



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
POSGRADO EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD  
FACULTAD DE CIENCIAS  
GOBERNANZA, PLANEACIÓN COLABORATIVA Y APRENDIZAJE SOCIAL

**EDUCACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD: ANÁLISIS DEL  
PENSAMIENTO DOCENTE SOBRE SOSTENIBILIDAD A NIVEL MEDIO  
SUPERIOR EN LA CIUDAD DE MÉXICO**

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
DOCTORA EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD

PRESENTA:  
MARIANA MUÑOZ GALVÁN

DRA. ANA ROSA BARAHONA ECHEVERRÍA (TUTORA)  
FACULTAD CIENCIAS

DRA. KIRA PADILLA MARTÍNEZ (TUTORA)  
FACULTAD QUÍMICA

DRA. ALICIA CASTILLO ÁLVAREZ (MIEMBRO DE COMITÉ TUTOR)  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y  
SUSTENTABILIDAD (IIES MORELIA)

CIUDAD UNIVERSITARIA, CIUDAD DE MÉXICO, FEBRERO, 2024.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Coordinación de Estudios de Posgrado**  
**Ciencias de la Sostenibilidad**  
**Oficio: CGEP /PCS/006/2023**  
**Asunto: Asignación de Jurado**

**M. en C. Ivonne Ramírez Wence**  
**Directora General de Administración Escolar**  
**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Presente**

Me permito informar a usted, que el Comité Académico del Programa de Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, en su sesión 94 del 12 de septiembre de 2023, aprobó el jurado para la presentación del examen para obtener el grado de **DOCTORA EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD**, de la alumna **Muñoz Galván Mariana** con número de cuenta **90002117**, con la tesis titulada “Educación para la sostenibilidad: Análisis del pensamiento docente sobre sostenibilidad a nivel medio superior en la Ciudad de México”, bajo la dirección de la Dra. Ana Rosa Barahona Echeverría y la Dra. Kira Padilla Martínez.

PRESIDENTA: DRA. PAULINA URIBE MORFIN  
VOCAL: DR. ANDRÉS CAMOU GUERRERO  
SECRETARIA: DRA. ALICIA CASTILLO ÁLVAREZ  
VOCAL: DRA. ESPERANZA TERRÓN AMIGÓN  
VOCAL: DRA. CLARA ROSA MARÍA ALVARADO ZAMORANO

Sin más por el momento me permito enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE,**

**“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”**  
**Cd. Universitaria, Cd. Mx., 18 de enero de 2024.**



**Dr. Alonso Aguilar Ibarra**  
**Coordinador**  
**Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México, por ser la Universidad de la Nación, por brindarme una educación científica-ambiental, una sensibilidad social y una mirada crítica. Gracias por formarme desde iniciación universitaria hasta la actualidad, por ayudarme a hacer posible lo imposible.

Agradezco al Programa de Ciencias de la Sostenibilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México. Por compartir saberes y conocimientos respecto a la sostenibilidad, por ofrecerme una formación transdisciplinaria de calidad, por brindarme clases con profesores de gran nivel, así como experiencias académicas extraordinarias.

Agradezco los apoyos económicos recibidos para poder realizar mis estudios y la investigación, a través de la beca del Consejo Nacional de Ciencia y tecnología (CONACYT).

Agradezco a mis tutoras la Dra. Ana Rosa Barahona Echeverría y la Dra. Kira Padilla Martínez y a la Dra. Alicia Castillo Álvarez (miembro del comité tutor), por compartir su conocimiento, tiempo y experiencia para guiarme en el desarrollo de la investigación, por su gran calidad humana y generosidad brindada durante todo el proceso de doctorado, así como por apoyarme ante los retos de salud que tuve que enfrentar en ese periodo, gracias de corazón.

Agradezco a los miembros de mi jurado, la Dra. Paulina Uribe Morfín, el Dr. Andrés Camou Guerrero, la Dra. Esperanza Terrón Amigón y la Dra. Clara Rosa María Alvarado Zamorano, por su disposición y el tiempo dedicado para revisar y fortalecer el trabajo escrito de doctorado con sus comentarios y observaciones.

Agradezco a las profesoras y profesores de bachillerato que participaron en la investigación, por su generosidad al compartir sus conocimientos y experiencias docentes. Agradezco a las Instituciones de Educación Media Superior por el apoyo brindado para realizar la investigación, que son: a la Escuela Nacional Preparatoria (ENEP), el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) y el Instituto de Educación Media Superior (IEMS) de la CDMX.

Finalmente, agradezco a mis dos hijos Sofía y Mateo, por su amor, fuerza, y paciencia. También agradezco a mi mamá Ana María por su amor e inculcarme el cariño a la UNAM. Agradezco a mi tía Lina, por su ayuda incansable, a mis tíos Víctor, Eduardo, Vicente y Claudia Muñoz, así como a Alejandro Álvarez y a Eduardo Vizcaya por ser una extraordinaria red de apoyo y cariño. También agradezco a mis amigos Rosa María Catalá y Ricardo Hernández por su amistad y apoyo, a mis compañeros del Laboratorio de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología y a mis colegas del Colegio de Química de la Facultad de Ciencias de la UNAM, por su acompañamiento y calidez.

“Por mi raza hablará el espíritu”

Ciudad de México, febrero de 2024.

## ÍNDICE

RESUMEN/ ABSTRACT	1
INTRODUCCIÓN	2
<b>CAPÍTULO 1. ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.1. JUSTIFICACIÓN	6
1.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.2.1. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	8
1.2.2. OBJETIVO GENERAL	9
1.2.3. OBJETIVOS PARTICULARES	9
1.2.4. HIPÓTESIS	10
1.2.5. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	10
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1. Revisión de los constructos: Sostenibilidad y Desarrollo Sustentable.	13
2.2. Desarrollo de la Educación Ambiental para la Sostenibilidad.	18
2.3. Finalidades de la Educación Ambiental para la Sostenibilidad.	22
2.4. Características de la Educación Ambiental para la Sostenibilidad.	23
2.5. Dimensiones de la Educación Ambiental para la Sostenibilidad.	29
2.6. Modelos de la Educación Ambiental para la Sostenibilidad.	33
2.6.1. Modelo de Desarrollo Sustentable.	33
2.6.2. Modelo de la Ciencias de la Sostenibilidad.	34
2.7. Paradigmas de la Educación Ambiental para la Sostenibilidad.	36
2.8. La Educación para la Sostenibilidad en México y Ciudad de México (CDMX).	40
2.8.1. La Educación para la Sostenibilidad en el ámbito de bachillerato en México.	42
2.9. Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK)	
¿Por qué estudiar el Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK) sobre sostenibilidad?	45
2.9.1. Modelos sobre Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK).	46
2.9.2. Componentes y Subcomponentes del Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK).	48
2.9.3. Métodos de evaluación del Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK).	51
2.9.4. Otros estudios de PCK con docentes en el ámbito de las Ciencias Naturales.	51
<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	
3.1. Revisión curricular de la sostenibilidad en planes y programas de estudio de bachilleratos de la ciudad de México.	55
3.1.1. Revisión curricular de contenidos relacionados con la sostenibilidad en las asignaturas de Biología y Química del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la UNAM.	57
3.1.2. Revisión curricular de contenidos relacionados con la sostenibilidad en las asignaturas de Biología y Química de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) de la UNAM.	61

3.1.3. Revisión curricular de contenidos relacionados con la sostenibilidad en las asignaturas de Biología y Química del Instituto de Educación Media Superior (IEMS) de la CDMX.	64
3.2. CUESTIONARIO DIAGNÓSTICO: Resultados y análisis.	65
3.2.1. Preguntas del Cuestionario Diagnóstico.	65
3.2.2. Muestra de aplicación del Cuestionario Diagnóstico.	65
3.2.3. Tratamiento de datos del Cuestionario Diagnóstico.	66
3.2.4. Análisis de resultados del Cuestionario Diagnóstico.	67
3.2.5. Ideas útiles para la enseñanza expresadas por los profesores de biología y química en el cuestionario diagnóstico.	85
3.3. MATRICES DE REPRESENTACIÓN DEL CONTENIDO (CoRe).	87
3.3.1. Diseño de Matrices de Representación del Contenido (CoRe).	89
3.3.2. Tratamiento de datos de las Matrices de Representación de Contenido (CoRe).	94
3.3.3. Análisis deductivo de resultados realizado con ATLAS. Ti.	94
3.3.4. Presentación de resultados con diagramas Sankey.	96
3.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE MATRICES DE REPRESENTACIÓN DE CONTENIDO PARA DOCENTES DE QUÍMICA	98
3.4.1. Muestra Profesores de Química para aplicación de las Matrices de Representación de Contenido (CoRe).	98
3.4.2. Componentes y subcomponente del PCK identificados en los profesores de química.	99
3.4.3. Componentes y subcomponentes del PCK profesor Qu1.	99
3.4.4. Componentes y subcomponentes del PCK profesor Qu2.	101
3.4.5. Componentes y subcomponentes del PCK profesor Qu3.	103
3.4.6. Componentes y subcomponentes del PCK profesor Qu4.	106
3.4.7. Componentes y subcomponentes del PCK profesor Qu5.	109
3.4.8. Variación de Componentes PCK utilizados por todos los profesores de química: <i>cPCK</i> .	111
3.4.8.1 Porcentajes globales de componentes y subcomponentes del PCK: perfil colectivo de los docentes de química.	112
3.4.9. Recopilación de ideas útiles para la enseñanza de la sostenibilidad y los tópicos centrales analizados en los CoRe de profesores de química.	116
3.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS MATRICES DE REPRESENTACIÓN DE CONTENIDO (CORE) PARA PROFESORES DE BIOLOGÍA.	124
3.5.1. Muestra Profesores de Biología: aplicación de las Matrices de Representación de Contenido (CoRe).	124
3.5.2. Componentes y subcomponentes de PCK identificados en profesores de biología.	124
3.5.3. Componentes y subcomponentes del PCK profesor Bi1.	125
3.5.4. Componentes y subcomponentes del PCK profesor Bi2.	127
3.5.5. Componentes y subcomponentes del PCK profesor Bi3.	129
3.5.6. Componentes y subcomponentes del PCK profesor Bi4.	132
3.5.7. Componentes y subcomponentes del PCK profesor Bi5.	134
3.5.8. Variación de Componentes PCK utilizados por todos los profesores de biología: <i>cPCK</i> .	136

3.5.8.1. Porcentajes globales de componentes y subcomponentes del PCK: perfil colectivo de los docentes de biología.	137
3.5.9. Recopilación de ideas útiles para la enseñanza de la sostenibilidad y los tópicos centrales analizados en los CoRe de profesores de biología.	141
<b>3.6. ENTREVISTAS SEMIESTRUCTURADAS</b>	
3.6.1. Diseño de Entrevistas Semiestructuradas.	150
3.6.2. Resultados y análisis de las entrevistas semiestructuradas.	151
3.6.4. Análisis de resultados de la entrevista semiestructurada: Docente de biología Bi2.	150
3.6.5. Análisis de resultados de la entrevista semiestructurada: Docente de biología Bi4.	157
3.6.6. Análisis de resultados de la entrevista semiestructurada: Docente de biología Bi5.	163
3.6.7. Variación de Componentes PCK utilizados por todos los profesores de biología en las entrevistas: <i>cPCK</i> .	171
3.6.7.1. Porcentajes de variación de componentes PCK utilizados en las entrevistas por profesores de biología.	172
3.6.8. Recopilación de ideas útiles para la enseñanza de la sostenibilidad y otros temas derivados de la entrevista de los profesores de biología.	174
3.6.9. Análisis de resultados de la entrevista semiestructurada: Docente de química Qu4.	180
3.7. Análisis de resultados de la entrevista semiestructurada: Docente de química Qu5.	187
3.7.1. Variación de Componentes PCK utilizados por todos los profesores de química (Qu4 y Qu5) en las entrevistas: <i>cPCK</i> .	191
3.6.7.1. Porcentajes de variación de componentes PCK utilizados en las entrevistas por profesores de química.	192
3.7.2. Recopilación de ideas útiles para la enseñanza de la sostenibilidad y temas relacionados derivados de la entrevista de profesores de química.	194
3.8. Conclusiones generales del capítulo tres.	197

#### **CAPÍTULO 4. SECUENCIA DIDÁCTICA**

4.1. Diseño de la secuencia didáctica (SD), ¿Para qué se diseñó la SD?	199
4.1.1. Objetivos de la secuencia didáctica.	199
4.1.2. Principales enfoques didácticos que se abordarán en la secuencia.	199
4.1.3. Estrategias de enseñanza de las ciencias basadas en la indagación (ECBI) ¿Cómo se diseñó la SD?	200
4.1.4. Habilidades de pensamiento y para la indagación científica plasmadas en el diseño de la SD.	200
4.1.5. Principales tópicos que se abordarán en la secuencia didáctica	201
4.1.6. Herramientas tecnológicas de la SD	201
<b>4.2. CARTAS DESCRIPTIVAS DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA</b>	
<b>4.2.1. ACTIVIDAD 1. Evaluación diagnóstica</b>	202
4.2.2. ACTIVIDAD 2: Explorando los efectos del cambio climático.	206
4.2.3. ACTIVIDAD 3: Características del dióxido de carbono como gas de efecto invernadero.	208
4.2.4. ACTIVIDAD 4: Cambio climático y los océanos.	212
4.2.5. ACTIVIDAD 5: Acidificación de los océanos.	216
4.2.6. ACTIVIDAD 6: Cierre y evaluación.	220

## **CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

5.1. Conclusiones sobre la revisión curricular de planes y programas de estudio de las instituciones educativas de EMS.	223
5.2. Conclusiones sobre el cuestionario diagnóstico.	224
5.3. Conclusiones de las matrices de representación docente (CoRe).	226
5.4. Conclusiones de las entrevistas semiestructuradas.	227
5.5. Limitaciones de la investigación.	228
ARTÍCULO. PCK for sustainability in high school chemistry and biology teachers	229
ANEXO A. GUIONES DE ENTREVISTAS SEMIESTRUCTURADAS	263
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	268

## RESUMEN

El conocimiento pedagógico de contenido por sus siglas en inglés (PCK) es un saber especializado resultado de la práctica y la experiencia del docente en el aula. **El propósito de esta investigación es analizar el pensamiento docente sobre el tema de sostenibilidad, a partir del estudio del PCK y sus componentes en docentes que, imparten las asignaturas de química y biología de nivel bachillerato.** La metodología empleada fue un estudio múltiple de casos aplicado a 10 docentes activos (5 docentes de biología y 5 docentes de química), pertenecientes a 4 diferentes instituciones de Educación Media Superior (EMS). Los resultados obtenidos posibilitaron analizar el pensamiento docente en torno a la enseñanza de la sostenibilidad en el contexto de la asignatura de biología y química con relación a los siguientes tópicos centrales: equilibrio ecológico, recursos naturales, biodiversidad, ecosistemas, ambiente, energía, cambio climático y contaminación. **Se logró obtener información sobre la forma en que los docentes entienden los procesos de enseñanza-aprendizaje para la sostenibilidad,** el conocimiento que tienen sobre los tópicos analizados, las estrategias empleadas, las representaciones que utilizan y las distintas actividades de evaluación que emplean, así como las dificultades que se presentan al enseñar la sostenibilidad en sus clases.

## ABSTRACT

The pedagogical content knowledge (PCK) is a specialized knowledge resulting from the practice and experience of the teacher in the classroom. The purpose of this research is to analyze teacher thinking from the study of the PCK and its components on the issue of sustainability in teachers who teach the subjects of chemistry and biology at the high school level of Mexico City (CDMX). The methodology used was a multiple case study applied to 10 active teachers (5 chemistry teachers and 5 biology teachers), belonging to 4 different Institutions of Higher Secondary Education (EMS). The results obtained made it possible to analyze the teaching thinking about the teaching of sustainability in the context of the subjects of biology and chemistry in relation to the following central topics: ecological balance, natural resources, biodiversity, ecosystems, environment, energy, climate change and pollution. It was possible to obtain information on the way in which teachers understand the teaching-learning processes for sustainability, the knowledge they have about the topics analyzed, the strategies used, the representations they use and the different evaluation activities they use, as well as the difficulties that arise when teaching sustainability in their classes.

*One of the reasons that I am a teacher is that I hope to help students develop into “inquiring, ethical, and productive” people. I don’t expect to see how most students develop, but I can imagine that in the long term many of them will sustain my city, state, and nation, making society better for everyone.*

*(Una de las razones por las que soy profesora es que espero ayudar a los estudiantes a convertirse en personas “curiosas, éticas y productivas”. No espero ver cómo se desarrolla la mayoría de los estudiantes, pero puedo imaginar que a largo plazo muchos de ellos sostendrán mi ciudad, estado y nación, haciendo que la sociedad sea mejor para todos).*

*J. W. Moore*

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad la crisis ambiental planetaria es uno de los retos que enfrenta la humanidad, debido a que se han superado los límites planetarios (Rockström *et al.*, 2009) y se han intensificado los efectos del Antropoceno (Folke *et al.*, 2021) como la rápida acumulación de gases de efecto invernadero y los daños irreversibles ocasionados por el consumo excesivo de recursos naturales ocasionando un incremento de las dificultades ambientales como la degradación de ecosistemas, la pérdida de biodiversidad, el cambio climático y el incremento de las desigualdades sociales y económicas. Por consiguiente, avanzar hacia un futuro sostenible se ha convertido en el mayor desafío para poder garantizar la continuidad de la especie humana, ante la inminente situación de emergencia planetaria (Bybee, 1991). En México, el desarrollo socio-económico ha estado históricamente asociado con el aumento de la pobreza, la desigualdad y la exclusión social, así como con altos niveles de contaminación y degradación ambiental (Isaac-Márquez, 2011). Por lo que, la sostenibilidad es indispensable para lograr enfrentar estos problemas complejos que amenazan la subsistencia de las generaciones presentes y futuras.

Por consiguiente, las ciencias de la sostenibilidad (CS) están ganando importancia, ya que presuponen un enfoque integrador de los sistemas socio-ambientales con el conocimiento científico y los procesos sociales, que son esenciales para la toma de decisiones y la aplicación de soluciones sostenibles (Kates *et al.*, 2001). A pesar de que las propuestas en todo el mundo con base en CS son prometedoras e innovadoras, aún no se ha logrado que sean adoptadas por los ciudadanos en su vida diaria. De ahí que, para que la sostenibilidad tenga un impacto más significativo, debe integrarse a la cultura y educación de los ciudadanos. En este sentido, la enseñanza de la sostenibilidad es fundamental para impulsar el cuidado del ambiente, proteger a los recursos naturales, promover más la equidad y oportunidades, considerando la diversidad cultural y natural de cada región y con ello lograr la formación de habitantes respetuosos con el ambiente y los derechos humanos (Moran, 2023). Por esa razón, la enseñanza para la sostenibilidad es un instrumento imprescindible para robustecer esfuerzos y conseguir una formación ciudadana en

sostenibilidad; logrando con ello que las personas sean conscientes de la complejidad de los sistemas naturales, así como para que adquieran conocimientos, valores, habilidades y actitudes que les posibilite actuar en la prevención (Moriana, 2023) y dar soluciones sostenibles a las problemáticas socio-ambientales actuales. En este contexto se ha impulsado la educación ambiental para la sostenibilidad (EAS) como una herramienta para la transformación social (Aznar, Martínez-Agut, Ull y Piñeiro, 2017), que promueve un cambio a modelos educativos basados en procesos de enseñanza-aprendizaje (Murga-Menoyo, 2015) en los contextos de educación formal.

Desafortunadamente, en México, los planes y programas de estudio de educación básica y media, no abordan temas (Flores, 2015) con respecto a la sostenibilidad y el desarrollo sustentable. Por ello, es indispensable incorporar estos tópicos de forma transversal y longitudinal en los currículos escolares y promover la apropiación de conocimientos, valores y compromisos sobre sostenibilidad (Daza-Orozco, 2022). La EAS es particularmente necesaria en el bachillerato, ya que permite la adquisición de hábitos, así como la toma de decisiones informadas para lograr que los estudiantes promuevan el desarrollo sostenible del país. Por consiguiente, es necesario analizar el contenido de sostenibilidad desde el ámbito académico, la práctica docente y la estructura curricular de las asignaturas de ciencias naturales. Ya que, la enseñanza de la sostenibilidad, demanda colaboración interdisciplinaria, transversalidad, visiones positivas hacia el futuro y la comprensión de una realidad compleja (Rivas-Escobar, et al, 2021).

