de sus características como que tienen esporas y filamentos, que tiene hifas, si es posible mostrar las partes del moho, hacer una analogía con dientes de león, los tipos (hongos, bacterias, virus) que hay y comente que nos enfocaremos en los que se llaman hongos, específicamente, en los mohos. 	Individual <ul style="list-style-type: none"> Identificar los nombres de algunas de las partes de los mohos Pedirles a los alumnos que investiguen sobre cuántos tipos de mohos hay para revisarlo en la siguiente clase. 	<ul style="list-style-type: none"> Subentidad: Hongo → Moho 	<ul style="list-style-type: none"> Esquemas de los mohos: <i>Aspergillus</i> sp y <i>Penicillium</i> sp.
6b	<ul style="list-style-type: none"> Comparar imágenes del libro de texto, con lo que dibujaron 	O – Obtención de nuevos puntos de vista	<ul style="list-style-type: none"> Pedir que revisen su libro de texto de Ciencias Naturales y que ubiquen las páginas 54, 57 y 67. Indíqueles que observen las imágenes mostradas en las páginas señaladas y que las 	<ul style="list-style-type: none"> Sacar su libro de texto de 4º año y ubicar las páginas 54 y 67. Revisarán las imágenes del libro de texto de ciencias 	<ul style="list-style-type: none"> Propiedad del moho: microscópico o y macroscópico 	<ul style="list-style-type: none"> Hojas blancas Lápices Plumas Libro de texto de ciencias

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
		P – Búsqueda de información	<p>comparen con lo que lo que dibujaron en el instrumento POE</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Dialogue con ellos sobre las semejanzas y diferencias de las imágenes ○ Explicar que los hongos que se muestran en el libro de texto de ciencias naturales, son hongos macroscópicos que principalmente se alimentan de madera y vegetales y que los hongos microscópicos, en este caso, los mohos, se ven con frecuencia en la descomposición de los alimentos 	<p>naturales y las compararán con lo que dibujaron en el instrumento POE</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Comentarán sobre las diferencias (o semejanzas, si las hubiera) que vean en cada una de las imágenes ○ Poner atención en la explicación que da la docente y si tienen dudas, plantearlas, ya sea, a la docente o a todo el grupo 		naturales de 4º grado de primaria, SEP 2011
6c	<ul style="list-style-type: none"> ○ Identificar si las imágenes que pasan en televisión se parecen a lo que vieron a través del microscopio 	O – Obtención de nuevos puntos de vista	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mostrar el video de YouTube, titulado Microbios a fin de detectar si lo que muestran ahí, se parece a lo que vieron a través del microscopio. El video se encuentra en la siguiente liga: https://www.youtube.com/watch?v=mt5g2ElOyec ○ Preguntar al grupo qué piensa al respecto, después de comparar sus dibujos del anexo 3, con las que se muestran en el video 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Detectar las diferencias que hay entre lo que dibujaron en el Anexo 3 y lo que ven en el video 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Propiedad del moho: microscópico 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Video de YouTube https://www.youtube.com/watch?v=mt5g2ElOyec
6d	<ul style="list-style-type: none"> ○ Reconocer de qué manera se 	O – Obtención de nuevos puntos de vista	<ul style="list-style-type: none"> ○ Solicitar a los estudiantes que dibujen cómo se alimenta un moho de forma individual, después compararlo con los 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Hacer plenaria para que expliquen cómo se alimenta un moho 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Propiedad del moho: microscópico 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Hojas de rotafolio ○ Lápices

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
	alimentan los mohos	P – Búsqueda de información	dibujos de sus compañeros, para construir juntos un “nuevo dibujo”	<ul style="list-style-type: none"> Tarea en casa: Investigar cómo se alimentan las arañas y las serpientes 	o, cómo se nutre	<ul style="list-style-type: none"> Colores

Sesión 4

Propósitos específicos: Que los estudiantes,

- Reconozcan que la forma de nutrirse un moho, es por medio de la absorción
- Identifiquen que los mohos absorben los nutrientes de los alimentos
- Asocien algunas de las funciones del moho (se nutre y se reproduce)

Actividad 7. Reconociendo cómo se nutren los mohos

Tiempo: 1 hora

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
7 ^a	<ul style="list-style-type: none"> Revisar las hojas de rotafolio de la sesión anterior para detectar cómo se nutren los mohos 	O – Obtención de nuevos puntos de vista	<ul style="list-style-type: none"> Recuperar las hojas de rotafolio de la sesión anterior Preguntarles: ¿creen que los mohos coman?, ¿por qué?, ¿cómo creen que lo hagan?, ¿qué creen que coman? Escribir en el pizarrón los comentarios que digan los estudiantes 	<ul style="list-style-type: none"> Reflexionar sobre las preguntas planteadas 	<ul style="list-style-type: none"> Propiedad del moho: se alimenta por absorción 	<ul style="list-style-type: none"> Hojas de rotafolio

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
7b	<ul style="list-style-type: none"> Identificar cómo comen las arañas y las serpientes 	P – Búsqueda de información	<ul style="list-style-type: none"> Revisar cómo comen esos seres vivos (las serpientes y las arañas) y que lo expongan al grupo Vincularlo con la nutrición de los mohos Se votará por equipo sobre aquellas ideas que los estudiantes consideren son más cercanas al conocimiento científico. Relacionar éstas con la nutrición de las arañas y serpientes 	<ul style="list-style-type: none"> Proporcionar al grupo lo que investigaron sobre la nutrición de las arañas y las serpientes Votar las ideas más cercanas al conocimiento científico, acerca de la nutrición del moho 	<ul style="list-style-type: none"> Propiedad del moho: se alimenta por absorción 	<ul style="list-style-type: none"> Tarea sobre la nutrición de la araña y la serpiente
7c	<ul style="list-style-type: none"> Relacionar cómo comen las serpientes y arañas, con los mohos 	<p>O – Obtención de nuevos puntos de vista</p> <p>P – Interpretación y elaboración de conclusiones</p>	<ul style="list-style-type: none"> Proporcionarles a los estudiantes el Anexo 4 Cuento “Seres vivos que no vemos” Dar Anexo 5 Esquema del moho para que identifiquen algunas de las partes del moho y especificarles donde se ubican sus poros Preguntarles: ¿creen que un moho coma o se alimente, si no tiene manos ni boca?, ¿por qué?, ¿creen que los mohos son seres vivos?, ¿por qué? Comentar que hay distintas formas de alimentarse o nutrirse. 	<ul style="list-style-type: none"> Revisar Anexo 4, a fin de identificar cómo se nutren los mohos Relacionar la manera en la que se nutren las arañas, las serpientes y una planta, con la forma de alimentarse de los mohos 	<ul style="list-style-type: none"> Propiedad del moho: se alimenta por absorción 	<ul style="list-style-type: none"> Anexo 4 Cuento “Seres vivos que no vemos” Anexo 5 Esquema del moho
7d	<ul style="list-style-type: none"> Discutir por qué los mohos son seres vivos Favorecer la 	<p>O – Indagación</p> <p>P – Observación directa de los dibujos del POE</p>	<ul style="list-style-type: none"> Promover la polémica de acuerdo a las respuestas que den, por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> ✓ si dicen que los microorganismos tienen cola, responder que los 	<ul style="list-style-type: none"> Estar atentos a las preguntas planteadas por la docente para responder de acuerdo a las ideas 	<ul style="list-style-type: none"> Entidad: Moho Propiedades: filamentoso 	<ul style="list-style-type: none"> Anexo 2, Instrumento o POE