Por esta razón, el presente trabajo de investigación educativa tiene como fin mostrar un panorama general de la EAS en algunas instituciones de bachillerato de la Ciudad de México (CDMX), así como analizar el pensamiento docente en torno a la sostenibilidad de profesores que imparten las asignaturas de biología y química a este nivel. Se parte de la premisa, de que la propia perspectiva del docente influye en los procesos de enseñanza-aprendizaje (Wamba, 2011). Por consiguiente, pensamos que el nivel de comprensión sobre sostenibilidad que expresan los maestros de bachillerato puede ser un buen indicador del grado de desarrollo que se ha logrado en materia de educación para la sostenibilidad. Además, los docentes juegan un papel importante como agentes de cambio, porque son los encargados de utilizar estrategias pedagógicas que permitan a sus alumnos construir conocimientos sobre el ambiente y la sostenibilidad, desarrollar un pensamiento crítico y sistémico, así como adquirir valores enmarcados en una ética ambiental (De La Iglesia, 2020).

Para desarrollar el presente trabajo de investigación fue necesario, en primera instancia, revisar los planes y programas de estudio de los bachilleratos estudiados. Posteriormente, se diseñó y aplicó un cuestionario diagnóstico a docentes de las academias de biología y química para indagar cómo los docentes perciben a la sostenibilidad, los enfoques, las estrategias de enseñanza-aprendizaje que utilizan, así como los contenidos centrales que abordan para enseñar la sostenibilidad. En segunda instancia, se analizó el pensamiento docente sobre sostenibilidad, a partir del enfoque del conocimiento pedagógico del contenido por sus siglas en inglés PCK (Pedagogical Content Knowledge) a través del análisis de matrices de representación del contenido (CORE) y entrevistas semiestructuradas. Finalmente, se diseñó una secuencia didáctica basada en la enseñanza de la sostenibilidad y los Objetivos de Desarrollo Sustentables (ODS), con el enfoque del ODS 13 sobre acción por el clima (cambio climático) y con base experimental.

Respecto a la estructura de la tesis, en el primer capítulo se describen las características de la investigación, los objetivos, la hipótesis y se detalla sobre la metodología seguida en la investigación. Después, en el capítulo 2, se presenta el marco teórico del trabajo a partir de una extensa revisión bibliográfica en donde se reflexiona sobre los aspectos más importantes de la educación ambiental para la sostenibilidad (sus características, propósitos, paradigmas, modelos y dimensiones). En la segunda parte del marco teórico, se muestra una revisión sobre el pensamiento docente de la sostenibilidad, bajo el enfoque del conocimiento pedagógico del contenido (PCK).

Posteriormente, en el tercer capítulo se presentan los resultados y el análisis de resultados del cuestionario diagnóstico, las matrices de representación del contenido (CORE) y las entrevistas semiestructuradas, que fueron aplicadas a docentes de las asignaturas de química y biología de Educación Media Superior (EMS), de diferentes escuelas de la Ciudad de México (CDMX). También se muestran los resultados de la revisión curricular del contenido de sostenibilidad y desarrollo sustentable realizada a planes y programas de estudio de nivel bachillerato de la CDMX.

En el capítulo 4, se pueden consultar las conclusiones y reflexiones finales planteadas de la investigación. Por último, en formato de anexo se muestra el artículo titulado: “Pedagogical content knowledge about sustainability of high school chemistry and biology teachers”, en donde se presentan algunos resultados de la investigación. Finalmente, consideramos que esta investigación ayudará a entender el pensamiento docente sobre sostenibilidad y con ello a robustecer su práctica docente, así como la integración curricular de la sostenibilidad en el bachillerato, debido a que en la literatura hay información bastante reducida y casi nula al respecto.

# **CAPÍTULO 1. ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.0. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

El virus SARS-COV2 y la pandemia permitieron que los humanos reconociéramos cuán frágiles somos; de esta forma el desafío que enfrentamos hoy es reflexionar sobre lo que estamos haciendo para defender y mantener a nuestros propios habitantes, recursos naturales, ecosistemas y diversidad biológica (WWF, 2020). Por lo cual, transitar hacia el modelo de desarrollo sostenible se convirtió en una necesidad impostergable para el mundo y para México (Plan Nacional de Desarrollo, 2007). Por consiguiente, la forma en que se afronte esta realidad va a ser decisiva para establecer la calidad de vida a la que tienen la posibilidad de aspirar las generaciones presentes y futuras. Por consiguiente, la educación ambiental para la sostenibilidad (EAS) es una de necesidad prioritaria para frenar la devastación de la naturaleza y fomentar el desarrollo sostenible. La crisis ambiental que enfrenta la sociedad actual contribuye a crear un entorno de vida difícil que requiere ideas y pensamientos audaces, habilidades y actitudes sostenibles (Maldonado-Salazar, 2009). Nuestra existencia futura depende de la capacidad que tengamos para adaptarnos y lograr con ello los cambios de hábitos sostenibles urgentes que requiere nuestro planeta.

Por ello, la EAS es más importante que nunca, ya que posibilita un futuro sostenible de lo cual depende nuestra supervivencia. De este modo, a través de la EAS se busca desarrollar el razonamiento, el entendimiento, las habilidades, las capacidades, las perspectivas y los valores que contribuyan al empoderamiento de las personas para aceptar sus responsabilidades. Lo que, al mismo tiempo, involucra procesos de cambios en la comprensión y conocimiento de la ciudadanía, para que todos los actores se involucren en la puesta en práctica de la sostenibilidad (Profesores Amigos de la Ciencia Eureka, 2006).

Sin embargo, pese a que el sistema educativo mexicano ha intentado integrar la EAS, los currículos a nivel medio superior carecen de este contenido; además, las políticas educativas implementadas no han sido apropiadas, debido a que se acotan, de forma general, a criterios internacionales y no consideran el contexto nacional, las condiciones sociales y las culturales del país (Colín-Mercado, Llanes-Sorolla y Iglesias-Piña, 2020). Tampoco se han realizado investigaciones educativas que muestren como se aborda la sostenibilidad en la educación en el nivel bachillerato y también se desconoce qué es lo que hacen y piensan los docentes al enseñar temas sobre sostenibilidad.

Por consiguiente, en primera instancia se realizó un diagnóstico general sobre la EAS a través de la aplicación de un cuestionario a docentes de bachillerato. En segundo lugar, se caracteriza el pensamiento docente sobre sostenibilidad, a través de analizar el conocimiento pedagógico del contenido (PCK) de los profesores a partir de las matrices de representación del contenido (CORE) y entrevistas semiestructuradas. Por consiguiente, la investigación se realizó con docentes activos de las academias de química y biología de diferentes instituciones de bachillerato de la CDMX. En tercer lugar, se diseñó una secuencia didáctica para facilitar la enseñanza de la sostenibilidad.

Finalmente, los resultados de este trabajo contribuyen a la expansión del conocimiento sobre pensamiento docente y conocimiento pedagógico del contenido (PCK) asociado a la enseñanza de la sostenibilidad. Esto permitirá mejorar la práctica docente, el diseño y aplicación de estrategias de enseñanza-aprendizaje, así como la toma de decisiones fundamentadas de los docentes de bachillerato (Vilches y Pérez, 2013).

## 1.1. JUSTIFICACIÓN

### ¿Por qué realizar una investigación educativa sobre sostenibilidad?

Actualmente es necesaria la inclusión de tópicos esenciales de investigación educativa relacionados con **la enseñanza de la sostenibilidad** que reestructuren la enseñanza tradicional, a través de estrategias innovadoras y participativas, que empoderen y motiven a los educandos para actuar en pro de la sostenibilidad. Por consiguiente, la EAS se fundamenta como una educación de calidad, bajo un planteamiento de derechos humanos, que propicia aprendizajes contextualizados, promueve la cohesión social, la interculturalidad, está orientada hacia la acción (Pérez-Gil y Vilches, 2013) y promueve la incorporación de proyectos de formación docente en competencias básicas de sostenibilidad (Wiek et al, 2011).

Por otra parte, el bachillerato es un lugar de formación en donde los maestros se encargan de enseñar a los jóvenes a adquirir conocimientos y habilidades que les permitirán tomar decisiones responsables, ejercer sus derechos y obligaciones para integrarse satisfactoriamente en el desarrollo sostenible del país. No obstante, se ha demostrado que las creencias y conocimientos del docente influyen en los procesos de enseñanza-aprendizaje (Rivero y Wamba, 2011). Por lo tanto, se considera fundamental reconocer qué entienden los docentes por sostenibilidad, así como

identificar las formas en las que hacen comprensible el tema a sus estudiantes, por ser una referencia sobre el nivel de desarrollo que se ha logrado en temas de enseñanza de la sostenibilidad a nivel bachillerato en la CDMX.

Por consiguiente, una escuela que se plantea la enseñanza de la sostenibilidad ha de tener voluntad de ser transformadora, y caracterizada por promover un ambiente de aprendizaje que rompa con las tradicionales barreras entre disciplinas (WWF-UK, 2008). Sin embargo, en la CDMX esto no ha ocurrido, ya que a nivel bachillerato la enseñanza de la sostenibilidad se realiza a partir de asignaturas de ciencias naturales destacando biología y química; es decir, dentro del marco de una educación científica y tecnológica (IEMS, 2005; CCH, 2016; ENP 2018; Reyes y Quispe, 2018). En este sentido, en este trabajo se busca promover una enseñanza de calidad sobre la sostenibilidad, para ello, caracterizar y analizar el PCK de docentes activos brinda una estimación del pensamiento docente; ya que el papel de los docentes en las aulas es indispensable, tanto para robustecer los procesos de enseñanza-aprendizaje de la sostenibilidad, como para abordar el tema de forma más eficiente. Es así como el estudio del pensamiento docente sobre sostenibilidad, supone una oportunidad para generar aportaciones a la investigación educativa en el ámbito de la Educación para la Sostenibilidad (EAS).

Finalmente, los temas de investigación que se atienden con este trabajo son: **1) Analizar las conceptualizaciones y constructos sobre sostenibilidad que los docentes emplean en sus clases, 2) Estudiar los procesos y métodos que emplean en su práctica docente.** 3) Conocer los contenidos curriculares en pro de la enseñanza de la sostenibilidad.

Por consiguiente, para dar alcance a la investigación se plantean las siguientes preguntas: ¿Qué enfoques y conceptos relacionados con la sostenibilidad aparecen en los planes y programas curriculares a Nivel Medio Superior? y ¿Cuál es el pensamiento docente relacionado al tema y cómo se ve reflejado en el aula?

**El propósito de esta investigación es: contribuir al fortalecimiento de la EAS en el bachillerato, a través de la realización de un diagnóstico sobre enseñanza de la sostenibilidad (ES) y con ello se obtendrá un panorama general sobre la inserción curricular y el conocimiento que poseen los docentes en torno a este tópico.**

## 1.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.2.1. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Las preguntas de investigación planteadas para este trabajo son las siguientes:

- 1) ¿Qué enfoques y conceptos relacionados con la sostenibilidad aparecen en los planes y programas curriculares a nivel medio superior?
- 2) ¿Cuál es el pensamiento docente relacionado al tema de sostenibilidad y cómo se ve reflejado en el aula?
- 3) A partir de la caracterización del pensamiento docente ¿Cómo los profesores pondrán en práctica una secuencia didáctica para enseñar la sostenibilidad? ¿qué estrategias didácticas se pueden emplear para mejorar la enseñanza de la sostenibilidad?, y ¿por qué estas estrategias didácticas favorecen (o no), el aprendizaje de la sostenibilidad?
- 4) Respecto a la propuesta escrita para mejorar la educación para la sostenibilidad ¿Hacia dónde deben ir encaminadas las propuestas didácticas para mejorar la educación para la sostenibilidad? (ver figura 1).

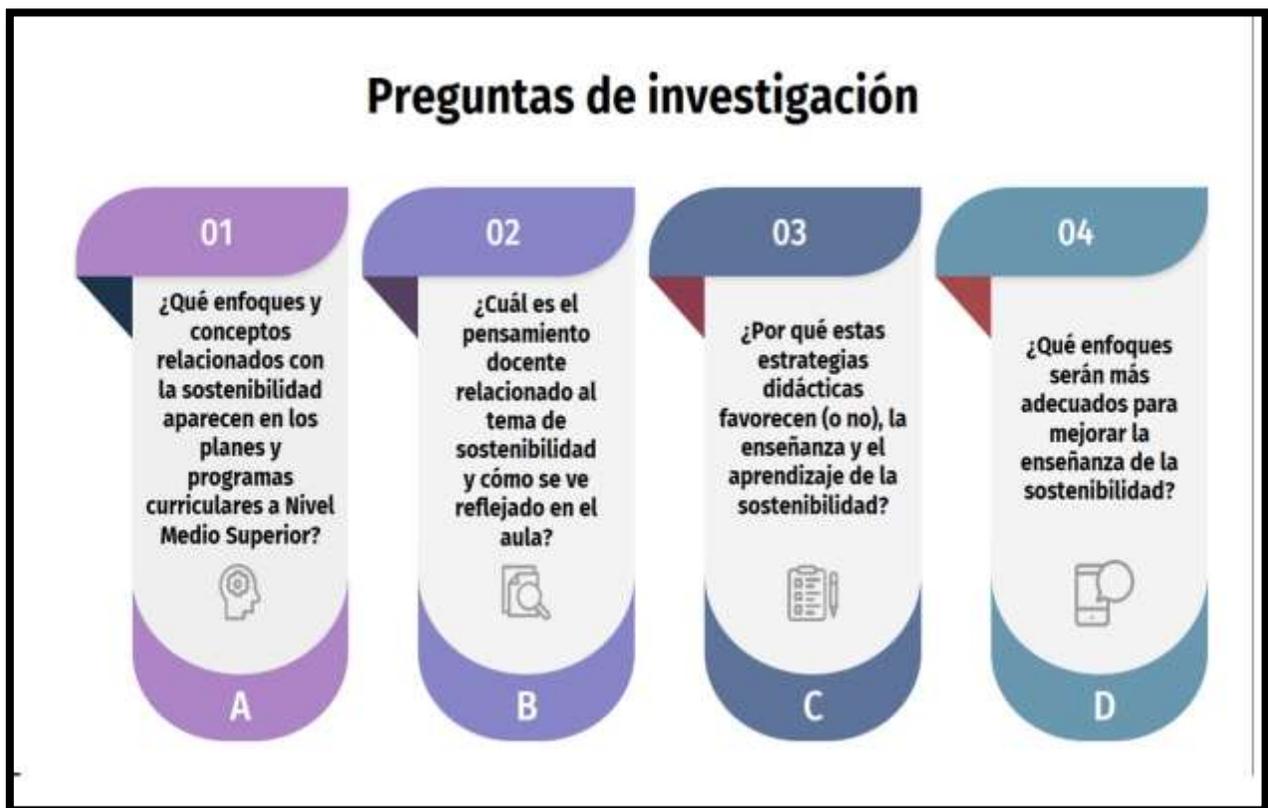


Figura 1. Preguntas de investigación.

### 1.2.2. OBJETIVO GENERAL

Analizar el pensamiento docente en torno a la enseñanza de la sostenibilidad en educación a nivel medio superior en el contexto de la ciudad de México.

### 1.2.3. OBJETIVOS PARTICULARES

Para dar alcance a la investigación se plantean los siguientes objetivos particulares:

**OB1: Realizar un diagnóstico sobre programas curriculares y enseñanza de la sostenibilidad que poseen los docentes de educación a nivel medio superior (EMS).** Para realizar la revisión curricular se consultaron bases bibliográficas de planes y programas de estudio generados por las instituciones participantes. Para analizar los criterios de enseñanza de la sostenibilidad se diseñará e implementará un instrumento (cuestionario diagnóstico) dirigido al profesorado de las asignaturas de biología y química de bachillerato.

**OB2: Analizar el pensamiento docente a partir del Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK) y las relaciones de sus componentes sobre el tema de sostenibilidad de EMS.** Para abordar este objetivo con base en el enfoque denominado Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK) propuesto por Shulman (1987), a partir del diseño y aplicación de matrices de Representación del Contenido (CoRe) y la entrevista semiestructurada (Loughran, Mulhall y Berry, 2004; Bertram, 2014).

**OB3: Diseñar una secuencia didáctica para abordar la sostenibilidad.** Para realizar este objetivo, se abordó el tema de sostenibilidad y cambio climático (Sánchez y Valcárcel, 1993; Blanco y Pérez, 2006). Se aborda en tema de cambio climático, porque es un tópico central identificado para la enseñanza de la sostenibilidad, ya que recurrentemente fue mencionado por las y los profesores estudiados en las etapas 1 y 2 de la investigación. Por consiguiente, se diseñó la Secuencia Didáctica bajo el enfoque de los Objetivos de Desarrollo Sustentables (ODS), enfocada en particular al ODS 13 sobre acción por el clima (cambio climático). Además, las estrategias de enseñanza de la secuencia didáctica también están basadas en la indagación (Reyes – Cárdenas y Padilla, 2012) y en el trabajo experimental.

#### **1.2.4. HIPÓTESIS**

El aprendizaje de la sostenibilidad se aborda en las asignaturas de biología y química de nivel bachillerato, sin embargo, los profesores no poseen una concepción clara sobre el tema, por consiguiente, su enseñanza se da a través de concepciones alternativas, por lo que resulta interesante a partir del estudio del PCK, conocer que piensan y hacen los docentes de bachillerato para lograr los objetivos de aprendizaje en relación con la sostenibilidad y los tópicos asociados.

#### **1.2.5. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente proyecto es propuesto para el Programa de Doctorado en Ciencias de la Sostenibilidad, en la línea de investigación denominada “Gobernanza, planeación colaborativa y aprendizaje social”; el objetivo general de esta línea es generar conocimiento básico que permita integrar esquemas de gobernanza colaborativa, dentro del contexto de los procesos de decisión y gestión de los sistemas socio-ambientales. Este proyecto se inserta en la investigación educativa, dentro del ámbito de la enseñanza de las ciencias naturales, en particular sobre la educación ambiental para la sostenibilidad.

La metodología está dentro del enfoque fenomenográfico, el cual busca analizar cómo las personas interpretan y analizan sus propias experiencias en el contexto de enseñanza/aprendizaje. En consecuencia, el núcleo de la investigación no es sólo describir los fenómenos como otros los ven, sino también revelar y describir la variación en dichas experiencias; por ello, se busca identificar la variación en las formas cualitativamente diferentes en las cuales un fenómeno puede ser experimentado, percibido, comprendido o conceptualizado. Además de ser un enfoque predominantemente inductivo, cualitativo e interpretativo (González-Ugalde, 2014).

Esta investigación consta de cuatro momentos del desarrollo de trabajo:

- 1) Se revisaron planes y programas de estudio de las instituciones de educación media superior con las que se trabajó, para ubicar como aparecen los contenidos de sostenibilidad, sustentabilidad y desarrollo sostenible.
- 2) Se aplicó un cuestionario diagnóstico a 36 docentes de diferentes instituciones de educación media superior como el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la UNAM, Escuela Nacional Preparatoria (ENEP) de la UNAM, Instituto de Educación Media Superior (IEMS) de la CDMX y Colegio Madrid, con ello se logró comprender de forma general cómo se

enseña la sostenibilidad, que términos se emplean, que enfoques se utilizan, con qué contenidos se relaciona y qué actividades de enseñanza-aprendizaje se usan para enseñar este tópico (Figura 2).

- 3) Se analizó el conocimiento pedagógico del contenido (PCK), a través de matrices de representación de contenidos realizadas a los docentes estudiados. Se caracterizaron los componentes y subcomponentes del PCK asociados a la sostenibilidad. Posteriormente, a partir de entrevistas semiestructuradas se reflexionó sobre los componentes del PCK asociados a la sostenibilidad en docentes de biología y química.
- 4) Se diseñó una secuencia didáctica basada en la educación para la sostenibilidad (EAS) y el cambio climático (ver Figura 2).



Figura 2. Etapas de la investigación.

Por último, los temas de investigación que se atienden en este trabajo son: estudiar las conceptualizaciones y constructos de sostenibilidad que los docentes emplean en sus clases; analizar los procesos y métodos que emplean en su práctica docente, así como **se reflexionará sobre los contenidos curriculares y acciones que se promueven a nivel institucional en pro de la enseñanza de la sostenibilidad**. Síntesis de los objetivos en relación con los instrumentos y métodos de análisis utilizados en la investigación se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Síntesis de la metodología de la investigación: objetivos, instrumentos y análisis.

Objetivos	Actividades / Instrumento	Análisis
<p><b>OB1:</b> Realizar un diagnóstico sobre programas curriculares y la enseñanza de la sostenibilidad, que poseen los docentes de educación a nivel medio superior (EMS).</p>	<p>Se realizó la revisión curricular de los planes y programas de estudio de ENP, CCH y IEMS.</p>	<p>Revisión bibliográfica para identificar los constructos sobre sostenibilidad y desarrollo sustentable, que están presentes o no, en los planes y programas de estudio.</p>
	<p>Se aplicó un cuestionario diagnóstico a 36 profesores de química y biología (ENP, CCH, IEMS, Colegio de bachilleres y Colegio Madrid).</p>	<p>Se analizaron y codificaron los datos con Atlas.Ti (9.0), para reconocer los tópicos asociados a la enseñanza de la sostenibilidad en el contexto de las asignaturas de biología y química. También se identificaron los enfoques, las metodologías y estrategias de enseñanza-aprendizaje más empleados por los docentes encuestados.</p>
<p><b>OB2:</b> Analizar el pensamiento docente a partir del Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK) y las relaciones de sus componentes sobre el tema de sostenibilidad de EMS.</p>	<p>Se diseñaron y aplicaron: Matrices de representación del contenido (CoRe) y entrevistas semiestructuradas a profesores de química y profesores de biología.</p>	<p>El instrumento de recopilación de datos empleado fue la CoRe.</p> <p>Se analizaron y codificaron los datos con Atlas.Ti (9.0).</p>
	<p>Se analizaron y categorizaron las respuestas de las matrices de representación de contenido (CoRe), identificando los componentes y subcomponentes del PCK</p>	<p>Los tópicos analizados en la CoRe aplicada a los docentes de biología fueron: Equilibrio ecológico, recursos naturales, ecosistema, biodiversidad y medio ambiente. Los tópicos analizados en la CoRe aplicada a los docentes de química fueron: Medio ambiente, recursos naturales, cambio climático, energía y contaminación.</p>
	<p>Análisis cualitativo y codificación de los tópicos expresados por los profesores de CoRe.</p>	
<p><b>OB2:</b> Analizar el pensamiento docente a partir del Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK) y las relaciones de sus componentes sobre el tema de sostenibilidad de EMS.</p>	<p>Se diseñaron y aplicaron entrevistas semiestructuradas a profesores de biología y química (ENP, CCH y IEMS)</p>	<p>El instrumento de recopilación de datos empleado fueron las entrevistas semiestructuradas.</p> <p>Se analizaron y codificaron los datos con Atlas.Ti (9.0).</p> <p>Se identificaron los componentes y subcomponentes del PCK para cada profesor estudiado y se estableció el perfil de cada uno de ellos.</p>
<p><b>OB3:</b> Diseñar una secuencia didáctica para abordar la sostenibilidad.</p>	<p>Diseño de la Secuencia didáctica sobre Sostenibilidad y Cambio climático basada en indagación.</p>	<p>Estrategias de enseñanza basadas en indagación.</p> <p>Por falta de tiempo, no se realizó la aplicación de esta secuencia didáctica.</p>

Finalmente, el estudio del PCK es un marco teórico útil para analizar el pensamiento docente, también posibilita que el docente comprenda que es lo que se ha de aprender y como se debe enseñar el contenido a partir de la propia práctica docente, el contexto y de reconocer como los estudiantes aprenden y resuelven problemas (Shulman, 1987). A continuación, se describe con mayor detalle en el capítulo 2 el marco teórico de la investigación. Posteriormente, en el capítulo 3 se explica cada etapa de la investigación, así como los resultados y el análisis de resultados.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

Este apartado tiene como objetivo explorar los constructos de sostenibilidad y desarrollo sostenible, así como reflexionar sobre las características más importantes de la educación ambiental para la sostenibilidad (EAS). También se explica el enfoque sobre Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK) en el ámbito de la investigación educativa y se analiza la EAS a nivel medio superior en México. Se realizó este marco teórico a través de una revisión bibliográfica donde se analizaron diversas publicaciones sobre EAS con una temporalidad de 2001 hasta 2023.

### 2.1. Revisión de los constructos: Sostenibilidad y Desarrollo Sustentable.

La sostenibilidad (S) pertenece a los temas centrales de la contemporaneidad y tiene aprobación social, desafortunadamente, los usos indiscriminados de dicho término en Internet y los medios de comunicación han generado la desacreditación del mismo, debido a que en la actualidad todo se denomina sostenible y permea en casi todos los ámbitos (Ávila, 2018). Es por ello, que en esta sección analizaremos las características generales de la sostenibilidad y el desarrollo sostenible como constructos, ya que se encuentran en construcción, en constante cambio, son flexibles y complejos, porque todo el tiempo están integrando la experiencia y el significado que le dan los sujetos.

Respecto al habla inglesa, se utilizan los términos únicos de “sustainability” para la sostenibilidad y “sustainable development” para el desarrollo sustentable (DS). Sin embargo, en México se emplea además de la sostenibilidad y desarrollo sustentable, otras formas como: “desarrollo sostenible” y “sustentabilidad”. Estos términos se emplean de forma variada, a veces se hace distinción entre ellos, dependiendo de la postura ideológica (Ávila, 2018; Solís-Espallargas, 2019), grupos de trabajo o enfoques socio ambientales y, otras veces, se utilizan como sinónimos. A continuación, para entender en qué consiste el Desarrollo Sostenible y la sostenibilidad, se presentan algunas definiciones básicas.

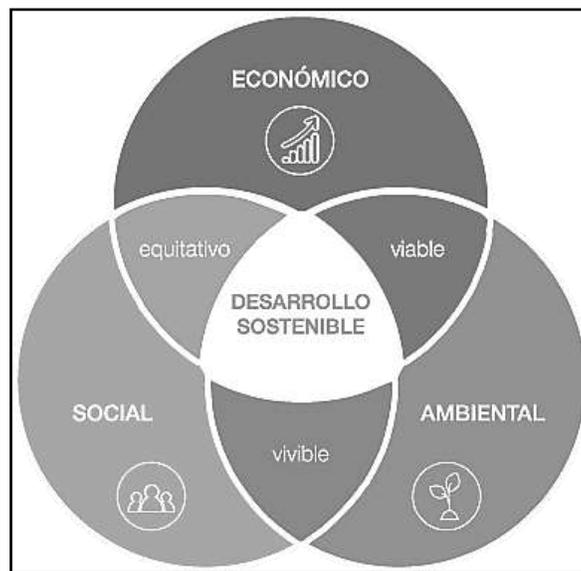
El término “sostenible” se refiere a un proceso que puede mantenerse por sí sólo. De acuerdo con la Real Academia de la Lengua Española es (Asale, 2023):

*Adj. Que se puede sostener. Opinión, situación sostenible. Especialmente en ecología y economía, que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente.*

El enfoque de desarrollo sustentable (sustainable development) surge por primera vez en las agendas políticas internacionales, a través del informe llamado “Nuestro futuro común” de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), y de acuerdo con la Comisión Brundtland, (1987) el desarrollo sostenible (Development, W. C. O. E. A.,1987; López, 2015, p. 16) es el:

*Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.*

Por consiguiente, el propósito del DS es cumplir con los requisitos del programa de acción de protección del medio ambiente y con ello, garantizar el desarrollo de los países con un nivel de crecimiento más bajo. Por tanto, fue necesario integrar las políticas ambientales y las estrategias de desarrollo considerando sus componentes económicos y sociales. Este enfoque considera las tres dimensiones del desarrollo sostenible que son la económica, social y ambiental (ver figura 3). Las mismas que son mutuamente excluyentes y pueden fortalecerse.



**Figura 3.** Dimensiones del desarrollo sostenible (Cepei, 2023).

La dimensión social se centra en aspectos de equidad, justicia, participación y seguridad. La dimensión económica implica que los sistemas de producción cumplan con los niveles de consumo, sin influir en la capacidad de satisfacer necesidades futuras. Finalmente, la dimensión ambiental hace referencia al ambiente natural y cómo éste se mantiene resiliente para sustentar la vida en el planeta (Figura 3). Es decir, requiere que los recursos que son utilizados excedan la

capacidad de nuestro planeta y puedan regenerarse, así como los residuos que se emiten puedan ser asimilados por el ecosistema (ONU, 2023). Este enfoque ha sido el de mayor aceptación a nivel global y es considerado en las agendas de desarrollo y planificación de DS en muchos países (Cepei, 2023).

Por otra parte, una definición empleada en México por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa, 2023), señala lo siguiente respecto al DS:

*El proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.*

El anterior enfoque hace alusión a la definición original de DS respecto a la satisfacción de necesidades de las generaciones futuras, pero aborda otros aspectos como la protección del medio ambiente y el aprovechamiento de los recursos naturales.

Por otro parte, respecto al constructo de “sostenibilidad” (S), de acuerdo con el Sistema Integrado de Investigación para la Ciencia de la Sostenibilidad (IR3S), la sostenibilidad consta de tres dimensiones o sistemas: global, social y humana. Estas tres dimensiones están interconectadas y son esenciales para la coexistencia de los seres humanos y el medio ambiente (Komiyama y Takeuchi, 2006):

- ✓ La dimensión global: incluye toda la base planetaria para la supervivencia humana, la geosfera, atmósfera, hidrosfera y biosfera. Ya que la tierra sostiene la vida humana al proporcionarnos recursos naturales, energía y ecosistemas de apoyo.
- ✓ La dimensión social: consiste en estructuras políticas, económicas, industriales y otras creadas por humanos para proporcionar la base social para la existencia humana.
- ✓ La dimensión humana: es el conjunto de factores que influyen en la supervivencia de las personas, está íntimamente relacionado con las instituciones sociales y de salud. El funcionamiento de sistema humano requiere la existencia de estilos de vida y valores saludables que permitan a las personas vivir de forma sana, segura y protegida.

Por lo tanto, la sostenibilidad es un enfoque integral y holístico, que propicia la identificación de problemas complejos, brinda perspectivas y soluciones prácticas que implican la interacción de

estos tres sistemas (global, social y humano). Por consiguiente, la ciencia de la sostenibilidad, es una disciplina dinámica y en evolución que propicia la resolución de problemas, el desarrollo de habilidades de pensamiento y una visión positiva hacia el futuro para lograr la S del ser humano, los sistemas sociales y globales. Así pues, la sostenibilidad opera bajo una visión planetaria de supervivencia y se basa en la relación de los actores y los sistemas involucrados (Komiyama y Takeuchi, 2006).

En el informe del IPCC se presenta a la sostenibilidad como un proceso, Anexo II en el Glosario (2014, p138) en donde S es:

*Proceso dinámico que garantiza la persistencia de los sistemas naturales y humanos de forma equitativa.*

Por otro lado, la S es presentada en el Informe Mundial sobre ciencias sociales, cambios ambientales y globales de la UNESCO (CICS/IED/UNESCO, 2016, p.687) como:

*La capacidad de mantener indefinidamente el bienestar humano, la equidad social y la calidad ambiental, satisfaciendo los deseos y necesidades actuales al tiempo que se garantiza que las generaciones futuras dispondrán aún de sistemas humano ambientales acoplados que pueden suministrar bienes y servicios para sus necesidades y deseos, sin degradar esos sistemas a largo plazo.*

Todos los enfoques anteriores, consideran las tres dimensiones de la S (humano, social y ambiental), pero también plantean a la S como un proceso y capacidad de propiciar el bienestar humano, la cultura, la responsabilidad de administrar bienes y servicios para cubrir las necesidades humanas, así como el cuidado y la preservación de los sistemas naturales.

Por otro parte, como se había comentado, existe otra variación de la S por el término “sustentabilidad”, que Ávila (2018, p.422) lo define de la forma siguiente:

*La sustentabilidad en sentido amplio, puede ser entendida como la producción de bienes y servicios, donde se satisfagan las necesidades humanas y se garantice una mejor calidad de vida a la población en general, con tecnologías limpias en una relación no destructiva con la naturaleza, en la cual la ciudadanía participe de las decisiones del proceso de desarrollo, fortaleciendo las condiciones del medio ambiente*

*y aprovechando los recursos naturales, dentro de los límites de la regeneración y el crecimiento natural.*

**Concluimos este apartado, planteando que tanto la S y el DS promueven el vivir con bienestar, justicia y equidad social, además propician la conservación de los ecosistemas y favorecen el uso racional de los recursos naturales y la protección del ambiente, también trata de combatir las desigualdades económicas y culturales, sin comprometer la cobertura de las necesidades de generaciones presentes y futuras.** No obstante, una sociedad sostenible es equitativa, participativa y democrática, así como lo suficientemente flexible e inteligente como para no socavar o dañar sus sistemas de apoyo natural. Finalmente, cabe señalar, que los constructos que adoptaremos para desarrollar la presente investigación son; sostenibilidad y desarrollo sustentable. A continuación, se presentan con detalle las características de la Educación Ambiental para la Sostenibilidad (EAS).

## **2.2. Desarrollo de la Educación Ambiental para la Sostenibilidad.**

En la actualidad, avanzar hacia un futuro sostenible se ha convertido en el mayor desafío para poder garantizar la continuidad de la especie humana, ante la inminente situación de emergencia planetaria (Bybee, 1991; Folke, et al 2021), la degradación de los ecosistemas, el agotamiento de recursos naturales, la pérdida de biodiversidad, el incremento de la contaminación, el cambio climático, entre otros factores que ponen al límite del colapso a nuestro planeta. Además, prevalece un incremento de las desigualdades, migraciones, crisis alimentarias, crisis cultural y más recientemente una crisis de salud debida a la pandemia de COVID-19, que ha hecho evidente lo interconectados que están los seres humanos con el medio ambiente.

Para superar estas dificultades, es indispensable replantear la educación tradicional, integrando una perspectiva sistémica y holística que requieren los problemas contemporáneos que amenazan la vida en el planeta (Leff, 2010). Por consiguiente, las instituciones educativas se han visto en la necesidad de modificar sus objetivos y modelos pedagógicos, con el propósito de responder con más eficacia a los desafíos de la sociedad actual, a través de nuevos marcos éticos y epistemológicos (Sánchez, 2019).

En primera instancia, la educación ambiental (EA) tiene el imperativo de comprender la complejidad de los problemas ambientales, de generar soluciones innovadoras, a través de nuevas

formas de aprendizaje y enseñanza. La EA es un campo de la pedagogía que ha enfrentado una diversidad de discursos, enfoques, actividades y creencias en donde confluyen las diferentes miradas de expertos, sujetos y practicantes de distintos ámbitos (humanidades, ciencias sociales y ciencias naturales), es decir, existe una relación centro periférica de la EA con diferentes actores y disciplinas, por lo que la EA posibilita un dialogo dinámico, plural, complejo y a veces contradictorio. Por consiguiente, el campo de la EA en general enfrenta diferentes posiciones respecto a su capital simbólico y conceptual, lo que implica acuerdos y desacuerdos, tensiones, percepciones y esperanzas (Martínez y González, 2015). Por otra parte, la EA es reflexiva, crítica, basada en un compromiso ético y social que permite la reestructuración de la convivencia entre la humanidad y el planeta entero (Terrón, 2019). Por consiguiente, la sostenibilidad ambiental es el paradigma dominante dentro de la Educación Ambiental (Reyes y Quispe, 2018), expresado a través de la Educación Ambiental en Sostenibilidad (EAS).

Por consiguiente, la EA y la EAS son tendencias educativas que se complementan, porque ambas tienen una base común que considera: a) Las interrelaciones humanas con la naturaleza y b) Los valores que impulsan las actividades educativas. La necesaria convergencia entre ambas vertientes fortalece los esfuerzos para lograr una educación ciudadana que prepare a la sociedad a participar en la toma de decisiones, que ayude a mejorar la calidad de vida de las personas y del ambiente en que vivimos (Vilches y Gil-Pérez. 2016). En este sentido, la educación ambiental para la sostenibilidad se ha denominado de diferentes formas durante más de 40 años: Educación para el Desarrollo Sostenible, Educación para el Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental para la Sostenibilidad.

Cabe señalar una diferencia señalada por Sterling (2001), sobre la enseñanza de la sostenibilidad, ya que esta posee dos elementos básicos la educación para la sostenibilidad y la educación en sostenibilidad.

- a) La educación **para** la sostenibilidad: es un proceso mediante el cual educamos a las personas sobre cómo lograr sociedades o comunidades sostenibles. Cuestiona los paradigmas dominantes (ecológicos, psicológicos, económicos, sociales y el consumismo) que definen nuestra cultura y que nos condujeron a la actual crisis planetaria.
- b) La educación **en** sostenibilidad: es un medio por el cual educamos a nuestra ciudadanía sobre los valores y oportunidades que cada individuo debe desarrollar como agente consciente de

cambio, libre, responsable de cambiar su propio destino, contribuyendo así a un futuro ecológicamente viable y sostenible (Sterling, 2001).

Por consiguiente, **para desarrollar la presente investigación se adoptó el enfoque de enseñanza para la sostenibilidad, de ahí la adopción del termino Educación Ambiental para la Sostenibilidad (EAS), el cual empleamos recurrentemente en este trabajo.**

Desde un punto de vista cronológico, la educación ambiental para la sostenibilidad (EAS) tiene sus raíces en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro (1992) y Johannesburgo (2002), en donde se propusieron campañas de educación ambiental y cultural con el objetivo de reunir a especialistas de todas las regiones, sectores y niveles educativos para concientizar y trabajar por la sostenibilidad. Luego, en 2005, la Asamblea General de las Naciones Unidas (2005-2014) creó la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible (DEDS), a través de la cual el sector académico debía tender puentes para poder acercarse al futuro sostenible a través del desarrollo conjunto de prácticas y programas innovadores con enfoque de desarrollo sostenible, lo anterior, dio lugar a la creación de competencias para la formación docente, así como a un gran número de publicaciones, investigaciones educativas, actividades y congresos sobre EAS en contexto de educación formal y no formal (Cardeñoso, Azcárate y Oliva, 2013; Solís- Espallargas y Valderrama-Hernández, 2015). En ese sentido, la EAS se esfuerza por desarrollar conocimientos, pensamiento, destrezas, habilidades y valores que contribuyan a empoderar a individuos de todas las edades en sostenibilidad (APAC-Eureka, 2006). La meta general de la Decada de la Educación para el Desarrollo Sostenible (DEDS) fue de acuerdo con la UNESCO (2018):

*Integrar los principios, valores y prácticas del Desarrollo Sostenible en todos los aspectos de la educación y el aprendizaje. Este esfuerzo educativo fomentará cambios de comportamiento que crearán un futuro más sostenible en términos de integridad ambiental, viabilidad económica y justicia social para esta generación y las del futuro.*

Una vez finalizada la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible, tuvo lugar la Conferencia Mundial sobre Educación para el Desarrollo Sostenible, en Nagoya, Japón (2014), en donde la UNESCO aprobó la instauración del “Programa de Acción Global”, para fomentar y dar continuidad a las prácticas de educación para la sostenibilidad. También se señaló la necesidad de modificar la forma de pensar y de actuar de los individuos y de la sociedad para lograr el desarrollo sostenible viable. En este sentido, las practicas pedagógicas de todos los niveles educativos, deben cambiar su visión, así como propiciar valores y habilidades que posibiliten la formación de

personas conscientes, integrales, creativas y capaces de desarrollar un nuevo proyecto global de sostenibilidad (UNESCO, 2014).

Posteriormente, la Asamblea General de la ONU adoptó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, aprobada en la cumbre de Naciones Unidas en 2015; es un plan de acción para las personas, el planeta y la prosperidad, al tiempo que apunta a fortalecer la paz universal y el acceso a la justicia. Los estados miembros de las Naciones Unidas han reconocido que el mayor desafío del mundo actual es la erradicación de la pobreza y que sin lograrlo no puede haber desarrollo sostenible. La Agenda propone 17 objetivos con 169 metas de carácter integrado e indivisible, que abarcan las esferas económica, social y ambiental. También en la Agenda 2030, se precisó que el alumnado debe adquirir los conocimientos y competencias necesarias para fomentar el desarrollo sostenible (objetivo 4, Organización de la Naciones Unidas, 2018), estableciéndose como un derecho y condición para el ejercicio de otros derechos humanos (Murga-Menoyo, 2015). No obstante, con el objetivo de impulsar la transición a la sostenibilidad, se propone la Agenda global post-2015, que en el ámbito educativo enuncia lo siguiente:

*Para 2030, todos los educandos habrán adquirido los conocimientos, las competencias, los valores y las actitudes que se precisan para construir sociedades sostenibles y pacíficas, mediante, entre otras, la educación para la ciudadanía mundial y la educación para el desarrollo sostenible (UNESCO, 2014, p. 4).*

En este sentido, la educación ambiental para la sostenibilidad (EAS) espera generar aprendizajes de la comunidad educativa sobre la base de una sostenibilidad solidaria, que sea útil para la transición de sociedades sostenibles. Por lo que promueve la comprensión de sistemas complejos, el planteamiento de escenarios futuros y la adopción de decisiones participativas. Además, la EAS se fundamenta en una educación de calidad, bajo un planteamiento de derechos humanos, que propicia aprendizajes contextualizados, promueve la cohesión social, la interculturalidad y está orientada hacia la acción (Pérez-Gil y Vilches, 2004). En la agenda global post 2015 se ha propuesto que se incluyan enfoques de sostenibilidad en los planes de estudio y currículos de todos los niveles educativos, con el fin de responder positivamente a la necesidad de acercarse a la EAS.