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
	argumentación		<p>perros también tienen cola, entonces ¿también son mohos?</p> <p>✓ si responden que los mohos no se mueven, responder que las rocas no se mueven, entonces ¿las rocas son como mohos?</p> <p>○ Estimular la discusión grupal, con el propósito de que definan por qué un moho es un ser vivo, lograr que mencionen las partes del moho con el nombre científico adecuado y que es lo que necesita para vivir</p>	<p>previas que se tengan</p> <p>○ Reflexionar acerca de la discusión que se dé en clases</p>	<p>s y ramificados</p> <p>○ Vínculo con el modelo ser vivo, de acuerdo a su reproducción: forman densas poblaciones</p>	
7e	<p>○ Organizar equipos, contestar preguntas acerca de las cosas que ayudan al moho a crecer</p>	<p>O – Indagación</p> <p>P – Organización de la información y comunicación</p>	<p>○ Proporcionar a cada estudiante una hoja titulada Condiciones - individual (Anexo 6a) y pedirles que las respondan</p> <p>○ Al concluir, organizar al grupo en equipos de 5 personas y proporcionar la hoja titulada Condiciones - grupal (Anexo 6b) a cada equipo que contiene distintas preguntas a fin de que comparen, reflexionen y discutan sobre lo que cada uno respondió, así como distintos materiales, de acuerdo a lo que les haya tocado elaborar.</p>	<p>○ Contestar la hoja titulada Condiciones - individual (Anexo 6a) que les proporcionará la docente</p> <p>○ Se organizarán en equipos, máximo de 5 personas y responderán las preguntas que aparecen en la hoja titulada Condiciones - grupal (Anexo 6b)</p>	<p>○ Condiciones: temperatura y humedad</p> <p>○ Entidad: aire y suelo</p> <p>○ Predicción: si el alimento está dañado, el moho lo colonizará</p>	<p>○ Anexo 6a Condiciones (individual)</p> <p>○ Anexo 6b Condiciones (grupal)</p>

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
			<ul style="list-style-type: none"> ✓ ¿En dónde creen que vivan los mohos?, ¿por qué cree que viven ahí? ✓ ¿qué cosas ayudan al moho a crecer?, ¿cómo podríamos saberlo? ✓ ¿de dónde viene el moho? ✓ ¿por qué aparecen en el alimento ✓ ¿creen que los mohos se alimenten?, ¿por qué? 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Comentarán, discutirán y responderán las preguntas del cuestionario que les fue otorgado ○ Respetarán y escucharán las ideas de sus compañeras y compañeros ○ Comentarán sobre las respuestas que más acertadas consideren ○ Al terminar, escucharán con atención las indicaciones que les de la docente para elaborar la siguiente actividad 		

Actividad 8. ¡Manos a la obra! Imaginemos cómo se nutren los mohos

Tiempo: 1 hora

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
8a	○ Elaborar una maqueta acerca de	○ – Indagación	○ Al terminar de responder las preguntas, pedir a cada equipo que realice:	○ Cada equipo se organizará con los materiales y comenzará a	○ Relación: alimento dañado es	○ Lápices ○ Colores ○ Pegamento

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
	cómo se alimenta un moho	P – Interpretación y elaboración de conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Una maqueta respecto a cómo se alimenta o se nutre un moho. Para ello, proporcionará un pliego de papel cascarón, hojas blancas y de colores, pegamento, colores y plumones ✓ Conducir el trabajo a ¿qué hace el moho sobre el alimento? ○ Hacer uso del Anexo 6b, para que en conjunto, revisen las respuestas que dieron y complementen sus respuestas 	<ul style="list-style-type: none"> elaborar la actividad que le haya sido encomendada por la docente ○ Se asignarán roles para que se organicen de una mejor forma, y así, fomentar el aprendizaje colaborativo ○ Dialogarán sobre las preguntas planteadas y llegarán a una conclusión en cada una de ellas ○ Definirán cómo plasmarán en cada actividad sus respuestas 	<ul style="list-style-type: none"> colonizado por mohos ○ Relación: Aire como medio de dispersión; ○ Relación: Suelo como el lugar donde viven 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Hojas de rotafolio ○ Un pliego de papel cascarón ○ Plumones ○ Anexo 6b
8b	○ Compartir lo que cada equipo realizó	O – Indagación P – Elaboración de conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> ○ Al terminar, cada equipo pasará a exponer lo que dibujó, escribió o elaboró y explicarán cómo llegaron a las respuestas que nos comparten ○ Animará al resto del grupo a hacer preguntas a sus compañeros 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Al concluir, compartirán sus respuestas y argumentarán cómo llegaron a ello 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Predicciones: si el moho entra en contacto con el alimento dañado, se lo comerá; 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Maqueta elaborada por ellos mismos

FASE 3. APLICACIÓN Y REVISIÓN

ACTIVIDADES DE SÍNTESIS

Sesión 5

Propósitos específicos: Que los estudiantes,

- Identifiquen que el aire es el medio de transporte de las esporas para que puedan llegar al alimento
- Expliquen el proceso de la descomposición de alimentos por mohos

Actividad 9. ¡Moho! ¿En el alimento?, ¿cómo?