Respecto a las competencias que los docentes deben desarrollar se encuentran aspectos de pensamiento crítico, pensamiento sistémico, toma de decisiones, enseñanza colaborativa y sentido de responsabilidad por las generaciones presentes y futuras. La formación docente sigue siendo

uno de los retos más importantes en la actualidad, particularmente en brindar herramientas y métodos conceptuales que faciliten su enseñanza, incorporar proyectos que formen a los docentes en habilidades básicas, así como desarrollar investigación educativa sobre EAS (UNESCO, 2014).

Actualmente, la EAS examina los procesos mediante los cuales aprendemos, vivimos, nos conectamos con otros y creamos significado en nuestras vidas. EAS es un medio a través del cual las personas aprenden de las experiencias e implicaciones de la educación transformadora. Por lo tanto, la EAS debe alentar a las personas a examinar su vida cotidiana y evaluar el potencial de cambio sistémico e institucional (Medrick, 2013). Por ello, se sigue impulsando la EDS como herramienta de transformación educativa que necesita cambiar los modelos educativos clásicos por modelos basados en el proceso de enseñanza- aprendizaje (Murga-Menoyo, 2015). De acuerdo a lo establecido por la UNESCO (2017):

*La Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), no es un programa o proyecto particular, sino es más bien un paradigma que engloba las muchas formas de educación que ya existen y las que quedan por crear. La EDS promueve esfuerzos para repensar programas y sistemas educativos (tanto métodos como contenidos) que actualmente sirven de apoyo para las sociedades sostenibles.*

Cabe mencionar, que la EAS requiere renovación y tomar en cuenta aquellos desafíos actuales como la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en los contextos cotidianos, así como integrar otros modelos como el de los límites planetarios, la resiliencia y cambio global. Esto requiere el diseño y aplicación de estrategias innovadoras y participativas para el desarrollo de la agencia necesaria para lograr un progreso transformador (Sterling, 2016).

Finalmente, las contribuciones en EAS están teniendo una presencia creciente en congresos y revistas educativas. Así lo muestran numerosas publicaciones en revistas educativas y la creación de revistas especializadas en EAS como *International Journal of Sustainability in Higher Education* y la *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad* de la Universidad de Cádiz, que publican los avances relacionados con la incorporación de la sostenibilidad en diferentes niveles educativos.

### **2.3. Finalidades generales de la Educación Ambiental para la Sostenibilidad.**

La educación ambiental para la sostenibilidad (EAS) tiene como objetivo general **desarrollar los conocimientos, habilidades, actitudes, perspectivas y valores que contribuyan a que las personas asuman su responsabilidad y contribuyan a la construcción de sociedades sostenibles.** A continuación, se presentan algunos otros propósitos de la EAS (UNESCO, 2012; UNESCO, 2017; Chacón, Montbrun y Rastelli, 2009; Valero-Avenidaño y Febres, 2019):

- Promover, incentivar, motivar y mejorar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje de la educación para la sostenibilidad.
- En todos los niveles educativos, la EAS debe centrarse en desarrollar conocimientos, habilidades, valores y perspectivas a lo largo de la vida, de una manera que fomente estilos de vida sostenibles y ayude a los ciudadanos a vivir de manera sostenible.
- Reorientar los programas educativos: Revisar y repensar la educación desde el jardín de infantes hasta la universidad, para dar un enfoque claro en el desarrollo de conocimientos, habilidades, actitudes y valores relacionados con la sostenibilidad es importante para las generaciones presentes y futuras.
- Construir la comprensión y el conocimiento de las personas: el logro de los objetivos de desarrollo sostenible que requiere una amplia educación de la comunidad y de los responsables de las comunicaciones comprometidos con la promoción de los derechos humanos y con el fomento de una ciudadanía activa.
- Proporcionar formación práctica: todos los sectores de la población activa pueden contribuir a la sostenibilidad a nivel local, regional y nacional. Facilitar el flujo de información, el intercambio y la interacción entre los tomadores de decisiones relacionada con la educación para la sostenibilidad.
- Integrar a la educación para la sostenibilidad en la educación técnica y vocacional. Formar a las y los educadores ambientales para el desarrollo sostenible.
- Brindar a los países nuevas oportunidades para incorporar la educación para la sostenibilidad en las reformas educativas. Liderazgo y apoyo internacional.
- Incorporar tendencias de diversidad cultural y diálogo intercultural en educación para la sostenibilidad.
- Potenciar la educación para fomentar el manejo sostenible de las aguas, de ecosistemas y formas de vida.

## 2.4. Características de la Educación Ambiental para la Sostenibilidad.

La EAS aspira a la incorporación de la sostenibilidad a nivel individual y social. Está claro que la búsqueda de la sostenibilidad no depende solo de la educación. Hay otros factores que influyen en los procesos que promueven la sostenibilidad y el desarrollo de los valores sostenibles como la gobernanza, la organización económica, la participación ciudadana, etc. En este sentido, se considera que la EAS, es a la vez, un instrumento de transformación de una ciudadanía sostenible (APAC-Eureka, 2006; Valero-Avendaño y Febres, 2019). La EAS está basada en principios y valores que actúan como motivadores del desarrollo sostenible. A continuación, se describen las características más importantes de la educación para la sostenibilidad (EAS):

- I. La EAS **integra los tres sistemas interconectados de la sostenibilidad que son el ambiental, económico, social o humano**. Esto se refiere a lograr y disfrutar de un futuro sostenible con sociedades más equitativas, ecológicas y culturalmente diversas, así como economías más dinámicas y amigables con el medio ambiente, donde es necesario participar en la organización, planificación y gestión del desarrollo, lo que significa aceptar el rol de la dinámica social (económico, político y cultural), que inevitablemente nutre a la sostenibilidad (APAC-Eureka, 2006; Medrick, 2013; Valero-Avendaño y Febres, 2019).
  
- II. **Considera tanto la escala local como la global cuando se enfoca en desarrollo de la sostenibilidad**. A) Respecto al plano local y regional la EAS atiende las necesidades desarrollo regional, la cultura, creencias y condiciones de cada región acorde con el contexto de cada país. Reconoce que al satisfacer las necesidades locales propicia acciones que tienen efectos y consecuencias a nivel planetario (global). Por tanto, la EAS está vinculada al uso sostenible de los recursos en cada localidad, las tradiciones y valores. B) Referente al plano global, la EAS debe analizar tanto los patrones presentes en nuestro entorno natural como las condiciones actuales de la sociedad globalizada de la que formamos parte, a fin de estar preparados para comprender la interdependencia que nos une como ciudadanía planetaria, así como para enfrentar la incertidumbre y los rápidos cambios planetarios (Murga-Menoyo y Novo, 2017). La EAS, por lo tanto, nos permite vaticinar escenarios futuros sostenibles ante paradigmas globales como el cambio global, la crisis climática, el Antropoceno entre otros.

- III. **Abarca la educación formal, no formal e indirecta (respecto a espacios y contextos de aprendizaje).** La EAS debería estar presente en las escuelas, en todos los niveles educativos (formal), en los museos, en los parques (no formal) y en los movimientos sociales más amplios (indirecta). Por tanto, EAS está dirigida a todas las personas, independientemente de la edad o escolaridad (Chacón, Montbrun y Rastelli, 2009).
- IV. **La EAS promueve el aprendizaje continuo (proceso).** La EAS trata los procesos como una base conceptual para mejorar la práctica educativa, ya que evoluciona desde una perspectiva de aprendizaje permanente (continuo) y utiliza todas las modalidades de aprendizaje (Valero-Avenidaño y Febres, 2019). En este sentido, el proceso educativo debe generar un aprendizaje innovador -que se caracterice por la anticipación y la participación- que permite no sólo la comprensión, si no la práctica (PAS de Bizkaia, 2020). Por lo tanto, la EAS se piensa como una herramienta para que los individuos logren desarrollar prácticas sostenibles.
- V. **La EAS adopta un enfoque transformador.** Propone "transformar" la enseñanza hacia el desarrollo sostenible, que debe ser un componente estratégico que incide para impulsar la sostenibilidad y la equidad (Huerta, 2009; Valero-Avenidaño y Febres, 2019). También incorpora el aprender a transformarse a uno mismo y a la sociedad. Por lo que, la EAS asume que habrá una transformación en los sujetos hacia estilos de vida más sostenibles desde un punto de vista personal, social, económico y ecológico (Murga-Menoyo, 2015). Además, la EAS utiliza una variedad de estrategias y técnicas de enseñanza para promover el aprendizaje significativo y transformador como el arte, medios audio-visuales, musicales, teatro, debates, experimentación, ciencias naturales, derechos humanos, etc., superando la simple transmisión de conocimientos, por lo tanto, promueve habilidades de reflexión de alto nivel (Huerta, 2009).
- VI. **La EAS favorece un enfoque adaptativo.** La EAS es adaptativa debido a que las condiciones y necesidades de los seres humanos están cambiando de acuerdo con a las situaciones y eventos planetarios que se enfrentan. Así, el éxito de supervivencia

dependerá de la capacidad de adaptación que desarrollen los seres humanos (UNESCO 2017; Valero-Avendaño y Febres, 2019).

- VII. La EAS **está orientada a la acción**. La conciencia por sí misma no hace cambios, por consiguiente, además de concienciar, la EAS debe fomentar la participación activa. En este sentido, es necesaria la acción colaborativa para preservar a los humanos y al mundo natural. Por lo tanto, la EAS sugiere que se capaciten a las personas para actuar, con el objetivo de aprender y encontrar las mejores estrategias y proyectos, que generen una transformación y un cambio real hacia la sostenibilidad (Collazo y Geli, 2017; PAES de Bizkaia, 2020).
- VIII. La EAS **posibilita la participación colaborativa**. Porque asume la participación y la colaboración en la toma de decisiones, incluyendo las relativas al contexto y a las formas de aprendizaje. La EAS es significativa para quien aprende, la comunidad y la sociedad, integrando las vivencias didácticas en la vida personal y profesional. Hablado con otras palabras: ninguna acción aislada podría ser efectiva, es necesario un entramado de medidas que se apoyen mutuamente (Medrick, 2013).
- IX. La EAS **adquiere un enfoque interdisciplinar y holístico**. La EAS promueve el pensamiento relacional adaptativo, a través grupos de trabajo y de alianzas de proyectos interdisciplinarios. Por consiguiente, la EAS emplea diferentes disciplinas, contextos de enseñanza, entornos y actores para lograr soluciones a problemas locales y globales (Valero-Avendaño y Febres, 2019). Desde una perspectiva holística, la atención se centra en un diferentes factores y elementos de la sostenibilidad (económicos, ecológicos, ambientales y socioculturales; lo local o regional y los global o mundial; el pasado, presente y futuro); una densa red de relaciones dinámicas con efectos e influencias, que a su vez forma parte de la sostenibilidad (Murga-Menoyo, 2015).
- X. La EAS **necesita de la transdisciplina**. Por consiguiente, se recomienda la adopción de marcos de investigación compartidos, actividades de integración y proyectos coherentes con los intereses, problemáticas y el contexto de los participantes. Las etapas de la

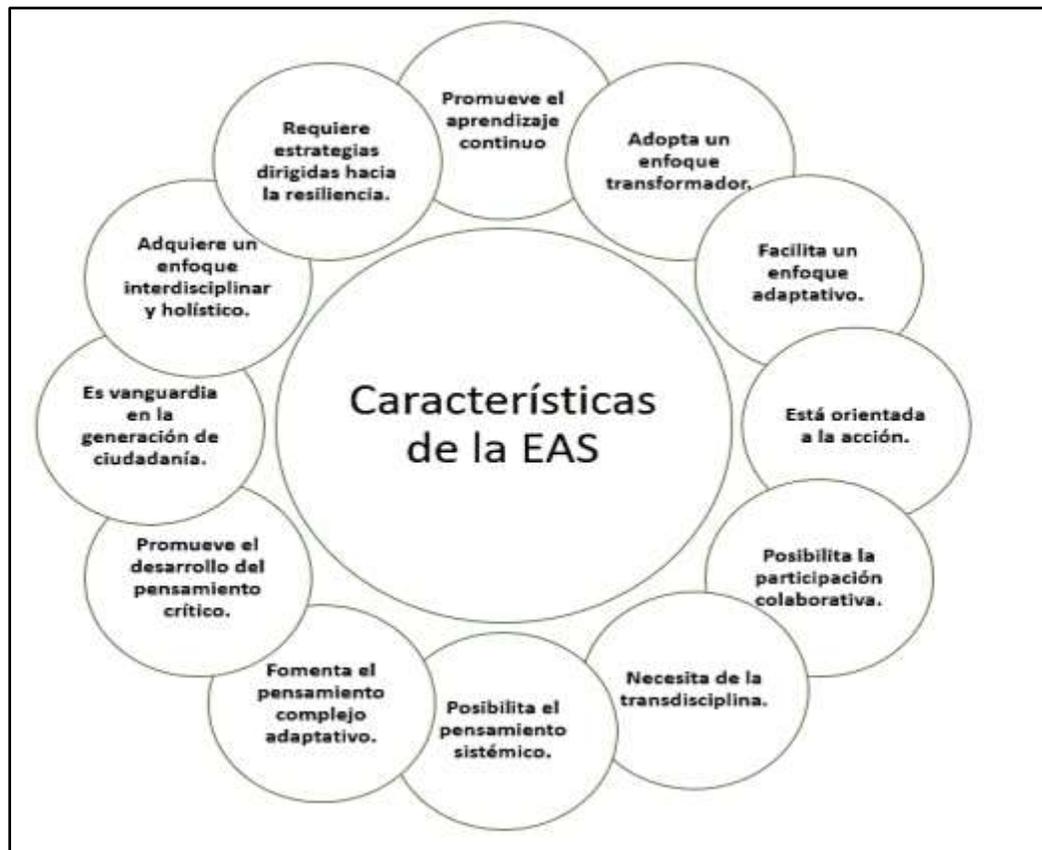
colaboración transdisciplinaria en el ámbito de sostenibilidad y la EAS son: (1) Identificación y estructuración colaborativa del problema, (2) Análisis del problema (la co-creación de conocimiento orientado a la solución transferible), (3) Integración y la implementación de los resultados a la práctica (Hirsch-Hadorn, et al., 2008). Los retos que se presenta la EAS ante la transdisciplina tienen que ver con lograr conciliar diferentes puntos de vista entre la comunidad escolar, los participantes y las áreas disciplinares, ya que pueden surgir conflictos y dificultades de comunicación. Por lo que, es necesario flexibilizarse ante los diferentes puntos de vista, así como abordar las problemáticas con respeto e inclusión (Brandt, et al., 2013).

- XI. La EAS **posibilita el pensamiento sistémico**. Reconoce el pensamiento sistémico en términos de la interconexión de problemas complejos que requieren soluciones igualmente complejas (OEI, 2005; APAC Eureka, 2006). En este sentido, las personas deben ser capaces de practicar un tipo de pensamiento relacional, y al mismo tiempo, integrador, que es central en esta perspectiva para formar las habilidades de pensamiento sistémico para sustentar la EAS (Murga-Menoyo, 2015).
  
- XII. La EAS **fomenta el pensamiento complejo adaptativo**. La EAS posibilita comprender y enseñar las complejidades nos permite ampliar, nuestra comprensión del mundo. Por lo que es necesario que los estudiantes, docentes y los investigadores educativos reflexionen sobre la importancia del pensamiento de complejidad como fundamental para entender y lidiar con los retos actuales y urgentes (socio-ecológicos). Esto ayuda a fomentar un cambio en el marco de referencia de los jóvenes y la ciudadanía en general, que implica una transformación hacia un aprendizaje significativo que posibilita un cambio cognitivo, es decir, permite cambiar su razonamiento, su mentalidad y su comportamiento (toma de decisiones). Como lo señala el Strockholm Resilience Centre (2015, p.10) respecto al pensamiento complejo: *significa alejarse del pensamiento reduccionista y aceptar que en un sistema socio-ecológico ocurren varias conexiones a la vez en diferentes niveles. Es más, el pensamiento de complejidad significa aceptar la imprevisibilidad y la incertidumbre, y reconocer una multitud de perspectivas*. Por consiguiente, se debe: a) Adoptar un marco sistémico, para que los docentes y los jóvenes organicen su forma de

pensar y logren adquirir su comprensión sobre las interdependencias y las relaciones entre los seres humanos y su entorno. b) Tomar en cuenta a los cambios y la incertidumbre. esto se puede lograr empleando procesos estructurados como la planificación de escenarios para explorar y analizar los caminos de desarrollo sostenible y evaluar las consecuencias (previstas y no previstas) de las diferentes decisiones, c) Trabajar en procesos colaborativos y estimular metodologías participativas y d) Reconocer los obstáculos al cambio cognitivo, ya que puede haber resistencia a la apertura a elementos nuevos (Strockholm Resilience Centre, 2014).

- XIII. La EAS **promueve el desarrollo del pensamiento crítico**, para encarar dilemas y para buscar soluciones a los problemas. Apela a un tipo de pensamiento basado en evidencias empíricas, inspirado en una ética de la equidad, cuestiona el paradigma dominante como el modelo de consumo y estilos de vida asociados. Este enfoque requiere habilidades de conciencia; competencias intelectuales y competencias éticas. Por lo que, fomenta el pensamiento crítico, para la anticipación de escenarios futuros, en la búsqueda de soluciones a los problemas y en la adopción de decisiones de manera participativa (Medir, Heras y Magin, 2015).
- XIV. La EAS **es vanguardia en la generación de ciudadanía**, ya que tiene el desafío de integrar e interrelacionar la formación de las personas. La EAS incrementa las habilidades y capacidades de los ciudadanos con miras a la toma de decisiones en el plano comunitario, considerando la tolerancia social, la responsabilidad ambiental y promoviendo la calidad de vida. O sea, la educación para la sostenibilidad es un objetivo clave en la formación de los futuros habitantes y ciudadanos (Gil-Pérez, et al, 2006). En la figura 4, se puede ver las características más importantes de la EAS.
- XV. La EAS **requiere estrategias dirigidas hacia la resiliencia**. La resiliencia en la educación EAS se plantea como una estrategia educativa que permite aplicar políticas sociales que permitan mejorar las condiciones de vida de la población (Tedesco 1995). En este sentido, la resiliencia posibilita que las poblaciones desarrollen capacidades para alcanzar el bienestar, dentro de los límites saludables para los ecosistemas, en condiciones de equidad económica y justicia social. Por consiguiente, es necesario el desarrollo de un

pensamiento resiliente en donde: A) Se identifica que los seres humanos y la naturaleza están interconectados como sistemas socioecológicos. B) Reconoce la interdependencia entre los sistemas ecológicos y sociales, así como promueve el desarrollo de propuestas para mejorar estas relaciones. C) Posibilita convertir perturbaciones e impactos en oportunidades para dar soluciones y respuestas innovadoras que nos ayudan a adaptarnos a los cambios. D) Reconoce y valora el aprendizaje, la diversidad de diversos puntos de vista, E) Busca el desarrollo de nuevas ideas, conceptos, estrategias e instituciones y F) Aplica diferentes estrategias y métodos, dependiendo del tipo de educación (formal, no formal), el ámbito de trabajo, los materiales y equipo disponibles, el tipo de público, el lugar físico, etc. Es así como la resiliencia favorece la EAS a partir de la participación organizada, consciente y responsable, promoviendo el trabajo en equipo y el aprendizaje colaborativo, incrementando la participación y posibilitando la gobernanza poli céntrica, en donde se incluyan a la mayoría de los actores en los procesos alrededor de la toma de decisiones (Strockholm Resilience Centre, 2014).