Tiempo: 1 hora

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
9a	<ul style="list-style-type: none"> ○ Identificar aquellas ideas que representen más cercanamente la nutrición del moho 	O – Indagación	<ul style="list-style-type: none"> ○ Presentar un resumen de las ideas que expusieron de las maquetas que realizaron en hojas de rotafolio ○ Pedirles que pasen al pizarrón a votar por la idea que más se acerque al conocimiento científico respecto a la nutrición de los mohos 	Grupal <ul style="list-style-type: none"> ○ Pasar al pizarrón, leer algunas de las ideas y votar por aquella que para ti, explica mejor cómo se nutre un moho 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Entidad: moho ○ Propiedades de la misma entidad: nutrición (absorción) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Resumen de ideas sobre la nutrición del moho en hojas de rotafolio
9b	<ul style="list-style-type: none"> ○ Identificar que el aire es el medio de transporte de las esporas 	O – Indagación P – Observación directa	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mencionar si recuerdan cómo son los mohos que vieron por el microscopio ○ Pregúnteles si saben cómo se mueven y añada ¿tenían pies o piernas? como nosotros, ¿o alas?, ¿por qué el moho está en el alimento? 	Individual <ul style="list-style-type: none"> ○ Observar y participar en el experimento que realizará la docente ○ 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Propiedad: viven en lugares con condiciones óptimas para colonizar ○ Entidad: aire 	<ul style="list-style-type: none"> • Harina de arroz • Hojas blancas • Plumones • Lámpara • Popote

			<ul style="list-style-type: none"> ○ Pedirá que se acerquen para que puedan ver el experimento, a fin de que identifiquen cómo podría ser una manera de que el moho llegue al alimento ○ Sobre una hoja de papel, colocar un poco de harina ○ Soplar con un popote para ver hacia donde se va esa harina ○ Si es posible, y hay sombra, con una lámpara, ver hacia donde se van el polvo de harina 		○ Relación: medio de transporte		
9c	<ul style="list-style-type: none"> ○ Reflexionar acerca de lo que sucedió con la harina y la relación que tiene con el moho y sus esporas 	<p>O – Indagación</p> <p>P – Organización de la información y comunicación</p> <p>P – Interpretación y elaboración de conclusiones</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Pregúnteles: ¿qué sucedió con la harina?, ¿hacia dónde se fue?, ¿cómo viajó de un lugar a otro? ○ Pedirles que recuerden cuando tienden su cama y hay rayos de luz entrando. Díales que a través de los rayos de luz, se ve que van por ahí algunos rastros de polvo ○ Pregúnteles: ¿cómo creen que el moho esté en el alimento si no tiene pies ni alas? 	Individual	<ul style="list-style-type: none"> ○ Reflexionar sobre las preguntas planteadas. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Entidad: aire ○ Propiedad: gaseoso 	<ul style="list-style-type: none"> • Ninguna
9d	<ul style="list-style-type: none"> ○ Elaborar un dibujo de cómo creen que llega el moho al alimento 	<p>O – Indagación</p> <p>P – Interpretación y elaboración de conclusiones</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Pídales que hagan un dibujo de cómo creen que llegue el moho al alimento y que digan por qué el moho está ahí 	Individual	<ul style="list-style-type: none"> ○ Reflexionar sobre las preguntas planteadas. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Relación: medio de transporte 	<ul style="list-style-type: none"> • Hojas blancas • Lápices

Actividad 10. ¡Se echó a perder!, ¿quién fue?

Tiempo: 1 hora

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
10a	<ul style="list-style-type: none"> Observar un video acerca de cómo crecen y se desarrollan los mohos en los alimentos 	<ul style="list-style-type: none"> ○ – Indagación ○ – Observación 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Repasar lo que se revisó la sesión anterior, preguntar: ¿dónde viven los mohos?, ¿qué cosas ayudan a un moho a crecer? Y ¿de dónde crees que surgen los mohos? ○ Mostrar algunos dibujos que realizaron algunos estudiantes sobre un alimento que se echa a perder, ¿cómo se ve? ○ Preguntar lo que piensan acerca de los dibujos que ven y ¿por qué creen que se echa a perder un alimento? ○ Ponerles un video acerca del crecimiento de los mohos (https://youtu.be/oDz9fyVOGM) ○ Hacer énfasis en la alimentación de éstos a partir de la materia orgánica ○ Hacer el dibujo de un jitomate sobre el pizarrón, el cual se divide en 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Recordar lo que revisaron en la sesión anterior, participar y responder las preguntas que plantea la docente ○ Observar los dibujos que realizaron en el Cuestionario Inicial ○ Responder de manera grupal, las preguntas de la docente ○ Reflexionar acerca del por qué se echa a perder un alimento ○ Observar el video y reflexionar acerca de lo que ven en el ○ Observar el dibujo ubicado en él pizarrón y preguntar si existe alguna duda ○ Reflexionar sobre cómo se descomponen o 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Condiciones: Temperatura, humedad, (quizá oxígeno) ○ Entidades: aire y suelo 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Dibujos que los alumnos realizaron sobre la descomposición de alimentos ○ Proyector y computadora ○ Video de YouTube https://youtu.be/oDz9fyVOGM

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
			partes para que simule la fragmentación o descomposición del mismo, de acuerdo a la nutrición del moho	fragmentan los alimentos		
10b	<ul style="list-style-type: none"> o Asocial al moho como causante de la descomposición de alimentos 	<ul style="list-style-type: none"> O - Indagación P – Comunicación e interpretación 	<ul style="list-style-type: none"> o Poner 4 videos sobre la descomposición de alimentos o Pedirles que observen detenidamente el primer video sobre la descomposición de un jitomate: https://youtu.be/1Ak0xyHLkG0 o Al concluir el video, preguntar ¿qué fue lo que vieron en el video? o Poner el segundo video sobre la descomposición de la naranja: https://youtu.be/zhQLfEAs31g. Enseguida, poner el video sobre la descomposición de la mandarina: https://youtu.be/U51N0t3w7C!; y al final reproducir el video de la descomposición de las fresas: 	<ul style="list-style-type: none"> o Ver el video de cómo se descompone un jitomate, una naranja, una mandarina y unas fresas o Observar detenidamente cada video e identificar por qué le pasa eso a los alimentos, así como ubicar las semejanzas y diferencias que encuentren en cada alimento o Responder las preguntas del Anexo 7. Modelos intermedios 	<ul style="list-style-type: none"> o Entidades: aire y suelo o Condiciones: Temperatura y tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> o Videos time-lapse acerca de la descomposición de alimentos: o Descomposición de un jitomate: https://youtu.be/1Ak0xyHLkG0 o Descomposición de una naranja: https://youtu.be/zhQLfEAs31g o Descomposición de una mandarina: https://youtu.be/U51N0t3w7C! o Descomposición de unas fresas: https://youtu.be/m0TRyaovohs o Anexo 7. Modelos intermedios