**Figura 4.** Características de la Educación Ambiental para la Sostenibilidad (EAS).  
Elaboración propia.

## 2.5. Dimensiones de la Educación Ambiental para la Sostenibilidad.

Las dimensiones EAS tienen como objetivo promover una educación donde las acciones individuales y colectivas eviten enfoques parciales, centrándose exclusivamente en cuestiones ambientales y se extiendan a otros aspectos estrechamente vinculados a la sociedad, como son los graves desequilibrios que existen entre diferentes grupos humanos o conflictivos y aspectos culturales. Por tanto, existe un consenso en cuanto a la consideración de la ES centrada en las siguientes dimensiones: ambiental, económica, cultural, política y científica- tecnológica (APAC Eureka, 2006; Vilches y Gil-Pérez, 2016). A continuación, se describen con mayor detalle las dimensiones de la EAS:

- a) **Dimensión ambiental:** Se caracteriza por abordar los aspectos físico-naturales del medio ambiente, concienciar sobre temas relacionados con la conservación, protección y mejora del medio ambiente. Promover la conciencia sobre los problemas ambientales, el agotamiento de los recursos naturales y comenzar a avanzar conceptos como la calidad de vida con una base ética para el comportamiento humano hacia la naturaleza. Cabe señalar que ya no se considera sólo en términos de ecología y conservación, sino que se ha convertido en una herramienta integral de interrelación entre la sociedad–naturaleza que posibilita el desarrollo de capacidades para que la sociedad pueda responder ante los cambios que se manifiestan en el planeta (Saura y Hernández, 2008). En la actualidad, se enfatiza la necesidad de que la humanidad cambie su relación con la naturaleza, así como que se replantee la sociedad acorde con las leyes naturales, el respeto por la naturaleza y el valor de la vida, y aunque estos planteamientos no sean nuevos, se tiene que incorporar a la educación para la sostenibilidad con urgencia (Marouli, 2021).
  
- b) **Dimensión económica:** Considera desarrollo, crecimiento económico, trabajo decente, empleos asociados a la promoción del bienestar social y reducción de las desigualdades. Plantea evitar el crecimiento económico a expensas del capital natural o los derechos de las personas, lo que exige un cambio de modelo económico actual, hacer posible las inversiones para la creación de empleos sostenibles, un cambio de modelo a una economía sostenible que posibilite preservar el medio ambiente, estabilizar la población mundial, reducir la brecha entre ricos y pobres, así como poner fin a la pobreza extrema (UNESCO, 2014; Vilches y Gil-Pérez, 2016; Gomes, et al, 2020).

- c) **Dimensión social:** Se caracteriza por la dimensión social implícita en el desarrollo sostenible. El desarrollo para la gente significa asegurar que las riquezas generadas por el trabajo de todos se repartan de modo justo y equitativo. El desarrollo de la gente significa invertir en capacidades humanas, ya sea en educación, en salud, en vivienda, en condiciones laborales. También favorece la participación y movilización ciudadana (activismo) en la acción política para la toma de decisiones, y en la adopción de dichas medidas y el control de los resultados en los diferentes ámbitos: consumo responsable, actividad profesional y acción ciudadana (Gil-Pérez y Viches, 2013). Por último, la EAS promueve la calidad de vida, un ambiente sano, promueve también la universalización y el respeto de los derechos humanos (Chacón, Montbrun y Rastelli, 2009).
- d) **Dimensión cultural:** Considera que el desarrollo sostenible debe generarse dentro de las comunidades y debe organizarse de tal manera que analice sus propios problemas, busque soluciones, maximice su potencial y elija el camino. Incluye corrientes de diversidad cultural y diálogo intercultural. Como resultado, la promoción de la cultura, la igualdad de oportunidades y el despliegue de las capacidades deben ir acompañadas de la protección de la naturaleza. Por lo tanto, la EAS deben enfatizar la necesidad de brindar a las personas las capacidades para transitar del contexto local a la sostenibilidad. También considera el proceso de adquisición de valores y clarificación de conceptos orientados al desarrollo de habilidades, para entender y apreciar las interrelaciones entre el hombre, su cultura y su entorno natural (Pampinella, 2021). Por último, la EAS debe mejorarse dado el contexto socio-económico y cultural actual, en ese sentido Marouli (2021) sugiere transformar la educación superior en educación para comunidades ambientales, priorizando enfoques centrados en la comunidad y el conocimiento de la naturaleza.
- e) **Dimensión política:** Incluye acciones ciudadanas que vinculan a la EAS con las políticas públicas y la renovación de la idea de sostenibilidad como medio de acción sociopolítica, ya que los ciudadanos como futuros líderes deben encabezar el movimiento de sostenibilidad, trabajar para sensibilizar a la opinión pública, generar conciencia ambiental y voluntad de crear un futuro sostenible. Esto significa redefinir los principios y objetivos básicos de la política medioambiental. También la integración en la legislación comunitaria y nacional en el ámbito del derecho medioambiental, especialmente en relación con el desarrollo sostenible en la

solución de los conflictos ambientales y el fortalecimiento del sistema normativo vigente de cada país (Pike, et al, 2003; Gomes, 2020).

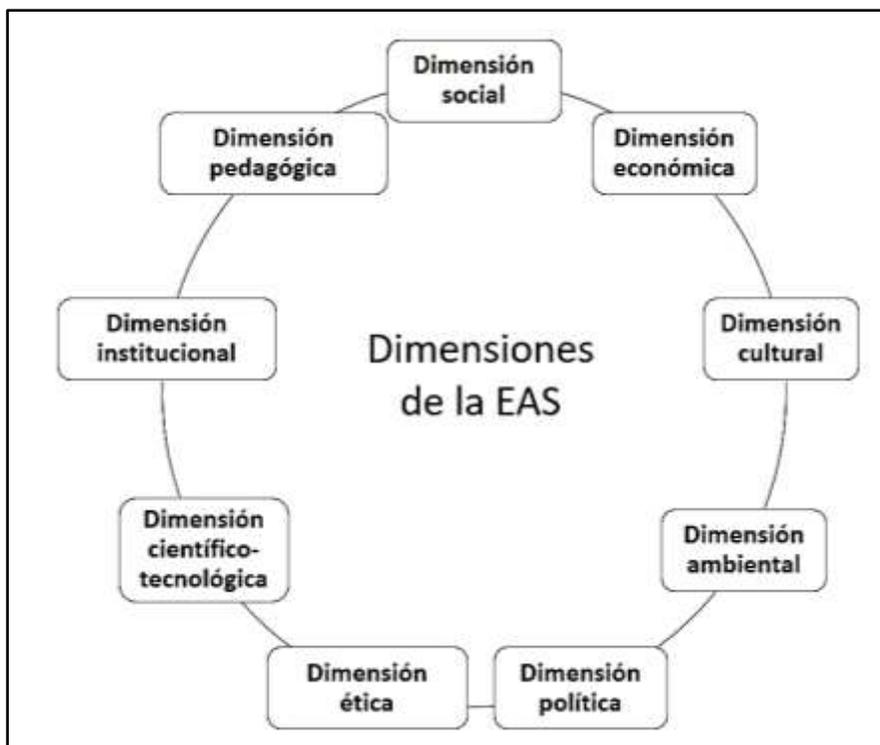
- f) **Dimensión ética:** Se orienta hacia los valores para la sostenibilidad, estos son de responsabilidad social, de conciencia de la diversidad, de armonía con el medio, de compromiso para trabajar con y para los otros. También se establecen los principios sobre derechos y responsabilidades de las naciones en el progreso y bienestar de la humanidad. Muchos educadores y ambientalistas enfatizan que se debe enseñar una ética de la responsabilidad. También se hace referencia a un sistema de valores que ha surgido en los últimos años como resultado de una nueva sensibilidad hacia la Tierra y los relacionan con una «ética del planeta».

Desde la educación para la sostenibilidad es necesario contribuir a despertar la conciencia de la ciudadanía para que se haga cargo de la situación y pase a la acción, a partir de decisiones basadas en el conocimiento, en la ética y la moral (Pike et al., 2003; Murga y Novo, 2008; Prieto y España, 2010). Finalmente, la crisis ambiental y de salud actuales exigen a la humanidad que reconsidere las cuestiones éticas fundamentales, se reflexione sobre la filosofía de vida.

- g) **Dimensión científico-tecnológica:** Trata de la aplicación del conocimiento científico-tecnológico para fundamentar acciones eficaces y promover valores sostenibles. Se apoya en el desarrollo de actitudes y acciones ciudadanas razonables para lograr un futuro sostenible. Su base teórico-práctica se fundamenta en las ciencias de la sostenibilidad. Se desarrolla desde la investigación interdisciplinaria y transdisciplinaria, brinda a comunidades de expertos la evidencia científica sobre las causas y consecuencias de fenómenos globales como el cambio climático y problemáticas ambientales, así como la generación de soluciones innovadoras viables y sostenibles (Pampinella, 2021).

- h) **Dimensión institucional:** toma en cuenta la diversidad de documentos internacionales y aportes de investigación, lo que permite evidenciar los procesos educativos de la ES durante 4 décadas de existencia (Valero-Avenida y Febres, 2019). En la figura 5 se observan las dimensiones de la sostenibilidad.

i) **Dimensión pedagógica:** La mayor parte de la EAS que se ofrece corresponde a la visión de la UNESCO; que define la década de la EDS de las Naciones Unidas; el principal enfoque utilizado en la educación formal y para la mayoría de las actividades educativas. Por consiguiente, la EAS requiere que los estudiantes piensen por sí mismos, analicen alternativas y tomen decisiones. Este enfoque es más importante para nuestro futuro, porque depende más de nuestra capacidad de analizar y construir alternativas, que de nuestra aceptación de lo que tenemos que hacer.



**Figura 5.** Dimensiones de la Educación Ambiental para la Sostenibilidad EAS. Elaboración propia.

Por lo que, la EAS considera dotar a las personas de conocimientos y habilidades necesarios para comprender y desarrollar alternativas a la crisis ecológica actual (Martínez, 2014). Esto se ve reflejado en fundamentos pedagógicos explícitos en documentos internacionales y especializados, que generalmente se enfocan en el desarrollo de procesos contextualizados a nivel local, con enfoques interdisciplinarios y transdisciplinarios, ejes temáticos transversales, integración de la complejidad y visiones sistémicas (Valero-Avenidaño y Febres, 2019).

Por otra parte, se presenta el enfoque de la pedagogía crítica, fundada por el educador brasileño Paulo Freire, que quiere mostrar el cambio a partir de un pensamiento crítico y analítico

de la EAS; en ese sentido, la pedagogía ha dado un paso hacia el aprendizaje transformador. Este concepto se creó originalmente para hacer que los estudiantes cuestionaran sus suposiciones o hábitos de pensamiento. Sin embargo, en la actualidad este concepto está asociado a grandes temas de cambio social y sostenibilidad. Basados en el concepto de aprendizaje transformador, algunos autores distinguen 3 niveles de EAS: I) Se basa en un enfoque conductual: explica los hechos del cambio climático y las acciones que deben tomarse. II) Busca explorar las contradicciones del modelo y cuestionar los valores. III) Los estudiantes desafían paradigmas, de-construyen valores y suposiciones para crear una nueva forma de ver el mundo y, por lo tanto, transformarlo (Martínez, 2014).

## **2.6. Modelos de la Educación Ambiental para la sostenibilidad.**

Los aspectos conceptuales más importantes de la educación ambiental en sostenibilidad (EAS) que se han ido construyendo durante 40 años de existencia (mediados de los 70's a la fecha), se pueden enmarcar con los siguientes dos modelos: Modelo de Desarrollo Sustentable y Modelos de las Ciencias de la Sostenibilidad. En donde se ven reflejados diferentes ejes conceptuales derivados de investigaciones y diversos eventos internacionales y documentos especializados publicados del área de EAS. A continuación, se presenta con más detalle los modelos antes mencionados.

### **2.6.1. Modelo de Desarrollo Sustentable.**

El objetivo principal de la educación para la sostenibilidad (EAS) es integrar los valores inherentes al desarrollo sustentable en todos los puntos y niveles de aprendizaje (Vilches, Macías y Gil-Pérez, 2016). En este sentido, la EAS es la base del desarrollo sostenible en sus tres dimensiones: económica, social y ambiental. Debe ser visto como un elemento fundamental del derecho a una vida digna, al desarrollo individual, como un factor crucial para reducir la pobreza y las desigualdades. Por consiguiente, la educación es un medio para lograr otros objetivos de desarrollo a nivel de salud, nutrición, medio ambiente y cívico, pero también depende del progreso en otras áreas (UNESCO, 2014).

La UNESCO, también señala que los aprendizajes clave y tipos de procesos que facilitan el éxito para enseñar-aprender la sostenibilidad son: plantear preguntas críticas; aclarar valores; pensar en futuros más positivos y sostenibles; pensar sistémicamente; responder a través del aprendizaje práctico y examinar la dialéctica entre tradición e innovación. Por otro lado, se ha demostrado que los procesos de cooperación y diálogo (intercultural) son efectivos para promover la EAS; también renovar planes de estudio y prácticas docentes, replantear procesos de aprendizaje activos y participativos que ven al alumno como actor principal en el proceso educativo (Tilbury, 2011).

En el Foro Mundial de la Educación (2015), bajo el título "Educación 2030", se definieron medidas innovadoras para alcanzar metas ambiciosas de la EAS para el año 2030; las principales medidas son: (i) Considerar que la educación debe tener una dimensión humana y debe estar orientada al desarrollo, de la misma manera que estar basada en los derechos humanos, la justicia y la inclusión social; (ii) La educación constituye una herramienta pedagógica decisiva para el logro de la paz, el bienestar, el desarrollo humano y la sostenibilidad; (iii) En el ámbito educativo es necesario trabajar bajo el enfoque del aprendizaje permanente o aprendizaje a lo largo de la vida; (iv) Señala que una educación de calidad es aquella que garantiza la plena adquisición de competencias que llevan a los estudiantes a llevar una vida plena y saludable, a tomar decisiones informadas y a responder a desafíos locales y globales a través de la educación para el desarrollo sostenible (UNESCO, 2014; Alcalá-del-Olmo, 2020).

Finalmente, la EAS se muestra como la piedra angular del cambio de valores y comportamientos para conservar los recursos naturales y el medio ambiente. Por consiguiente, la EAS: Enseña el respeto y reconoce el valor de los recursos que emana de la tierra, de los pueblos, y promueve preservarlos. Propicia la construcción de un mundo mejor, más seguro y más justo. Fomenta la formación de ciudadanos comprometidos y responsables que ejercen sus derechos y responsabilidad en todos los niveles local, nacional y global (UNESCO, 2014).

### **2.6.2. Modelo de la Ciencias de la Sostenibilidad.**

La ciencia de la sostenibilidad (CS) surge del reconocimiento de las limitaciones de los enfoques científicos y tecnológicos convencionales sobre sostenibilidad para comprender y abordar una grave crisis ambiental a escala planetaria. Su base conceptual comenzó a desarrollarse en la

segunda mitad de la década de 1990 (Kates *et al.*, 2001; Clark, 2007 y Kates, 2011). La ciencia de la sostenibilidad adquiere entonces un carácter de modelo que busca proyectar hacia el futuro los procesos de sustento de la vida en el planeta, la sostenibilidad de nuestras sociedades y nuestra especie.

Una característica importante de la EAS desde las CS, es que identifica la transdisciplinariedad como parte de un enfoque de investigación y acción, que potencialmente involucra el conocimiento y la innovación tecnológica, así como los procesos de construcción del conocimiento por parte de grupos e individuos de diferentes sectores de la sociedad (instituciones educativas, grupos indígenas, asociaciones de productores, organizaciones civiles, entidades gubernamentales, empresas, tomadores de decisiones, etc.). Para afrontar los cambios ambientales mencionados, tales sectores desarrollan siempre estrategias y conocimientos para adaptarse a las nuevas condiciones, para robustecer e integrar los procesos de enseñanza, aprendizaje y de entendimiento de los sistemas socio-ambientales (Tengö, Brondizio, Elmqvist, Malmer y Spierenburg, 2014).

Algunos de los procesos educativos con relación a la EAS son: 1) investigación participativa, 2) procesos educativos para la participación y 3) procesos institucionales de comunicación y participación (Casas, *et al.*, 2017). Por consiguiente, la EAS bajo esta iniciativa reconoce que la complejidad de los problemas rebasa los enfoques y ofrece la probabilidad de acortar tiempos para la acción, aprovechando integralmente la vivencia humana. Por lo tanto, es importante, la colaboración de varios actores, misma que posibilita continuar hacia un proceso inclusivo, en el cual la indagación no es sólo un medio, sino además parte de un proceso social y político (Clark, *et al.*, 2016).

Este modelo hace evidentes algunas tendencias de EAS como son: i) La educación eco-social, en la que se asocia el conocido discurso de la sostenibilidad con un nuevo elemento que es la necesidad de incrementar la resiliencia de la población; iii) Los principios básicos de esta corriente educativa serían comprender la eco-dependencia de la humanidad respecto de la Tierra (como eco-alfabetización); iii) la interdependencia entre las personas como el fomento de las habilidades sociales, de los cuidados y de las relaciones de complementariedad; iv) plantea educar para la sostenibilidad, proponiendo la comprensión del funcionamiento de la biosfera y el ajuste de la actividad humana a dicho funcionamiento (eco-alfabetización), aprendiendo de la naturaleza (biomímesis) y convirtiendo la sostenibilidad en una práctica comunitaria asociada a la acción local

(García, *et al*, 2019). En la figura 6, se pueden observar los modelos de la educación para la sostenibilidad.

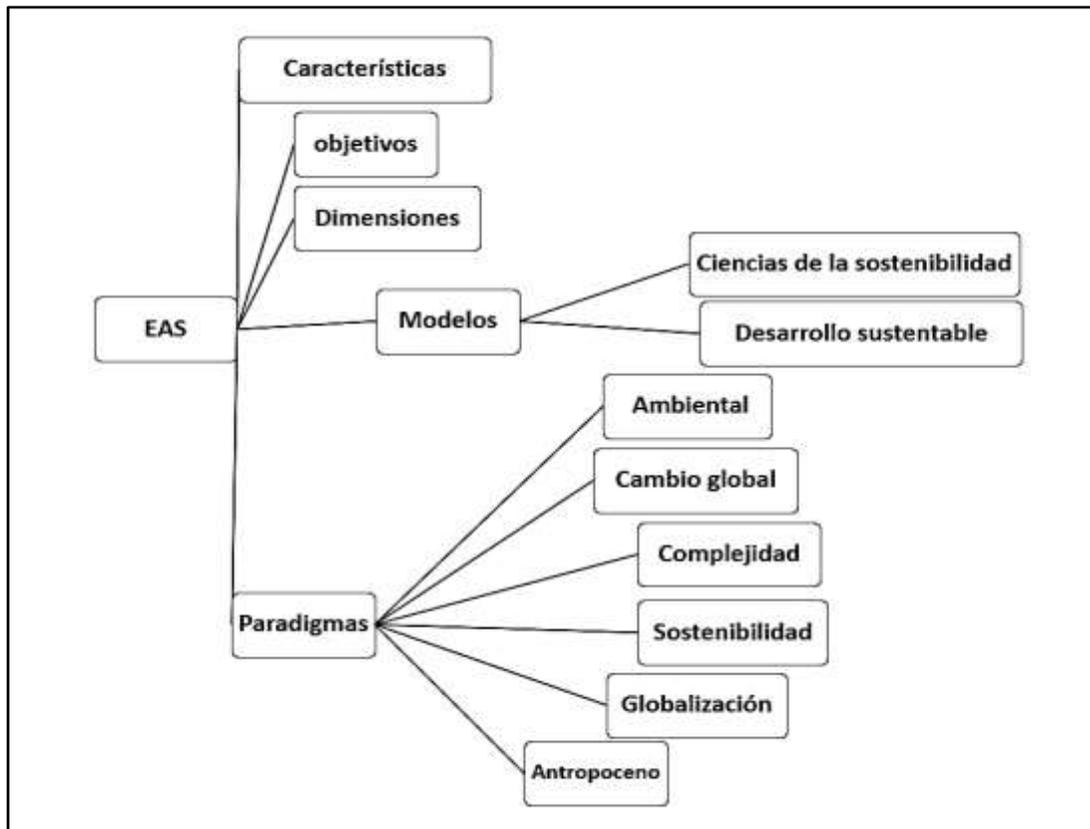
Finalmente, la educación para la sostenibilidad debe contribuir a la formación de las nuevas generaciones en un modelo de sostenibilidad integral, y con ello, promover un cambio en los estilos de vida de las sociedades actuales a nivel conocimientos y conductas. Para lo cual son necesarias nuevas propuestas educativas para dejar de vivir en la insostenibilidad actual (Freitas, Álvarez y Fleuri, 2007).

## **2.7. Paradigmas de la Educación Ambiental para la Sostenibilidad.**

El desarrollo de la EAS se ha vinculado con tendencias paradigmáticas que influyeron para alcanzar la sostenibilidad en la sociedad y en los lineamientos internacionales. A continuación, se describen las cualidades de los seis paradigmas centrales, identificados y desarrollados, a lo largo de las cuatro décadas de la existencia de la educación para la sostenibilidad. En la figura 6, se pueden observar los paradigmas más importantes de la Educación para la sostenibilidad.