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
			<p>https://youtu.be/m0TRyao_vohs</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Al concluir los videos, proporcionarles a los estudiantes el Anexo 7. Modelos Intermedios para ver cómo han evolucionado sus modelos iniciales. Las preguntas que deben contestar, son: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ¿qué le sucede al jitomate?, ¿por qué se ve así? ✓ ¿qué es lo que ocasiona que la naranja se vea así? ✓ ¿qué semejanzas y diferencias encuentras en cada alimento? 			
10c	<ul style="list-style-type: none"> ○ Compartir las respuestas de las preguntas planteadas al grupo 	<p>O - Indagación</p> <p>P – Elaboración de conclusiones</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Retomar lo que expongan los alumnos y cuestionar: “¿qué o quiénes causan que se eche a perder un alimento?, ¿quién tiene el papel central en este fenómeno?” ○ Explicar que a ese proceso se le llama descomposición de alimentos por mohos 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Compartir sus respuestas al resto del grupo ○ Analizar y responder las preguntas de la docente 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Explicación: moho, alimento, aire 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Anexo 7. Modelos intermedios

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
10d	<ul style="list-style-type: none"> Leer la nota informativa sobre las esporas de los mohos 	O - Indagación	<ul style="list-style-type: none"> Pedirles que lean la nota informativa Anexo 8, y que expliquen con sus propias palabras lo que significa para ellos 	<ul style="list-style-type: none"> Reflexionar acerca de cómo se transportan y viajan las esporas al alimento 	<ul style="list-style-type: none"> Explicación: moho, alimento, aire 	<ul style="list-style-type: none"> Anexo 8. Nota informativa

ACTIVIDADES DE APLICACIÓN Y GENERALIZACIÓN

SESIÓN 6

Propósitos específicos: Que los estudiantes,

- Asocien otras situaciones que presenten el fenómeno de la descomposición de alimentos
- Reconocer el papel de los microorganismos en el ecosistema
- Identificar la función de los mohos en el ciclo de la materia

Actividad 11. Una nueva situación, ¿será descomposición?

Tiempo: 1 hora

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
11a	<ul style="list-style-type: none"> Recordar lo revisado en la sesión anterior 	O - Indagación	<ul style="list-style-type: none"> Revisar lo que se abordó en la sesión anterior, preguntar ¿por qué creen que se echa a perder un alimento? “¿qué o quiénes causan la descomposición de alimentos?, ¿quién tiene el papel central en este fenómeno?” 	<ul style="list-style-type: none"> Recordar lo que revisaron en la sesión anterior Explicar por qué se descompone un alimento 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicación y transferencia a otros contextos del MCEA 	<ul style="list-style-type: none"> Ninguno

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
11b	<ul style="list-style-type: none"> Mostrar imágenes para identificar si lo relacionan con el modelo construido 	<ul style="list-style-type: none"> O - Indagación P - Observación 	<ul style="list-style-type: none"> Pedir a los alumnos que observen las imágenes que aparecen en el proyector (planta con hongos, hojas secas, tronco y decir pajarito muerto) Preguntarles: <ul style="list-style-type: none"> ¿Qué creen que le suceda a la planta? ¿qué es lo que hay encima de la planta? ¿qué pasará con las hojas secas y el tronco? y al pajarito, ¿qué creen que pase con él?" ¿Sobre una silla saldrá moho?, ¿sobre una piedra?, ¿encima de un carro, de una repisa, de una mesa, saldrá moho?, ¿por qué? Grabar en audio y video, las respuestas que proporcionen Explicar a grosso modo que la descomposición es un fenómeno que se da con la materia orgánica, como las plantas o los animales muertos 	<ul style="list-style-type: none"> Observar las imágenes que aparecen en el proyector Reflexionar y vincular lo anteriormente visto para responder a las preguntas planteadas Plantear dudas sobre lo que explica la docente Llevar libro de texto de tercer grado de ciencias naturales 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicación y transferencia a otros contextos del MCEA 	<ul style="list-style-type: none"> Proyector (en caso de no haber, se mostrará en una tableta o laptop)

Actividad 12. Mohos, ¿para qué?
Tiempo: 30 minutos

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
12a	<ul style="list-style-type: none"> ○ Reflexionar acerca de lo que sucedería si no existieran los microorganismos, en este caso, los mohos 	<p>O - Indagación</p> <p>P – Elaboración de conclusiones</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Pedir al grupo que formen equipos. Cada equipo responderá las preguntas: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ¿Qué pasaría si no existieran los microorganismos? ✓ ¿Sería posible detener el proceso de descomposición?, ¿por qué? ✓ ¿Crees que de alguna manera, el alimento deteriorado pueda servir para algo más? 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Formar equipos y responder las preguntas planteadas ○ Platicar para que lleguen a un consenso y puedan integrar en una sola hoja, sus respuestas 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Relación: con modelo del ciclo de la materia 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ninguno
12b	<ul style="list-style-type: none"> ○ Discutir con sus compañeros, el beneficio de que existan los mohos 	<p>O - Indagación</p> <p>P – Elaboración de conclusiones</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Al concluir, cada equipo comparará sus respuestas con el equipo de al lado ○ Pedir que comenten e identifiquen cuál o cuáles son las respuestas más adecuadas. Que cuestionen lo que su otro compañero o compañera, respondió. ○ Pedir que hagan adecuaciones a sus respuestas, si fuera necesario ○ Después, cada equipo compartirá sus respuestas con el grupo. Se pedirá al grupo, poner atención en lo que exponga cada equipo, a fin de analizar sus respuestas e identificar si son correctas o no y por qué 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Compararán sus resultados con otro equipo y harán adecuaciones a sus respuestas, si fuera necesario ○ Compartir sus respuestas con el grupo, argumentando el por qué de sus respuestas 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aplicación y transferencia a otros contextos del MCEA ○ Relación: con modelo del ciclo de la materia 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Plumones y/o lápices

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
			<ul style="list-style-type: none"> ○ Preguntar al equipo si hubiesen dudas ○ De las respuestas que de cada equipo, se anotarán en el pizarrón. Se llegará a un consenso con los estudiantes para revisar cuáles son las respuestas más cercanas a la ciencia 			

Actividad 13. Los mohos, parte de un ciclo

Tiempo: 1 hora

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
13a	<ul style="list-style-type: none"> ○ Reflexionar sobre la utilidad de los alimentos en descomposición 	O - Indagación	<ul style="list-style-type: none"> ○ De acuerdo a la respuesta que hayan dado en la pregunta: ¿Crees que de alguna manera, el alimento deteriorado pueda servir para algo más?, retomarlas para profundizar en este aspecto 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Profundizar en la pregunta planteada por la docente ○ Observar la imagen mostrada en el proyector 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Vínculo con el modelo de ciclo de la materia 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Proyector (en caso de no haber, se mostrará en una tableta o laptop)
13b	<ul style="list-style-type: none"> ○ Observar imagen de Grupos funcionales de organismos en una red alimentaria de composta 	<p>P – Comunicación e interpretación</p> <p>P – Elaboración de conclusiones</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Proyectar la Red Alimentaria (Anexo 9a) y las Interacciones entre organismos en una composta (Anexo 9b) de Trautmann y Krasny (1997) ○ Pedir que ubiquen a los hongos y que reflexionen sobre su posición en el ecosistema, así como las 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Revisar en dónde podrían ubicarse los hongos en la red alimentaria ○ Sacar su libro de ciencias naturales de tercer grado y revisar la página 67 (Anexo 10) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Vínculo con el modelo ser vivo y ciclo de la materia 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Red Alimentaria (Anexo 9a) e Interacciones entre organismos en una composta (Anexo 9b) de

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Comparar imágenes e identificar el papel de los microorganismos en una composta 		<p>relaciones e interacciones en una composta</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Enseguida, que revisen su libro de ciencias naturales de tercer grado, la página 67 ○ Pedir que comparen ambas imágenes y que respondan a las preguntas: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ¿Habrá mohos dentro de la composta? ○ ¿Para qué sirve separar la basura? ○ Explicar que la materia orgánica es consumida primeramente por los microorganismos 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Comparar ambas imágenes ○ Preguntar si los microorganismos, en este caso, los mohos, sirven para algo ○ Reflexionar sobre la posición de los mohos en el ecosistema 		Trautmann y Krasny (1997)

Actividad 14. ¿Dónde quedaron las hojas?

Tiempo: 30 minutos

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
14a	<ul style="list-style-type: none"> ○ Distinguir la utilidad de los alimentos o materia orgánica en descomposición, que se quedaron en 	<p>O - Indagación</p> <p>P - Comunicación e interpretación</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Preguntarles ¿qué sucede con las hojas que caen de los árboles durante el otoño?, ¿qué pasa con ellas? ○ Proporcionarles el Anexo 11 relacionado con el modelo explicativo del fenómeno de descomposición de alimentos, vinculado con el ciclo de la materia, a fin de 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Reflexionar sobre las hojas que caen de los árboles, ¿dónde están?, ¿por qué no hay cerros enormes de éstas en las ciudades o 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Vínculo con el modelo ser vivo y ciclo de la materia 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Modelo explicativo del fenómeno de la descomposición de alimentos, relacionado con el ciclo de la materia (Anexo 11)

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
	el salón de clases		<p>que expliquen por qué no hay cerros de hojas secas, así como la basura.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Pedirles que expliquen a detalle lo que se les pide ○ Organizar equipos cuando todos hayan contestado el Anexo 10, a fin de que compartan sus respuestas y preguntarles la forma en que esa situación se relaciona con la descomposición de alimentos ○ Cada equipo comentará sus reflexiones al grupo. Tendrán que detectar al equipo que presente las ideas y explicaciones más cercanas al conocimiento científico 	<p>comunidades rurales?</p> <p>Individual</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Pensar y responder el Anexo 10, dar una explicación acerca de la situación planteada <p>En equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Compartir sus respuestas y distinguir si se relaciona con el fenómeno estudiado <p>Grupal</p> <p>Compartir sus respuestas y decidir cuáles son las mejores</p>		

Actividad 15. ¿Cómo elaborar composta?

Tiempo: - Elaborar compostero: 1 hora
 - Actividad de seguimiento: 30 días

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
15a	<ul style="list-style-type: none"> ○ Distinguir los elementos necesarios para hacer una composta 	P – Observación P – Elaboración de conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> ○ Pedirles que con los alimentos que estuvieron en el salón durante la aplicación de la secuencia, hagan una composta ○ Elaborar el biorreactor que contendrá la composta frente a ellos para que sepan cómo se elaboran. Llevar todos los materiales necesarios ○ Al concluirlo, agregar los alimentos que estuvieron en observación y que se usaron durante la aplicación de la SD ○ Dejar el biorreactor en el salón de clases para que vayan haciendo un registro de observación en su cuaderno de los cambios que vayan notando de lo que hay adentro del biorreactor, en los próximos 30 días. ○ Cuando haya pasado una semana, preguntar si los alimentos que se arrojaron a este compostero, si siguen igual o notan algunos cambios en ellos. Y así para las siguientes 3 semanas 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Investigar cómo se realiza una composta y compartir lo que encontraron a sus compañeros ○ Estar atentos para ver cómo se elabora un biorreactor para una composta ○ Hacer un registro de observación de su composta, durante los próximos 30 días. Dibujar cómo se ve la composta después de ese tiempo y dar una explicación de lo que sucede en esa composta ○ Reflexionar sobre las preguntas planteadas y examinar si los mohos participan en la composta 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Vínculo con el modelo ciclo de la materia 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Alimentos en descomposición ○ Botella para biorreactor

Actividad 16. ¿Qué aprendí?

Clave Act.	Objetivo de la actividad	Objetivo y procedimiento	Docente	Alumnos	Componente a ubicar del MCEA	Materiales
16a	<ul style="list-style-type: none"> Contestar el Cuestionario Inicial - Final 	P – Elaboración de conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> Proporcionarles el Cuestionario B (modelos alcanzados) (Anexo 2) para que respondan las preguntas que se plantean en el mismo Responder las dudas que tuvieron los estudiantes 	<ul style="list-style-type: none"> Leer cada una de las preguntas del Cuestionario B (modelos alcanzados) (Anexo 2) y responderlas 	<ul style="list-style-type: none"> MCEA alcanzado 	<ul style="list-style-type: none"> Cuestionario B (modelos alcanzados) (Anexo 2)

ANEXO 2. CUESTIONARIO A (MODELOS INICIALES) Y CUESTIONARIO B (MODELOS ALCANZADOS)

NOMBRE: _____ **EDAD** _____
FECHA _____

¡Hola! Estamos realizando un proyecto de investigación para conocer lo que sabes sobre la descomposición de alimentos. Queremos pedir tu ayuda para que contestes las preguntas que a continuación se presentan. Tus respuestas serán confidenciales, anónimas y sumadas e incluidas en el proyecto de investigación, pero nunca comunicaremos datos individuales.

Te pedimos que contestes este cuestionario con la mayor sinceridad posible.

Recuerda que no hay respuestas correctas ni incorrectas.

¡Muchas gracias por tu colaboración!

Instrucciones: Lee cada una de las preguntas detenidamente y responde lo que se te pida en cada una de ellas.

1. Observa las imágenes detenidamente. Enseguida, con tu lápiz, marca con una **X** a los que consideres que son seres vivos.