- A) **Paradigma ambiental:** Desde una visión ecológica, el manejo y el entendimiento de los ecosistemas se caracteriza por sus condiciones naturales, distribución, manejo y uso de los recursos. Siguiendo este enfoque, se incluyeron elementos relacionados con la globalización y el eco-desarrollo para posteriormente avanzar hacia el paradigma de la globalización (Valero-Avendaño y Febres, 2019).
  
- B) **El paradigma de la globalización:** Se enfoca en comprender y admitir la dificultad sobre la base poli-dimensional de las problemáticas ambientales, además se caracteriza por la internacionalización de la problemática ambiental y se enuncia el camino hacia la sostenibilidad, estableciendo como prioridad la biodiversidad, el cambio climático y la eliminación de las sustancias tóxicas Finalmente, nos remite a las medidas políticas, que junto con las educativas y tecnológicas resultan imprescindibles para sentar las bases de un futuro sustentable (Vilches, Macías y Gil-Pérez, 2016).

- C) **El paradigma de la sostenibilidad:** Está caracterizado por una perspectiva bio-céntrica, de relaciones complejas y sistémicas, determinada por el entramado de colaboraciones en medio de magnitudes políticas, económicas, sociales, culturales, ambientales, tecnológicas y éticas (Vilches, Macías y Gil-Pérez, 2013). El problema de la sostenibilidad se plantea en todo momento como principio organizador de la práctica educativa. Esto se aborda a través de los lineamientos educativos previstos en la Década del Desarrollo Sostenible, la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (García, Fernández, Rodríguez y Puig, 2019).
- D) **El paradigma de la complejidad:** Es un enfoque de enseñanza basado en el manejo de sistemas complejos, utiliza metodologías como los estudios de caso, que proporcionan a los estudiantes una comprensión de los conceptos básicos del aprendizaje transdisciplinario. Se concibe como una propuesta que permite integrar en la EAS las características básicas del conocimiento actual como el pensamiento sistémico que permite la construcción de modelos explicativos, un marco de valores que determina la forma de afrontar el mundo y actuar desde una perspectiva transformadora (Zoller, 2012).



**Figura 6.** Modelos y los paradigmas de la educación para la sostenibilidad (EAS).  
Elaboración propia.

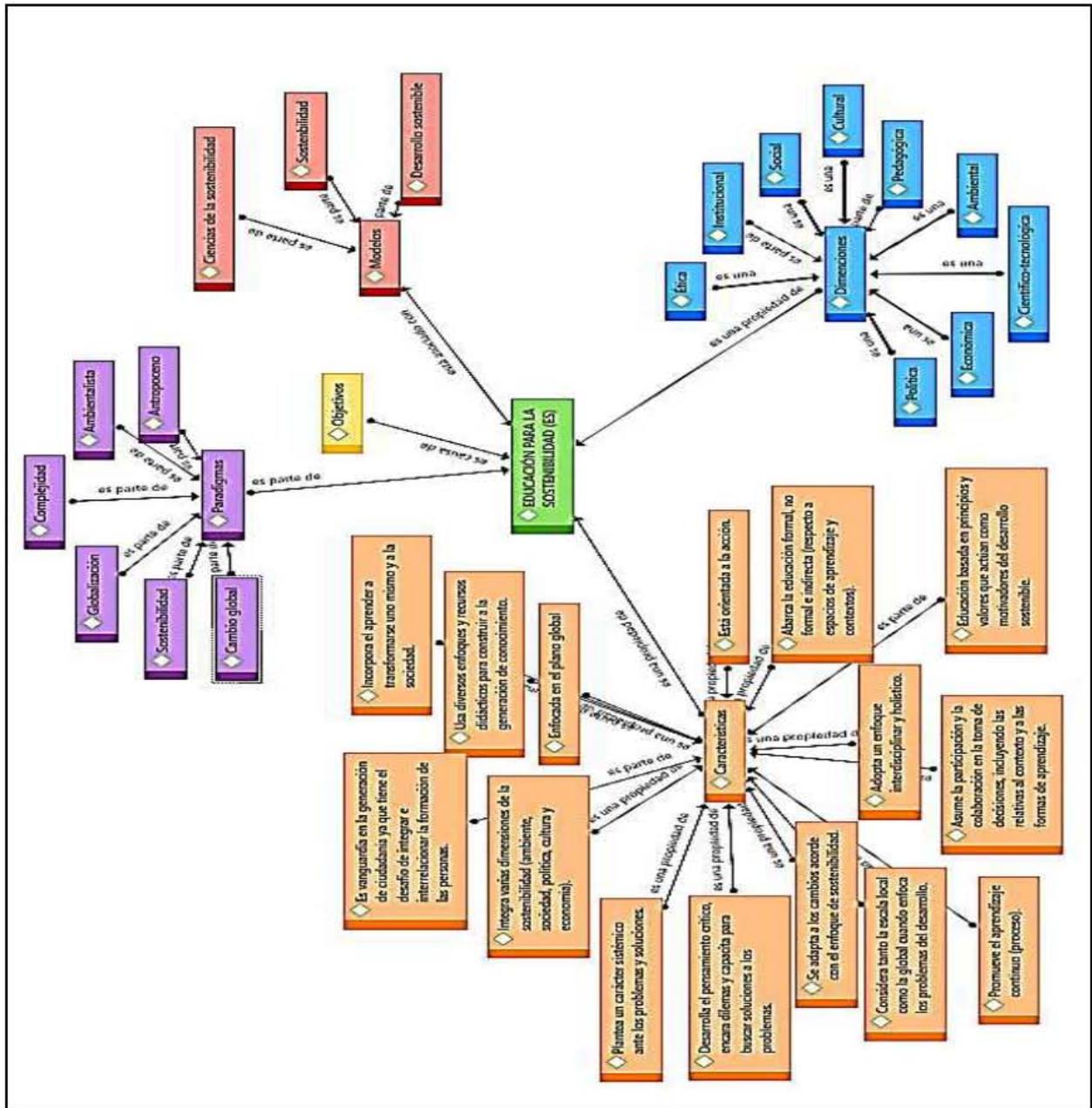
E) **El paradigma del cambio global:** Este paradigma tiene una trascendencia en el EAS bajo el enfoque de "Cambio Global", que estudia los cambios ambientales generados por las actividades humanas, que afectan los procesos del sistema Tierra, es decir, aquellas actividades que, si bien se llevan a cabo localmente, afectan el funcionamiento global del planeta (Duarte, 2006). Una pregunta importante respecto a la EAS, es si los ciudadanos tienen los conocimientos, habilidades y actitudes necesarios para comprender y enfrentar los desafíos que enfrentamos como sociedad. La complejidad de nuestro mundo que incluye aspectos culturales, sociales, económicos y ambientales nos hace cuestionar directamente el concepto de alfabetización y si la EAS está teniendo un impacto real ante las problemáticas actuales. Entre las muchas competencias y habilidades que pueden considerarse esenciales para comprender nuestro mundo y mejorar la EAS, destacamos dos: la alfabetización crítica: lo que nos permite pensar "de manera diferente" y cuestionar los supuestos universales sobre nuestro mundo; y alfabetización ambiental y científica: no se trata de entender lo que se aprende de la ciencia, sino también a lo que debe prestar atención la EAS sobre aspectos políticos y sociales (Martínez, 2014).

F) **El paradigma del Antropoceno:** Se caracteriza por mostrar el impacto del ser humano sobre la Tierra, mostrando que la relación del hombre con la naturaleza ha llegado a un estado crítico. Desde el siglo XX, es notoria la capacidad del hombre para transformar el planeta, los principales agentes modernizadores y por sus acciones se ha cambiado la composición de la atmósfera, propiciando la aceleración de procesos naturales y fenómenos como el cambio climático. Esta crisis planetaria es, ante todo, una crisis de civilización en la que los valores, los puntos de vista y el conocimiento están interrelacionados; a su vez, crean una crisis educativa que es apropiada abordar desde la EAS. Tanto es así que la dramática transformación a escala planetaria debida a las actividades humanas ha arrastrado a la Tierra a una nueva era geológica, la era del Antropoceno (Zalasiewicz, *et al.*, 2017). En la figura 6, se muestran los paradigmas de la EAS.

Por último, el análisis de las características generales de la EAS, nos muestran los enfoques, objetivos, paradigmas, modelos y dimensiones de la EAS de forma sistemática, esto nos posibilita adquirir una visión general de la EAS, conocer mejor este campo de estudio y diseñar mejores

estrategias de la enseñanza- aprendizaje sobre sostenibilidad. También nos permite identificar las fortalezas y puntos débiles de la EAS.

A continuación, en la figura 7, se muestra una red semántica sobre características, paradigmas, modelos y dimensiones de la educación para la sostenibilidad analizados en esta sección.



**Figura 7.** Red semántica sobre características, los paradigmas, modelos y dimensiones de la educación para la sostenibilidad (elaborada con Atlas ti 9.0). Esta red semántica se elaboró a partir de la revisión bibliográfica de textos sobre educación ambiental y educación ambiental para la sostenibilidad revisados para el marco teórico de este trabajo. Se codificó la información y se generaron diferentes familias de códigos: en naranja de presentas las características generales del EAS, en morado se presentan los paradigmas centrales de la EAS, en rojo se muestran los modelos más representativos de la EAS y en azul se muestran las dimensiones de la EAS.

## **2.8. La Educación para la Sostenibilidad en México y Ciudad de México (CDMX).**

A partir del Decenio para la Enseñanza para el Desarrollo Sustentable (DEDS, 2005-2014), promovido por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura, México adoptó y firmó el compromiso de integrar los principios, valores y prácticas inherentes al desarrollo sostenible en todos los puntos de la enseñanza y niveles educativos. Por lo que se han instrumentado diferentes propuestas para integrar a la EAS como elemento sustancial del Sistema Educativo Nacional. Es así como México firma el Compromiso Nacional por la Década de la Enseñanza Ambiental para el Desarrollo Sustentable en 2015, lo que generó el diseño de planes ambientales y la Estrategia de Educación Ambiental para la Sustentabilidad en México (EEASM, 2006-2011). En la EEASM se presentó un diagnóstico sobre la EAS, un plan estratégico y propuestas para la operación de una “Estrategia de educación ambiental para la sustentabilidad en México”, desafortunadamente a nivel nacional no se ha llevado a cabo su aplicación y existe muy poca evidencia publicada del impacto que han generado esta iniciativa. También se planteó el “Balance General de la Enseñanza Ambiental para la Sustentabilidad en México” (BGEASM 2006-2014), en donde se señalan fortalezas, debilidades y amenazas para la EAS. En el ámbito del BGEASM (2006-2014), se señalan ciertos desafíos y pendientes para la EAS que son los siguientes:

- Con relación a la consolidación del campo de conocimiento: Se señala que es indispensable que la educación escolarizada contemple conocimiento del contexto inmediato y la aplicación de principios concretos de sostenibilidad, a través de programas locales de manejo ambiental.
- Referente a la educación y formación de recursos humanos: Sobre el desempeño docente, se dice que no hay suficientes prácticas significativas que garanticen que la EAS está contribuyendo al desarrollo sostenible. Por lo que es necesario una formación docente sobre el tema, así como una evaluación de los programas de formación, debido a que dichos programas no son suficientes ni poseen una orientación clara.
- Respecto al fortalecimiento institucional y coordinación intersectorial e interinstitucional: Se concluye que, no ha sido favorable la incorporación de más contenidos generales al currículo escolar, ya que no se han desarrollado contenidos regionales y locales en la gran mayoría de los programas oficiales, lo que produce una falta de apropiación cognitiva y afectiva del conocimiento.

- Es recomendable se realicen guías y materiales para los docentes donde se integre la historia ambiental, en donde se analice el manejo de recursos y la calidad de vida del entorno inmediato a las escuelas. También es necesario fomentar proyectos que integren el conocimiento y la relación práctica con el entorno político administrativo para integrar la transversalidad al tratamiento de temas ambientales; Se requiere modificaciones profundas al currículo de secundaria y preparatoria (BGEASM, 2006-2014).

Por otra parte, existe interés de promover la EAS a través de cursos y la conformación de las redes de educadores ambientales (REAS) en las diferentes regiones del país, desde el Centro de Educación y Cultura Ambiental (CECADESU) de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). También existen organizaciones no gubernamentales como la Academia Nacional de Educación Ambiental (ANEA), desde donde se generan talleres, congresos y documentos programáticos sobre EAS. Lamentablemente, se desconoce en qué forma estas iniciativas han contribuido de manera significativa a la EAS en México, ya que hay poquísimos estudios y publicaciones al respecto.

Por último, la EAS y la EA aparecen en el Plan Nacional de Desarrollo (PND, 2019-2024) y en el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales en donde la educación ambiental (EA), se ubica dentro de los cinco objetivos prioritarios. En 2021, la SEMARNAT y la Secretaría de Educación Pública (SEP) firmaron un convenio para impulsar la EAS en todos los niveles de enseñanza. Este instrumento posee una serie de programas y actividades para generar cambios en las y los niños, adolescentes y jóvenes con relación a su entorno, así como actividades para fomentar el conocimiento de la riqueza natural y cultural de nuestro país, también promueve la adquisición de valores y habilidades para participar en la prevención y solución de problemas ambientales (GOBMX, 2021). Sin embargo, todavía no opera este convenio y no hay evidencia de su aplicación a nivel nacional. Por consiguiente, en la actualidad en México falta desarrollar prácticas significativas sobre EAS, también falta fortalecerla a nivel institucional a la EAS, ya que sigue sin estar presente en el currículo escolar a nivel básico, medio y medio superior.

### **2.8.1. La Educación para la Sostenibilidad en el ámbito de bachillerato en México.**

En México, la Educación Media Superior (EMS) es obligatoria para toda la población (desde el 2010). Por otra parte, la EMS no tiene un currículo común en todo el país, ya que existen diferentes sistemas y modelos de EMS de bachillerato, los cuales tienen una duración entre 2 y 5 años. La EMS está compuesta principalmente por dos tipos de bachilleratos:

- I) El bachillerato general o propedéutico: que da una preparación general para que después los alumnos se integren a nivel superior, es así como el alumno accede a asignaturas de diferentes disciplinas humanísticas, científico y tecnológicas destinadas a brindar bases teórico y prácticas que les ayuden en sus estudios profesionales (Lorenzo-Quiles y Zaragoza-Loya, 2014);
- II) El bachillerato bivalente: que agrupa una sección de EMS tecnológica junto con la formación profesional técnica para la integración al trabajo con la preparación para estudios posteriores (Alcántara y Fidel-Zorrilla, 2010). Actualmente, se identifican cuatro problemáticas básicas de la EMS a nivel nacional que son: i) la desarticulación producto de la heterogeneidad del sistema y de una falta de coordinación (sistema caótico); ii) Baja cobertura; iii) Elevados niveles de rezago, deserción y reprobación (permanencia) y iv) Falta de calidad (Ramírez, Rodríguez y Torres, 2017).

En el contexto del bachillerato en México, existe el Sistema Nacional de Bachillerato (SNB), además en 2008, se estableció la Reforma Integral de la Educación Media Superior (RIEMS) que instauró un Marco Curricular Común (MCC), este tiene el propósito de articular los planes y programas de estudio de las instituciones de bachillerato, el MCC presenta un enfoque por competencias, expone flexibilidad y el enriquecimiento del currículo, define el perfil de egreso de los alumnos y su parte central es el Sistema Nacional de Bachillerato (SNB). La RIES se basa en once competencias genéricas de carácter transversal (DOF, 2008). Respecto a enfoque de sostenibilidad, en el acuerdo 444 de la RIES, figura “la competencia para la sustentabilidad”, esta menciona que el alumno contribuye al desarrollo sustentable de manera crítica, con acciones responsables. En cuanto sus atributos o sub-competencias expresa que: Asume una actitud que favorece la solución de problemas ambientales en los ámbitos local, nacional e internacional; Reconoce y comprende las implicaciones biológicas, económicas, políticas y sociales del daño ambiental en un contexto global interdependiente y Contribuye al alcance de un equilibrio entre los intereses de corto y largo plazo con relación al ambiente (DOF, 2008). Sin embargo, la RIEMS

no proporciona ningún referente concreto respecto a cómo se podría incorporarse esta competencia en los procesos y métodos de enseñanza-aprendizaje, ni tampoco en el currículo de los bachilleratos que impacta. No obstante, la competencia para la sustentabilidad, al estar expresada en una reforma educativa federal, tendría que brindar herramientas para su implementación en las instituciones de bachillerato en México (Rodríguez, 2017; Tapia et al, 2018). En la actualidad algunos de los bachilleratos miembros del Sistema, Nacional de Bachilleratos SNBA que se basa en la RIEMS y que tiene presencia en la Ciudad de México son: el Colegio de Bachilleres (COLBACH), Bachilleratos Militares del Ejército y de la Escuela Naval Militar, Centro de Bachilleratos, Tecnológico, Industrial y de Servicios (CBTIS), Centros de Estudios Tecnológicos, Industrial y de Servicios (CETIS), entre otros.

No obstante, la realidad es que las instituciones de EMS poseen múltiples modelos educativos y enfoque pedagógicos y no todos se basan en el enfoque por competencias que establece la RIEMS y el Marco Curricular Común (MCC), por ejemplo, los bachilleratos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), que son el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) y la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) poseen independencia de la RIEMS, ya que implementan sus propios modelos educativos y enfoques, estos bachilleratos consideran que existen diferencias pedagógicas entre los modelos académicos adoptados por la UNAM y los sistemas que adoptaron la RIEMS (Reyes y Quispe, 2018). Otro bachillerato que tampoco ha implementado las competencias señaladas en la RIEMS es el Instituto de Educación Media Superior (IEMS) de la Ciudad de México, que también posee su propio modelo educativo. Por consiguiente, el contenido de sostenibilidad se incorpora en el currículo y se enseña en la práctica a través de diversas formas, de acuerdo con los modelos educativos y planes curriculares dentro de la diversidad de instituciones de educación media superior (EMS) que existen en México.

Cabe señalar, que algunas de las instituciones educativas antes mencionadas, tienen una presencia notable en la Ciudad de México, debido a que el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) cuenta con cinco planteles, Azcapotzalco, Naucalpan, Oriente, Sur y Vallejo en la CDMX (CCH, 2023), por su parte la Escuela Nacional Preparatoria tiene nueve planteles en la CDMX (ENP, 2023) y el Instituto de Educación Media Superior (IEMS) de la Ciudad de México cuenta con 20 planteles en 14 alcaldías de la CDMX (IEMS, 2023). Por lo tanto, el trabajo de investigación presentado en este documento se centró en indagar el pensamiento docente de profesores que primordialmente, forman parte de estas instituciones de EMS (CCH, ENP y IEMS), ya que estos

bachilleratos tienen gran presencia en la Ciudad de México y debido a ello, consideramos que lo que se analice en torno a ellos, nos brindara, de cierta forma, un panorama general de la educación ambiental para la sostenibilidad (EAS) en la CDMX.

Por consiguiente, como existen varios subsistemas y diferentes modelos educativos de EMS, los enfoques curriculares son diversos y variados. A pesar de ello, en el ámbito escolarizado de los bachilleratos, la sostenibilidad, ha sido incorporada de forma muy limitada en los planes y programas de estudios. Cuando aparece, lo hace asociada con contenidos curriculares de asignaturas de las ciencias naturales. Por consiguiente, la mayoría de las propuestas pedagógicas de EAS en el bachillerato se enfocan a la enseñanza disciplinar en donde se aborda la sostenibilidad en el marco de una educación científica y tecnológica.

Por otra parte, en México se han realizados diversas investigaciones sobre educación para la sostenibilidad (EAS) y el desarrollo sustentable a nivel medio superior, en su mayoría referentes a contextos rurales, en donde se muestran sobre todo de estrategias, experiencias exitosas y competencias de EAS, entre las que destacan los siguientes: Recuperación de las experiencias en educación ambiental, una formación inmersiva del docente en la Escuela Normal (Reyes-Banda, *et al.*, 2023); Experiencias exitosas de educación ambiental en los jóvenes del bachillerato de Tlaxcala, México (Rodríguez & Hernández, 2017); Estudio de la cultura ambiental de estudiantes de bachillerato en Campeche (Isaac-Márquez *et al.*, 2011); Estrategia de educación en desarrollo sustentable para el nivel medio superior tecnológico en México (Méndez *et al.*, 2009); Educación para la sustentabilidad en sistemas de bachillerato en comunidades rurales mexicanas en Michoacán y Oaxaca (Ruiz, Barraza y Ceja, 2009); Análisis de la presencia de competencia sobre sostenibilidad y desarrollo sustentable en las unidades de aprendizaje y mapa curricular del plan de estudio de algunos Bachilleratos de los Estados de San Luis Potosí y Guerrero (Rodríguez, 2017; Tapia *et al.*, 2018); La perspectiva de la EA en el nivel medio superior en México (Reyes y Quispe, 2018); Esbozo de la educación ambiental en el currículum de educación básica en México (Terrón, 2019) y Educación media superior y desarrollo sustentable en las ciudades del estado de Oaxaca (Pérez *et al.*, 2019).