9. En tu hogar, cuando un alimento se descompone o se echa a perder, ¿qué le hacen? Marca dentro del cuadro en blanco una **X** en la opción que en tu casa tú realices.

- a) Lo tiras en cualquier lugar de tu hogar
- b) Lo tiras en cualquier bote de basura de tu hogar
- c) Lo tiras al bote de basura orgánica que está en tu hogar
- d) Otro

10. Los alimentos descompuestos o echados a perder ¿tienen que colocarse en un lugar específico?, ¿por qué?

11. ¿Por qué está así este alimento?, explica ¿qué fue lo que le sucedió?, ¿qué es lo que causó que se descompusiera?



¡MUCHAS GRACIAS POR TU COLABORACIÓN!

ANEXO 3. INSTRUMENTO POE

EXPERIENCIA: OBSERVACIÓN DE MICROORGANISMOS

NOMBRE: _____ **EDAD:** _____

PREDECIR

¿Qué verás a través del microscopio?,
¿por qué crees o piensas que verás
eso?

OBSERVAR

Dibuja lo que viste a través del
microscopio

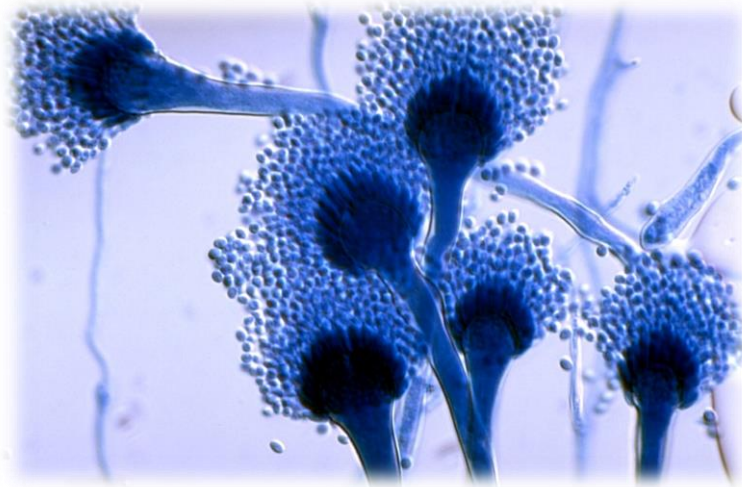
EXPLICAR

¿Qué fue lo que viste a través del
microscopio? ¿Qué forma tenía?
Descríbelo

Describe la forma que tendrá lo que la
Profesora tomara del alimento y el color
que te imaginas que tendrá

CUENTO

**AQUELLOS SERES VIVOS QUE NO
VEMOS PERO QUE ANDAN POR AHÍ**



Había una vez en este mundo, seres vivos muy muy pequeños, tan pequeños que no se podían ver a simple vista y que sólo podían ser vistos a través de un microscopio. ¿Has usado alguna vez un microscopio?

A estos seres pequeñísimos se les conoce con el nombre de microorganismos. Existen diferentes tipos de ellos, como los hongos, las bacterias o los virus. En el caso de los hongos, existen dos tipos: mohos y levaduras.

Los mohos son un tipo de hongo. Son microorganismos y son tan pequeños que solo podemos verlos a simple vista cuando se multiplican en números. Hay muchos tipos diferentes de moho.

Los mohos generalmente se ven creciendo en la superficie de los objetos. Son a menudo esponjosos o suaves en apariencia. Pueden ser de muchos colores, incluidos verde, azul, marrón, naranja y amarillo.

Los mohos se pueden ver en casa, por ejemplo, en algunas frutas se puede observar una capa esponjosa que crece, así como en un tarro abierto de mermelada.

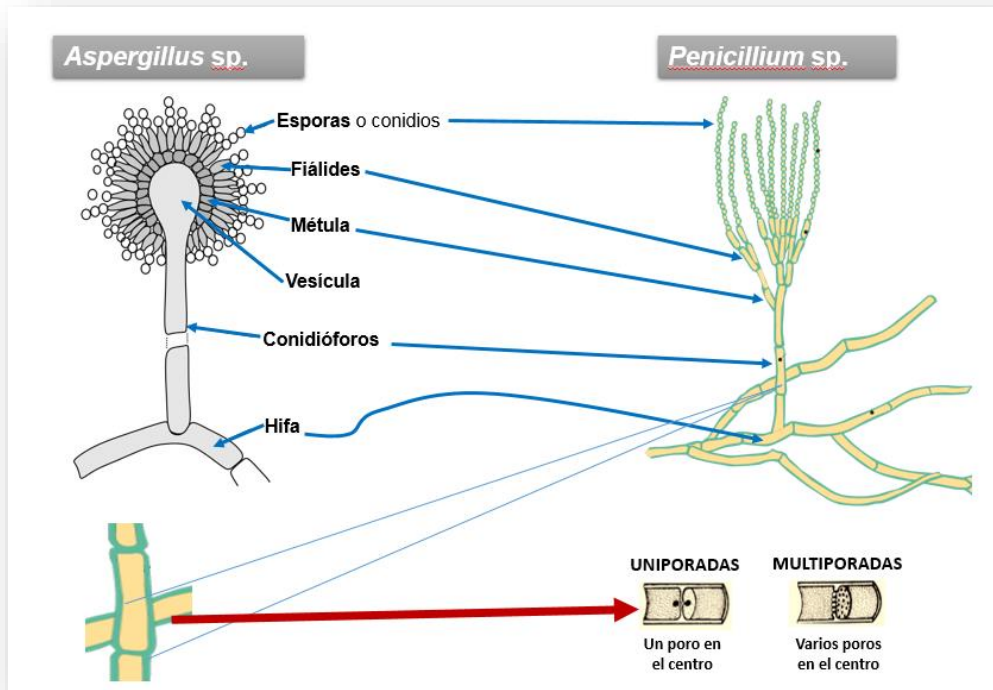
Los mohos producen y echan a través de sus poros, una sustancia líquida al alimento, que los ayudan a descomponerlo o desintegrarlo. Luego, a través de sus poros, absorben los nutrientes y agua de plantas, alimentos y animales.

Descomponer significa separar las diversas partes que forman un compuesto, es decir, desordenar, desbaratar; Desintegrar significa separar los diversos elementos que forman un todo; pudrir significa hacer que una materia orgánica se altere y descomponga.

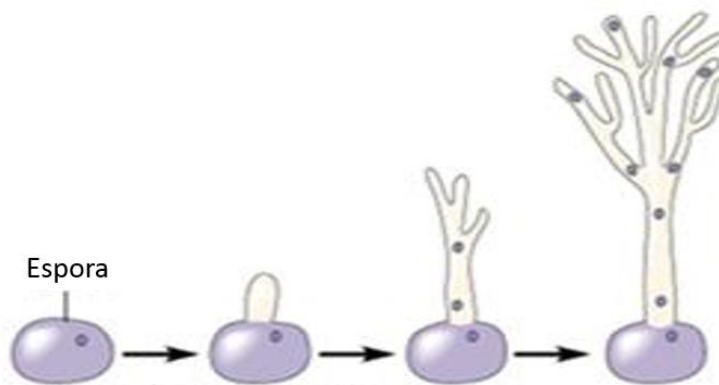
Por el momento es todo, espera el siguiente capítulo de este formidable cuento.



ANEXO 5. ESQUEMA DE ALGUNOS TIPOS DE MOHO



CRECIMIENTO DE UNA ESPORA A HIFA



ANEXO 6A. LUGAR EN DONDE VIVE UN MOHO (INDIVIDUAL)

Número de Equipo: _____ **Nombres de los Integrantes:**

Instrucciones: Respondan cuidadosamente a cada una de las preguntas.

1. ¿Qué hace el moho sobre el alimento?
2. ¿En dónde creen que vivan los mohos?
3. ¿Por qué creen que viven ahí los mohos?
4. ¿Qué cosas ayudan al moho a crecer?
5. ¿Cómo podrían saber que un moho crece?

ANEXO 6B. LUGAR EN DONDE VIVE UN MOHO (GRUPAL)

Número de Equipo: _____ **Nombres de los Integrantes:**

Instrucciones: Respondan cuidadosamente a cada una de las preguntas.

1. ¿Qué hace el moho sobre el alimento?

2. ¿En dónde creen que vivan los mohos?

3. ¿Por qué creen que viven ahí los mohos?

4. ¿Qué cosas ayudan al moho a crecer?

5. ¿Cómo podrían saber que un moho crece?

NOTA INFORMATIVA

Por donde andan las esporas del moho

Los mohos se diseminan formando esporas reproductivas que se transportan en el aire.

El aire contiene esporas de moho que provienen del crecimiento peludo visible en la superficie de los objetos. Las esporas pueden permanecer con vida durante largos períodos de tiempo en un estado latente hasta que las condiciones sean las adecuadas, y luego comienzan a crecer.

Los mohos juegan un papel importante en el medio ambiente. Ellos ayudan a descomponer y reciclar material vegetal y animal muerto. Esto es importante porque los nutrientes se devuelven al medio ambiente para que las usen las plantas y los animales.

ANEXO 9A. RED ALIMENTARIA PARA COMPOSTA

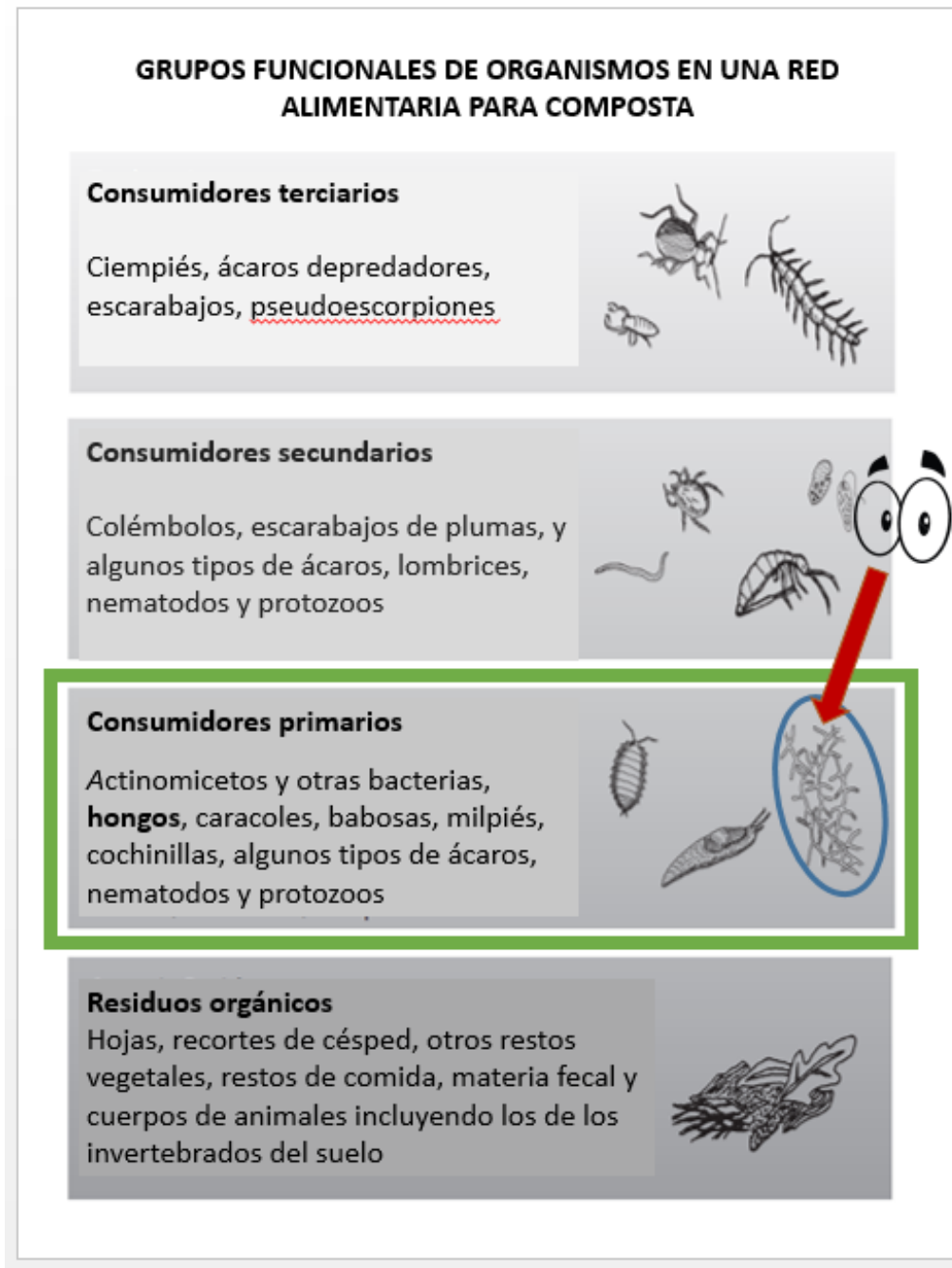


Imagen 17. Grupos funcionales de organismos en una red alimentaria para composta. Tomado de *Composting in the classroom. Scientific Inquiry for High School* por N. Trautmann, y M. Krasny, 1997, Nature Science Foundation, Cornell Waste Management Institute and Cornell Center for the Environment, Ithaca, 116pp.