A pesar de haber diversos estudios publicados sobre EAS en México, aún no se reportan estudios específicos **sobre pensamiento docente de sostenibilidad a nivel medio superior**. Por consiguiente, consideramos que este trabajo contribuirá a la expansión de conocimiento sobre las ideas de los docentes de ciencias naturales sobre la enseñanza para la sostenibilidad, el pensamiento

de los docentes en torno a este t3pico y como la ense1anan. Cabe se1alar que en la literatura a nivel internacional tambi3n existe poca informaci3n al respecto, y tampoco se ha abordado en el contexto de Educaci3n Media Superior (EMS) en M3xico.

## **2.9. Conocimiento Pedag3gico del Contenido (PCK)**

### **¿Por qu3 estudiar el Conocimiento Pedag3gico del Contenido (PCK) sobre sostenibilidad?**

El conocimiento pedag3gico de contenido, (pedagogical content knowledge, PCK) es el constructo te3rico m3s empleado en los 3ltimos 20 a1os en el 3mbito de la investigaci3n educativa (Shulman, 1987; Garritz, 2006; Parga-Lozano y Mora-Penagos, 2008; Lozano y Penagos, 2014; D3az y Cofr3, 2014; Lorenzo, 2017; Parra et al., 2021). Es un referente del conocimiento profesional que poseen los docentes y es una herramienta fundamental para indagar el pensamiento docente sobre contenidos espec3ficos (como el de sostenibilidad), as3 como para la formaci3n inicial o continua de profesores (Abell, 2008; Vergara y Cofr3, 2014). 3ste considera varios componentes derivados de la complejidad conceptual, disciplinar y del contexto.

De acuerdo con Shulman (1987), el PCK representa la mezcla de contenido y pedagog3a que posee un docente para comprender c3mo se organizan y adaptan ciertos temas para su ense1anza, esto le posibilita al docente ense1arlos de forma m3s accesible y significativa para los estudiantes, considerando sus intereses, las dificultades de aprendizaje y el contexto de ense1anza. Esto significa que el PCK es un tipo especial de conocimiento que los maestros desarrollan, no s3lo para comprender un tema en particular, sino tambi3n para lograr explicarlo y representarlo durante la planificaci3n, la implementaci3n en clase y la reflexi3n posterior de la ense1anza.

Como se1al3 Shulman, un maestro puede transformar la comprensi3n, las habilidades de desempe1o y los valores o actitudes deseados en acciones y representaciones pedag3gicas. Es as3 como el PCK posibilita explorar el pensamiento del docente sobre contenidos espec3ficos y su interacci3n con la did3ctica, debido a que toda actividad educativa tiene como respaldo una serie de creencias y teor3as impl3citas que forman parte del pensamiento docente y que, a su vez, orientan sus ideas sobre el conocimiento, la construcci3n de su ense1anza y su aprendizaje (Loughran, Mulhall y Berry, 2008; Garritz, 2006; Abell, 2008).

Por consiguiente, el PCK, es un tipo de conocimiento particular diferente al conocimiento de un experto disciplinario y tambi3n de los conocimientos generales pedag3gicos. No obstante, a partir del estudio del PCK es posible analizar el comportamiento del profesor y su pensamiento (Salazar, 2005). Por lo tanto, estudiar el PCK implica una forma de acceder a la compleja relaci3n

entre pedagogía y contenido, que está presente en las actividades docentes y en el reconocimiento de la existencia de diversos conocimientos necesarios para la enseñanza (Parga y Mora, 2014).

En este sentido, se estima que el PCK va cambiando cuando el maestro entiende cómo aprenden los estudiantes y reconoce una serie de factores que afectan la calidad de aprendizaje, lo que implica elegir los procesos, las representaciones, estrategias de enseñanza-aprendizaje y criterios más adecuados para promover una enseñanza de calidad. No obstante, los objetivos didácticos y de enseñanza planteados por el docente le permiten reflexionar sobre las concepciones alternativas de los estudiantes, contenidos específicos, aspectos que impiden o facilitan el aprendizaje, el orden más adecuado según la asignatura, el tema y contexto, el uso correcto de representaciones (analogías, metáforas y modelos), las formas de abordaje, las ideas centrales, explicaciones, ejemplos, ejercicios, experimentos, demostraciones y proyectos, así como procesos de evaluación óptimos (Garritz, 2013).

En la actualidad, el PCK es aceptado como una forma dinámica de conocimiento docente en constante evolución y expansión, también se presenta como una alternativa para entender el conocimiento de profesores en formación. Finalmente, el estudio del pensamiento docente sobre sostenibilidad, supone una oportunidad para generar aportaciones a la investigación educativa en el ámbito de la educación para la sostenibilidad (EAS), que viene reclamando desde hace décadas: una educación basada en la transformación social sostenible, promoviendo un replanteamiento de la enseñanza y el aprendizaje, así como de las prácticas educativas existentes en la actualidad en torno a la sostenibilidad.

### **2.9.1. Modelos de Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK).**

Inicialmente, se plantearon dos modelos sobre PCK: a) El modelo integrado o integrador que entiende el PCK como una “amalgama” de saberes (Guesss-Newsome, 1999; Guesss-Newsome, et al, 2017; Shulman, 1987) y b) El modelo de transformación o transformador que comprende al PCK como un conocimiento independiente, pero complementario a los otros conocimientos necesarios para la enseñanza (Guesss-Newsome et al., 2011; Magnusson, Krajcik y Borko, 1999). El modelo de PCK con enfoque integrador considera al PCK, como un producto de la yuxtaposición de los conocimientos disciplinares, pedagógicos y el contexto. Lo cual significa que basta con que el docente, cuente con sólidos conocimientos conceptuales de estos tres saberes para que en la práctica los integre y produzca PCK.

En contraste el modelo con enfoque transformador presenta una relación más dinámica entre los componentes del conocimiento profesional, de forma concreta asume al PCK como un constructo organizador, ya que alrededor de este confluyen los demás conocimientos y a partir de las transformaciones de esos conocimientos, se construye el PCK, el cual se visualiza como un sello de identidad del saber profesional docente. En este enfoque los conocimientos se transforman e integran al PCK y son utilizados por el docente en la toma de decisiones de enseñanza.

Una explicación empleada por Gess-Newsome (1999), puede ayudar a entender el modelo transformador de forma más clara: El modelo transformador implica que las bases de conocimiento iniciales se combinan indisolublemente en una nueva forma de conocimiento, el denominado conocimiento pedagógico del contenido, en el que, el dominio principal se puede descubrir solamente a través de análisis complejo. La amalgama resultante es más interesante y de gran alcance que sus partes constituyentes.

A continuación, se muestra en la Tabla 2, una comparación entre el modelo integrador y transformador, además se señalan algunas características en el ámbito de conocimiento, experiencia de enseñanza y formación de profesores (Gess-Newsome, 1999).

**Tabla 2.** Características principales del modelo integrador y transformador del PCK.

<b>Modelos</b>	<b>Modelo Integrador</b>	<b>Modelo Transformador</b>
Dominios de conocimiento.	Conocimiento de la materia, pedagogía y contexto, integrados en una “amalgama” de saberes, en el acto de la enseñanza. Cada base de conocimiento debe ser bien estructurada y accesible.	Conocimiento de la materia, pedagogía y contexto, ya sea desarrollados por separado o integrados, estos se transforman en conocimiento didáctico del contenido (CDC), como la base de conocimiento utilizada para la enseñanza. PCK debe estar bien estructurado y debe ser accesible.
Experiencia de enseñanza.	Los profesores son guiados con base al nivel de integración activa para cada tema enseñado.	Los maestros poseen PCK para todos los temas enseñados.
Implicaciones para la formación o preparación de maestros.	Las bases de conocimientos pueden ser enseñados por separado o integrados. Las habilidades de integración deben ser promovidas. La experiencia y la reflexión de la enseñanza refuerza el desarrollo, selección, integración y uso de las bases de conocimiento.	Las bases de conocimiento se enseñan de una manera integrada. La experiencia refuerza el desarrollo, la selección y el uso de PCK.

La implicación.	Se identifica en la formación de profesores. Cómo la transferencia e integración de conocimiento que mejoran la enseñanza.	A partir de identificar ejemplos de PCK y sus condiciones de uso. ¿Cómo pueden estos ejemplos y criterios de selección mejorar lo enseñado?
-----------------	--	---

El docente requiere hacer una “transformación” de lo comprendido sobre el tema, lo disciplinar, así como la habilidad y la capacidad de generar representaciones acerca ese tema, para diseñar y aplicar distintas estrategias de enseñanza que facilite el aprendizaje de dicho tema. Sobre la base de ese entendimiento, el incremento del PCK en los docentes implica elegir una serie de representaciones, actividades y criterios para promover una enseñanza de calidad. Por lo que, el PCK es el resultado de la transformación del conocimiento en otros dominios.

Finalmente, en la actualidad se han planteado diversos modelos de PCK, que han ido evolucionando a partir de la primera propuesta de Shulman. Dentro de estos, el más reciente (Carlson y Daehler, 2019) plantea tres diferentes formas de conceptualizar el PCK: el PCK colectivo, en donde se representan los diferentes enfoques y estrategias que un conjunto de docentes deciden implementar en sus aulas; el PCK personal, que nos habla sobre cómo un docente entiende su práctica, entiende la disciplina y entiende cómo implementarla y evaluarla, considerando no sólo la disciplina en sí, sino también los posibles filtros (percepciones, emociones, creencias, etc.) que le permiten hacer comprensible la disciplina a sus estudiantes; finalmente el PCK del aula, ese que le permite al docente tomar decisiones sobre qué hacer y cómo hacerlo en el momento mismo de la acción. En esta investigación se considerará el PCK personal y trataremos de integrar un PCK colectivo a partir de los resultados de los diferentes profesores (Alvarado, *et al.*, 2015).

### **2.9.2. Componentes y Subcomponentes del Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK).**

Respecto al conocimiento que el docente de cualquier disciplina debe poseer, Shulman (1986) propuso siete conocimientos: 1) Conocimiento disciplinar (CD); 2) Conocimiento pedagógico general (CPG); 3) Conocimiento del currículo (CC); 4) Conocimiento didáctico del contenido (CDC); 5) Conocimiento de los estudiantes y sus características (CEC); 6) Conocimiento del contexto educacional (CCC) y 7) Conocimiento de los fines, propósitos y valores educativos (CFPV) y sus bases filosóficas e históricas (Shulman, 1987).

Así pues, como se dijo previamente se han propuesto diversos modelos sobre PCK, cuyos conocimientos o componentes se han definido dependiendo del investigador. Van Driel, Verloop y De Vos (1998), identifican algunos aspectos en el ámbito de la investigación sobre la enseñanza y la investigación sobre conocimientos de profesores, referentes al contenido de las lecciones enseñadas. Describen el PCK, como la reunión de los siguientes tres elementos clave: 1) Conocimiento de las concepciones estudiantiles con respecto a un tópico o un dominio, entendiendo las dificultades específicas de aprendizaje en esa área. 2) Conocimiento de representaciones para la enseñanza del tema en cuestión. 3) Conocimiento de estrategias de enseñanza que incorporen tales representaciones.

Para el análisis del PCK en el presente trabajo, se utilizó la propuesta realizada por Padilla y Van Driel (2011) (Modelo basado en Magnusson et al. 1999), en la que se describen de forma sencilla y organizada los diferentes componentes y subcomponentes del PCK. Se consideró, por ser una herramienta útil para aproximarse a los enfoques e ideas que expresan los docentes, es decir, el pensamiento de los profesores. En la tabla 3 se presentan a detalle los cinco componentes del PCK reportados inicialmente por Magnusson, et al. (1999) basada en la enseñanza básica y media superior y posteriormente adaptados por Padilla y Van Driel, (2011).

**Tabla 3.** Componentes y subcomponentes del PCK (Padilla y Van Driel, 2011).

<b>Orientación hacia la enseñanza de la ciencias (A)</b>		
<b>Orientación</b>	<b>Código</b>	<b>Definición</b>
Proceso	<b>A1</b>	El maestro introduce a los estudiantes al proceso de pensamiento empleado por científicos.
Rigor académico	<b>A2</b>	Los estudiantes se enfrentan a problemas y actividades difíciles. Se hace uso del trabajo de laboratorio y las demostraciones para mostrar la relación entre conceptos y fenómenos.
Didáctica o Tradicional	<b>A3</b>	Profesor presenta información a través de una clase tradicional (exposición), discusión y preguntas dirigidas.
Cambio conceptual	<b>A4</b>	Los estudiantes son presionados para dar sus puntos de vista sobre el mundo, reflexionar y se consideran algunas adecuaciones de sus explicaciones. El docente facilita la discusión y propicia los debates necesarios para establecer el conocimiento como válido.
Actividades dirigidas	<b>A5</b>	Los estudiantes participan en actividades prácticas (manos a la obra) utilizadas para la verificación o descubrimiento.

<b>Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B)</b>		
<b>Orientación</b>	<b>Código</b>	<b>Definición</b>
B.I. Conocimiento de los docentes sobre las metas y objetivos del curso.	<b>B1</b>	Ideas de los docentes sobre los objetivos de los estudiantes para aprender el tema.
	<b>B2</b>	Metas, directrices y líneas guía a través de los temas (tópicos).

	<b>B3</b>	Conocimientos adquiridos por los alumnos en cursos previos o lo que los estudiantes deberían aprender en este o el próximo curso.
B. II. Conocimientos específicos de los docentes sobre los programas curriculares.	<b>B4</b>	Conocimientos del currículo y materiales relacionados al contenido que se enseña y otros relacionados con este.

<b>Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)</b>		
<b>Orientación</b>	<b>Código</b>	<b>Definición</b>
C. I. Conocimiento de los requerimientos del aprendizaje.	<b>C1</b>	Prerrequisitos, habilidades y destrezas para aprender ese concepto y las concepciones ese concepto y las concepciones alternativas relacionadas.
	<b>C2</b>	Variaciones en las visiones y aproximaciones de los estudiantes.
C. II. Conocimiento de las áreas de dificultad de los estudiantes.	<b>C3</b>	Conceptos científicos o tópicos de ciencia que los estudiantes encuentran difíciles de aprender (abstractos o que le falta alguna conexión o experiencia cotidiana) o que no son intuitivos.
C. III. Creencias sobre lo que estudiantes saben y no, o lo que deberían aprender.	<b>C4</b>	Creencias de los docentes relacionados al conocimiento que ellos asumen o creen que los estudiantes pueden o no poseer; o el conocimiento que los profesores piensan los estudiantes deberían aprender.

<b>Conocimiento de evaluación en Ciencias (D)</b>		
<b>Orientación</b>	<b>Código</b>	<b>Definición</b>
D. I. Conocimiento de las dimensiones del aprendizaje científico y su evaluación.	<b>D1</b>	Conocimiento de aquellos conceptos que son importantes de evaluar y aquellos que no son.
D.II. Conocimiento de las estrategias y métodos de evaluación.	<b>D2</b>	Qué tipo de estrategias son empleadas por los docentes para evaluar la comprensión de los estudiantes o aquellas ideas que no son tan acertadas.

<b>Conocimiento de estrategias instruccionales (E)</b>		
<b>Orientación</b>	<b>Código</b>	<b>Definición</b>
E. I. Conocimiento de las estrategias específicas para cualquier tópico.	<b>E1</b>	Estrategias que son más generales y podrían ser utilizadas para enseñar casi cualquier tópico (ejemplo: el ciclo de aprendizaje).
E. II. Conocimiento de estrategias específicas para un tópico.	<b>E2</b>	Representaciones específicas del tema (ejemplo: ilustraciones, ejemplos, modelos y analogías).
	<b>E3</b>	Actividades específicas del tópico (ejemplo: problemas, demostraciones, simulaciones o experimentos).

Finalmente, en la presente investigación educativa, estos componentes y subcomponentes del PCK se categorizaron para analizar el pensamiento docente estudiado a través de matrices de representación de contenido (CoRe) y entrevistas semiestructuradas que se realizaron con docentes de bachillerato de la CDMX.

### **2.9.3. Métodos de evaluación del Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK)**

La evaluación del PCK es una tarea compleja que generalmente necesita una combinación de enfoques que se emplean para mejorar la calidad de la información que se documenta y analiza respecto al pensamiento del docente. Estos datos se recopilan y analizan a partir de diferentes instrumentos, como son: cuestionarios de preguntas abierta y cerradas (Gess-Newsome et al., 2011), observaciones de las clases realizadas por los profesores en formación o activos, mapas conceptuales, dibujos, observaciones en aula, matrices de valoración o representación de contenidos, repertorios de experiencias profesionales pedagógica, rúbricas y entrevistas semiestructuradas (Mora y Parga 2014; Baxter y Lederman, 1999; Loughran, Mulhall y Berry, 2004).

Dos de las metodologías más utilizadas para reconocer y caracterizar al PCK y que además han sido ampliamente utilizadas para describir y documentar el pensamiento de profesores de nivel primaria y secundaria, particularmente sobre asignaturas del ámbito de las ciencias naturales, son los instrumentos denominados “Matrices de representación del contenido (CoRe)” y los Repertorios de Experiencia Profesional y Pedagógica (Re-PyP) (Loughran, Mulhall y Berry, 2004). En el caso de esta investigación haremos uso de un cuestionario inicial y de la CoRe.

### **2.9.4. Otros estudios de PCK con docentes en el ámbito de las Ciencias Naturales.**

En general, las investigaciones sobre los conocimientos de los docentes respecto a la Educación Ambiental (EA) ha sido un tema poco tratado, como lo establece en Ríos y Lopera-Pérez (2021); en este estudio se presentan visiones y enfoques ante la forma de cómo se aborda la EA desde la práctica docente y formación de los maestros, concluyendo que se necesita de más investigación para identificar las fortalezas y necesidades alrededor del tema.

En el marco de la Educación Ambiental para la Sostenibilidad (EAS), también ha sido un tema poco abordado y se han presentado algunas investigaciones sobre el conocimiento pedagógicos del contenido (PCK) sobre la enseñanza de la sostenibilidad.

Un ejemplo de ello, es el estudio presentado por Birdsall, (2014) que trabajó con docentes de educación básica. El estudio analizó la comprensión de la sostenibilidad, la pedagogía y el impacto de este tópico en el aprendizaje de los niños. Se señala que, para enseñar la sostenibilidad, los docentes deben ser capaces de dirigir su comprensión personal del contenido y trasladarlo a sus propios métodos de enseñanza, de manera que los estudiantes puedan acceder y entender este tópico. Este proceso de traducción lo denominan como conocimiento pedagógico del contenido. En este sentido, los resultados mostraron que el pensamiento y la interpretación docente sobre sostenibilidad es una interacción compleja entre tres de los componentes PCK, que se asocian fuertemente con la dimensión ecológica de la sostenibilidad y la sostenibilidad como componente temporal, debido a que se tienden a subestimar la complejidad de los temas asociados con la sostenibilidad. Concluyen que algunos niños desarrollaron una comprensión superficial de la sostenibilidad, ya que sólo dos de ellos lograron relacionarla con los conceptos científicos enseñados, lo que generó un aprendizaje difuso (Birdsall, 2014).

Por otro lado, en otro estudio presentado por Brodowski, (2017), explora el PCK de los estudiantes respecto a la sostenibilidad a nivel superior. Concluyendo que existe una escasa comprensión de la sostenibilidad por parte de los estudiantes (Singer-Brodowski, 2017).