ANEXO 9B. INTERACCIONES ENTRE ORGANISMOS EN UNA COMPOSTA

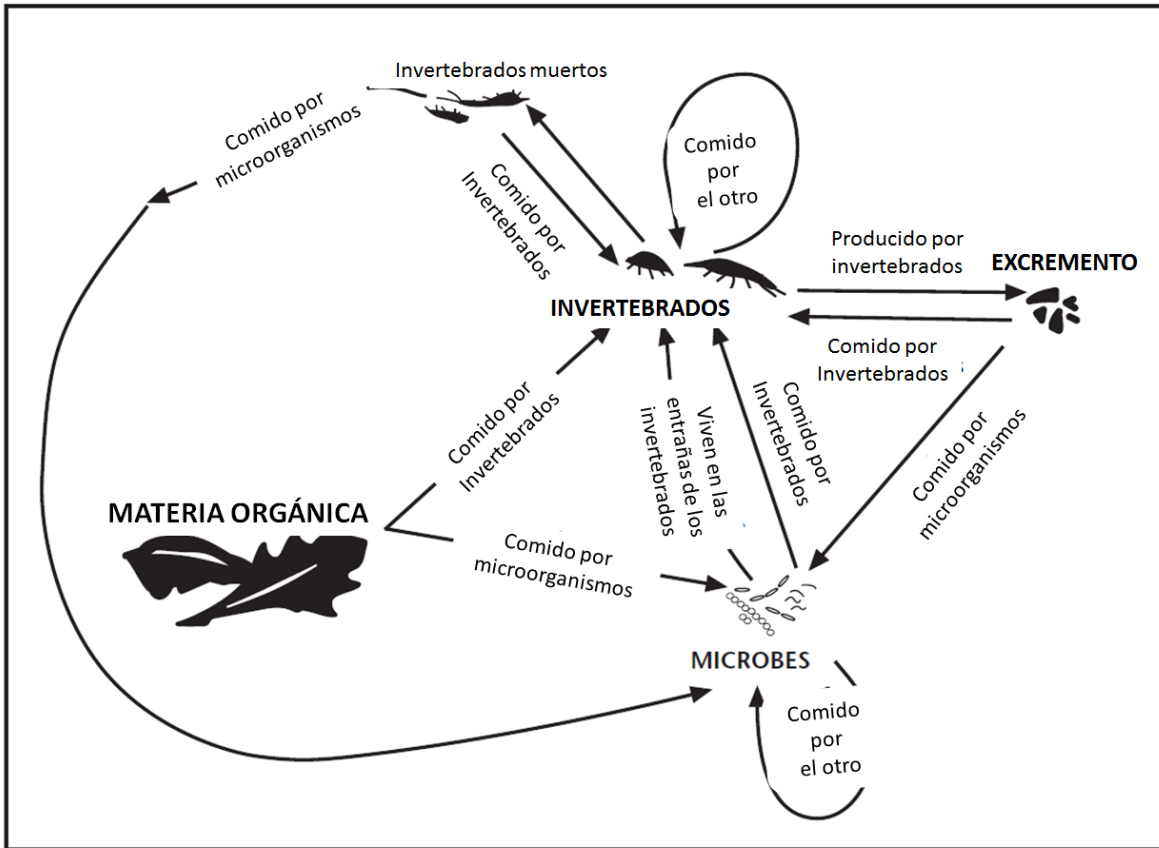


Imagen 18. Interacciones entre organismos en una composta. Adaptado de *Composting in the classroom. Scientific Inquiry for High School* por N. Trautmann, y M. Krasny, 1997, Nature Science Foundation, Cornell Waste Management Institute and Cornell Center for the Environment, Ithaca, 116pp.

ANEXO 10. ELABORACIÓN DE COMPOSTA. LIBRO DE TEXTO, 3ER GRADO (SEP, 2011)

La ciencia y sus vínculos

Si observas a tu alrededor, te darás cuenta de que hay muchos artículos de plástico: bolígrafos, muebles, juguetes, recipientes, textiles y un sinfín de objetos más. El plástico es un material que ofrece muchas ventajas: es ligero, resistente, se puede moldear, colorear fácilmente y tiene la característica de ser transparente u opaco. Sin embargo, también tiene una enorme desventaja: no se desintegra o tarda mucho tiempo en reintegrarse al ambiente.

En la actualidad, casi la mitad de los desechos que se generan corresponden a materiales plásticos. Éstos se pueden reciclar para hacer productos como telas, filamentos para escobas y cepillos, láminas, flejes y nuevas botellas. Desafortunadamente, en México sólo se recicla 20% de los envases de desecho.

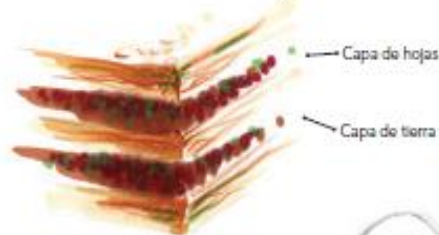
El proceso de reciclado es complicado y utiliza mucha agua, por eso es importante separar los envases del resto de los desechos sólidos para que estén limpios; de esta manera se ahorra gran cantidad de agua en el reciclaje. Actualmente existen contenedores especiales para recolectar los envases de un plástico especial llamado pet, búscalos en el lugar donde vives. Si no los hay y quieres contribuir a su recolección, puedes buscar información en la página electrónica www.ecoce.org.mx.



Los residuos de plantas, ramas y hojas secas también se agregan a la composta.



Capa de residuos orgánicos



Capa de hojas

Capa de tierra

Apilado de materiales.



Agua



Es necesario humedecer la composta cada semana. Estará lista en tres meses.

ANEXO 11. MODELO EXPLICATIVO DEL FDAM, RELACIONADO CON EL CICLO DE LA MATERIA



Anexo 10. Modelo explicativo del FDAM, relacionado con CM

Nombre: _____
Edad: _____ Fecha: _____

Te has preguntado por qué hay grandes cerros o montañas de basura de todo tipo, por ejemplo, bolsas de plásticos, llantas, vidrios, metales, uncel, pilas, cosas electrónicas, etc., y por qué no hay grandes abultamientos de hojas de árboles secos, si caen muchísimas durante todo el año. Explica y dibuja por qué sucede que no haya montones de hojas secas en diversos lugares, ¿qué pasa con ellas?