Por otra parte, se ha documentado el conocimiento pedagógico del contenido (PCK) en otro un estudio realizado con los profesores de biología involucrados en un proyecto de ciencia ciudadana relacionado con el monitoreo de abejas silvestres y de mariposas (Scheuch, *et al.*, 2018). Este trabajo proporcionó un acercamiento hacia los conocimientos sobre cómo enseñar estas metodologías a los estudiantes. En este proyecto, se entrevistó a cuatro docentes y se recopilaron los datos de sus PCK empleando Matrices de Representación del Contenido (CoRe) y Repertorios de Experiencias docentes (PaP-eR). Los resultados muestran que los docentes informan sobre la importancia de conectar las observaciones de los estudiantes con teoría (conocimiento sobre los organismos específicos) y la importancia de la capacidad de diferenciar especies como conocimiento básico para una mayor comprensión, como la biodiversidad y los ecosistemas. Estos

hallazgos pueden ayudar a los proyectos de ciencia de los ciudadanos en el futuro a vincular sus actividades con el plan de estudios (Scheuch, *et al.*,2018).

Recientemente fue publicado un estudio sobre PCK de docentes de primaria sobre Educación Ambiental y sustentabilidad presentado por Ríos y Lopera-Pérez (2022), en donde se muestra una investigación preliminar hecha con cuatro docentes de educación ambiental y sustentabilidad de una primaria rural de Colombia. Los datos de este estudio se obtuvieron a partir de matrices de observación de las clases y entrevistas semiestructuradas. Lo cual posibilitó la comprensión sobre el PCK de los docentes a partir de cuatro categorías de análisis (Mora y Parga, 2014): el Conocimiento Disciplinar (CD), el Conocimiento del Contexto (CC), el Conocimiento Pedagógico (CP) y el Conocimiento Metadisciplinar (CM). Los resultados de la investigación evidencian que los saberes de Educación Ambiental y sustentabilidad de los profesores se relacionan directamente al área de ciencias naturales, dadas las características del plan de estudio, además de la vinculación del hombre en un enfoque naturalista y la conexión directa con el planeta; así como con temas relacionados con el tratamiento de residuos y la contaminación (Ríos y Lopera-Pérez, 2022).

En conclusión, dentro del Conocimiento Disciplinar (CD) de los profesores estudiados de primaria sobre Educación Ambiental y sustentabilidad se evidencia la necesidad de vincular los conocimientos a un área específica de ciencias naturales y biología. Por otra parte, se encontró que el Conocimiento Pedagógico (CP) de los docentes es el más recurrente dentro del PCK en Educación Ambiental y sustentabilidad, el cual puede ayudar a fortalecer los demás conocimientos dada la escasa formación que tienen los docentes al respecto. La enseñanza de la Educación Ambiental y sustentabilidad resulta motivadora para los docentes en sus prácticas, pero necesita de elementos de formación práctica, didáctica y teórica que permita su dinamización en la práctica escolar. Los resultados del estudio evidencian que dentro de la categoría del PCK de los docentes en EA y sustentabilidad, todos los conocimientos se correlacionan entre sí y se favorecen para desarrollar prácticas educativas ambientales (Ríos y Lopera-Pérez, 2022).

Finalmente, después de una revisión teórica, no hay evidencia de estudios publicados sobre PCK de docentes de ciencias naturales a nivel media superior respecto a la enseñanza de la sostenibilidad, por lo que es necesario desarrollar la presente investigación para indagar cómo piensan los maestros cuando enseñan sostenibilidad. Por consiguiente, esta investigación busca

analizar el Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK) de docentes de Bachillerato de las asignaturas de química y biología, ya que es necesario vincular los conocimientos a un área específica de ciencias naturales (Ríos y Lopera-Pérez, 2022), con el fin de visibilizar el PCK de los docentes estudiados e identificar las acciones pedagógicas, necesidades formativas y la exploración de las prácticas docentes en torno a la enseñanza de la sostenibilidad.

La investigación se desarrolla dentro de un enfoque cualitativo, desde la perspectiva de la tradición fenomenológica, la cual contó con la participación de 10 docentes de Educación Media Superior de bachilleratos públicos y urbanos ubicados en la Ciudad de México. Los datos se recogieron a través de matrices de representación de contenido (CoRe) y entrevistas semiestructuradas. Los datos se analizaron con la mediación del software Atlas. Ti (versión web).

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este apartado presenta los resultados de la investigación que consta de cuatro etapas acorde con los objetivos, las metodologías utilizadas y la recolección de datos. En primer lugar, se presentan los resultados de la “Revisión curricular del concepto de sostenibilidad en planes y programas de estudio”, de las asignaturas de biología y química de los bachilleratos de la Ciudad de México estudiados. En segundo lugar, se muestran los resultados de aplicación del “Cuestionario diagnóstico sobre enseñanza de la sostenibilidad” que se aplicó a docentes de biología y química de bachillerato. Posteriormente, se presentan los resultados de la aplicación de las “Matrices de representación de contenido (CoRe)”, en donde se analizan los contenidos asociados a la sostenibilidad y enfoques de enseñanza. Finalmente se muestra el análisis de resultados de las “Entrevistas semiestructuradas” realizadas a docentes de las asignaturas de biología y química de nivel medio superior.

### **3.1. Revisión curricular de la sostenibilidad en planes y programas de estudio de bachilleratos de la ciudad de México**

Esta etapa corresponde al objetivo OB1 de la investigación: Realizar un diagnóstico sobre programas curriculares a nivel medio superior (EMS). Para realizar la revisión curricular del contenido sostenibilidad se consultaron bases bibliográficas de planes y programas de estudio generados por las instituciones participantes en el estudio que son: a) La Escuela Nacional Preparatoria de la UNAM (ENP), b) El Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la UNAM y c) El Instituto de Educación Media Superior (IEMS) de la CDMX.

Los contenidos temáticos relacionados con la enseñanza de la sostenibilidad en instituciones de bachillerato en la CDMX se asocian con asignaturas disciplinares destacado las asignaturas de Biología y Química (Reyes-Quispe, 2018). Los bachilleratos más representativos de la CDMX pertenecen a la Universidad Nacional Autónoma de México: el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) y la Escuela Nacional Preparatoria, (ENP), debido a sus años de existencia, la ENP se fundó en 1868 y el CCH en 1971. También consideramos los contenidos de planes y programas estudio de las asignaturas de Biología y Química del Instituto de Educación Media Superior de la CDMX, que es una institución creada por el Gobierno de la Ciudad de México en el año 2000. Las características principales de los Bachilleratos estudiados son las siguientes:

**A) El Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH):** Forma parte del sistema educativo mexicano, es un bachillerato público y es uno de los dos sistemas de bachillerato de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Su modelo educativo, se basa en desarrollar una cultura básica, es propedéutico (esto es, preparará al estudiante para ingresar a la licenciatura con los conocimientos necesarios para su vida profesional) y está orientado a la indagación y la formación intelectual ética y social de sus alumnos, considerados sujetos de la cultura y de su propia educación. Esto significa que la enseñanza dirigida al estudiante en la institución es contextualizada, le fomentará actitudes y habilidades necesarias para que, por sí mismos, los estudiantes se apropien de conocimientos racionalmente fundados y asuman valores y opciones personales (CCH, 2023). Finalmente, consta de grupos con 30 estudiantes como máximo.

**B) Escuela Nacional Preparatoria (ENP):** También forma parte del sistema educativo mexicano, como bachillerato público de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). El Modelo Educativo de la ENP se fundamenta en la enseñanza centrada en el alumno, situado en contextos reales y en la construcción progresiva del conocimiento, que les permita a las alumnas y los alumnos desenvolverse de manera exitosa en todos los ámbitos de su vida. La ENP promueve el desarrollo del pensamiento lógico matemático, de las habilidades de resolución de problemas y de lectoescritura, el respeto a la diversidad, la equidad de género, el respeto y cuidado del ambiente natural y la adopción de los valores académicos universitarios y fortalece el desarrollo de habilidades de pensamiento complejo (ENP, 2023). Es un enfoque de bachillerato tradicional y cuentan con grupos de 60 estudiantes como máximo.

**C) Instituto de Educación Media Superior (IEMS):** Forma parte del sistema educativo mexicano, es un bachillerato público y es un sistema de bachillerato de la Ciudad de México (CDMX). Este modelo tiene como objetivo promover las acciones necesarias para consolidar un sistema de educación inclusivo en el nivel medio superior, mediante la construcción de estrategias de enseñanza-aprendizaje, tutorías de seguimiento y acompañamiento, así como asesorías académicas. En consecuencia, plantea una relación del sujeto con el saber, circunscrita a un enfoque humanista, científico y crítico. Dicha relación sólo tiene sentido si el saber aprendido se manifiesta conceptual, empírica y simbólicamente en situaciones de su realidad cotidiana, sea ya para transitar a otro nivel educativo o tomar conciencia de las necesidades de su comunidad,

identificar sus problemas y promover acciones para la mejora y desarrollo de su entorno social (IEMS, 2023). Es un enfoque de bachillerato basado en el desarrollo de competencias y cuentas con grupos de 25 a 30 estudiantes como máximo.

A continuación, se presentan los resultados de la revisión curricular en donde se muestran los contenidos relacionados con la sostenibilidad y enfoques encontrados en las asignaturas de química y biología de tres diferentes instituciones de bachillerato en donde se realizó el estudio que son el Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM, La Escuela Nacional Preparatoria de la UNAM y el Instituto de Educación Media Superior de la CDMX. También se muestra una selección de contenidos relacionados con la sostenibilidad ubicados en las asignaturas de química y biología de diferentes semestres, estos contenidos forman parte de los objetivos de aprendizaje, temas y subtemas que conforman los planes y programas de estudio más recientes para las instituciones educativas analizadas de Nivel Medio Superior.

### 3.1.1. Revisión curricular de contenidos relacionados con la sostenibilidad en las asignaturas de Biología y Química del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la UNAM.

En particular, en el Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM para las asignaturas de Biología, se observa que, Biología II es la única materia en donde aparece de forma explícita el contenido de desarrollo sustentable, vinculado con el tema de seres vivos y ambiente. En Biología IV, también aparecen temas que se pueden relacionar con la enseñanza de la sostenibilidad como la pérdida de biodiversidad en México (ver en Tabla 4). Por lo tanto, la visión de enseñanza de la sostenibilidad, se centra en elementos del desarrollo sustentable, dimensión ambiental y biodiversidad (Programa de Biología II y IV, 2016a).

**Tabla 4.** Contenidos relacionados con la sostenibilidad en Programas de estudio para las asignaturas Biología II y Biología IV del Colegio de Ciencias Humanidades (CCH, DUACB,1996).

Bachillerato	Asignatura	Unidades Aprendizajes	Estrategias sugeridas Temáticas
Colegio de Ciencias Humanidades (CCH).	Biología II -Cuarto semestre	SEGUNDA UNIDAD. ¿CÓMO INTERACTÚAN LOS SISTEMAS VIVOS CON SU AMBIENTE? Aprendizajes: El alumno explica los conceptos de ambiente, dimensión ambiental y <b>desarrollo sustentable</b> .	Tema II. El desarrollo humano y sus repercusiones sobre el ambiente - Concepto de ambiente y dimensión ambiental.

		<p>Valora los efectos que el incremento de la población humana, sus actividades y formas de vida, producen sobre el ambiente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Relaciona la problemática ambiental y la pérdida de biodiversidad.</li> <li>- Valora la importancia de los programas para el manejo responsable de la biosfera.</li> <li>- Aplica habilidades, actitudes y valores al llevar a cabo actividades documentales, experimentales y/o de campo, que contribuyan a la comprensión de las interacciones entre los sistemas vivos y su ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Crecimiento de la población humana, su distribución y demanda de recursos y espacios.</li> <li>- Deterioro ambiental y sus consecuencias en la pérdida de biodiversidad.</li> <li>- Manejo de la biosfera: Desarrollo sustentable y programas de conservación</li> </ul>
	<p><b>Biología IV</b> -Sexto semestre</p>	<p>SEGUNDA UNIDAD. ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE LA BIODIVERSIDAD DE MÉXICO?</p> <p>Aprendizajes: Identifica la biodiversidad en los niveles de organización de población, comunidad y regiones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Distingue los tipos de biodiversidad.</li> <li>- Contrasta los patrones de la biodiversidad para ubicar su importancia.</li> <li>- Reconoce la situación de la mega diversidad de México para valorarla.</li> <li>- Interpreta las causas que explican la mega diversidad de México.</li> <li>- Reconoce los endemismos de nuestro país en el nivel biogeográfico y ecológico.</li> <li>- Relaciona la problemática ambiental de México con la pérdida de biodiversidad.</li> <li>- Identifica acciones para la conservación de la biodiversidad de México.</li> </ul>	<p>Tema II. Biodiversidad de México</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mega diversidad de México</li> <li>- Factores geológicos, geográficos, biogeográficos y culturales.</li> <li>- Endemismos.</li> <li>- Problemática ambiental y sus consecuencias para la biodiversidad.</li> <li>- Conservación de la biodiversidad de México.</li> </ul>

Por otra parte, las asignaturas de Química del CCH están enfocadas en abordar más los contenidos disciplinares, por consiguiente, la sostenibilidad no se presenta de forma explícita como contenido en planes y programas de estudio, pero se podría abordar a través de temáticas relacionadas con el ambiente que si aparecen en las asignaturas de química I, II, III y IV como: manejo de recursos naturales (agua, suelo, aire y energía), cuidado del ambiente y procesos productivos e industriales, contaminación y tratamientos de residuos (Plan de estudio de química,

CCH, 2016b y 2016c). Por lo que, se puede considerar que la sostenibilidad está integrada de forma muy débil o casi nula en el currículo de los planes y programas de química en el CCH (Tabla 5).

**Tabla 5.** Contenidos relacionados con la sostenibilidad en Programas de estudio para las asignaturas Química I a la Química IV del Colegio de Ciencias Humanidades (CCH, DUACB,1996).

Bachillerato	Asignatura	Unidades Aprendizajes	Estrategias sugeridas Temáticas
<b>Colegio de Ciencias Humanidades (CCH).</b>	Química I -Primer semestre	PRIMERA UNIDAD. AGUA, COMPUESTO INDISPENSABLE Aprendizaje: 46. Incrementa su actitud crítica y de responsabilidad en el uso de los recursos naturales al identificar las causas de la falta de disponibilidad de agua y proponer acciones para evitar el desperdicio del agua y reducir su contaminación.	Estrategia: ¿Por qué es indispensable el agua para la vida? Tema: Integración de lo estudiado sobre: mezcla, compuesto, elemento, reacción química, enlace y estructura de la materia (átomo y molécula).
		SEGUNDA UNIDAD. OXÍGENO, COMPONENTE ACTIVO DEL AIRE Aprendizajes: 47. Aprecia la necesidad de desarrollar una actitud crítica hacia el uso de la tecnología y de respeto hacia la Naturaleza.	Estrategia: ¿Se puede detener la contaminación del aire en la ciudad de México? Tema: Integración de lo estudiado sobre mezcla, compuesto, elemento, reacción química, enlace y estructura de la materia (átomo y molécula)
	Química II -Segundo semestre	PRIMERA UNIDAD. SUELO, FUENTE DE NUTRIMENTOS PARA LAS PLANTAS Aprendizajes: 54. Incrementa sus habilidades en la búsqueda de información pertinente y en su análisis y síntesis. 55. Muestra sus capacidades de análisis, síntesis y de comunicación oral en la exposición de un tema.	Estrategia: ¿Por qué es necesario preservar el suelo? ¿Es el suelo un recurso natural inagotable? Temas: Agotamiento de suelos. Fertilizantes y abonos. Problemas de falta de producción de alimentos vs explosión demográfica. Erosión y desertificación de suelos: problemática en México. Contaminación de suelos rurales y urbanos. La química y la sustitución de suelos (cultivo sin suelos). Contaminación de suelos. Basura y reciclaje de residuos. Exposición de cada uno de los equipos a fin de presentar los aspectos

			relevantes del tema investigado. (A54, A55).
Química III -Quinto semestre	SEGUNDA UNIDAD. INDUSTRIA MINERO-METALÚRGICA Aprendizaje: A32. Valora el impacto de la industria minero-metalúrgica en la salud y el ambiente.		Estrategia: ¿Qué problemas presenta esta industria? Tema: Contaminación por metales (N1) -Reflexionar sobre los efectos de la industria minero-metalúrgica en el ambiente, seleccionando alguna de las siguientes actividades: 1. Investigación documental (revistas, periódicos o Internet) sobre la contaminación de plomo, níquel y cromo. Su impacto ambiental y en los seres vivos.
	TERCERA UNIDAD. FERTILIZANTES: PRODUCTOS QUÍMICOS ESTRATÉGICOS Aprendizaje: A25. Selecciona, analiza e interpreta información relevante. A26. Comunica sus opiniones y las fundamenta. A27. Valora el empleo de los fertilizantes al comparar el efecto de ellos sobre el medio ambiente con la cantidad de alimentos que ayudan a producir.		Estrategia: ¿Debemos prescindir de los fertilizantes? Tema: Impacto socioeconómico y ambiental de la producción y uso de los fertilizantes. (N1) Investigación sobre: La cantidad de recursos renovables cuya producción se estimula gracias al empleo de los fertilizantes. El efecto que tiene el mal uso que se le da a los fertilizantes sobre el medio ambiente y las posibles alternativas de solución. (A25) -Discusión grupal sobre los beneficios y perjuicios debidos al uso de los fertilizantes. Concluir con opiniones fundamentadas. (A26, A27)
Química IV -Sexto semestre	PRIMERA UNIDAD. LAS INDUSTRIAS DEL PETRÓLEO Y DE LA PETROQUÍMICA Aprendizaje: A36. Valora las soluciones a los problemas de contaminación ambiental en la extracción y transformación del petróleo.		Estrategia: ¿Cómo impacta al ambiente la producción de petróleo y petroquímicos en México? Tema: Contaminación originada por los procesos de extracción y transformación de petróleo. Métodos actuales para combatir la contaminación por hidrocarburos.

### 3.1.2. Revisión curricular de contenidos relacionados con la sostenibilidad en las asignaturas de Biología y Química de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) de la UNAM.

Por otro lado, en la Escuela Nacional Preparatoria de la UNAM (ENP), en los planes y programas de estudio de las asignaturas de Biología, el contenido de “sustentabilidad” se ubica de forma explícita en Biología IV y se asocia con servicios eco sistémicos (ver en tabla 6). Por otra parte, en Biología V en el objetivo de aprendizaje sobre bioenergías se considera la sustentabilidad.

**Tabla 6.** Contenidos relacionados con la sostenibilidad en Planes y Programas de estudio de la Escuela Nacional Preparatoria para las asignaturas de biología (ENP, DGENP, 2017).

Institución	Asignatura	Objetivos y aprendizajes	Temas y subtemas
Escuela Nacional preparatoria.	<b>Biología IV</b> -Quinto año	<p>Investigará los conceptos básicos de ecología para comprender las causas y efectos del cambio climático, mediante la lectura de material bibliográfico, hemerográfico y en línea.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Analizará aspectos claves en la problemática del cambio climático para la toma de decisiones y la propuesta de acciones ambientales con base en la comprensión de información básica.</li> <li>•Explicará la importancia de un cambio en el estilo de vida para desarrollar valores de respeto y responsabilidad con el resto de los seres vivos y el ambiente, a través de la promoción de acciones positivas que incluyan el uso racional de los recursos naturales.</li> </ul>	<p>1. Los seres vivos y el cambio climático.</p> <p>1.1. El cambio climático y su relación con problemas ambientales: incremento de temperatura, lluvias intensas, sequías, ondas de calor, disminución de glaciares y de la cubierta de nieve, cambio en la salinidad y pH de los océanos, incremento en el número de huracanes.</p> <p>1.2. Calentamiento global: gases de efecto invernadero, efecto invernadero, la fotosíntesis como proceso captador de CO<sub>2</sub></p> <p>1.3. México ante el cambio climático: acciones gubernamentales de mitigación y adaptación.</p> <p>1.4. <b>Sustentabilidad y servicios eco sistémicos:</b> de abastecimiento, de regulación, apoyo y culturales.</p> <p>1.5. Estructura y función de los ecosistemas.</p> <p>1.6. Tipos de ecosistemas. 1.7. Ciclos biogeoquímicos: carbono, nitrógeno, fósforo y azufre.</p> <p>1.8. Aportaciones de otras ciencias para el estudio del cambio climático: química, física, geografía, matemáticas, informática, etc.</p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>•Analizará las causas de la pérdida de biodiversidad en México y el planeta, a través del análisis de lecturas y gráficas, así como del estudio de casos, utilizando las tecnologías de la información y comunicación</li> </ul>	<p>2. Pérdida de la biodiversidad, una problemática en México y el mundo.</p> <p>2.1. México y el mundo ante la pérdida de la biodiversidad.</p> <p>2.2. México, país Mega diverso.</p> <p>2.3. Problemas asociados a la disminución de la biodiversidad: pérdida</p>

		<p>para entender las repercusiones ambientales de esta problemática.</p> <p>•Reflexionará sobre las posibles soluciones al problema de la pérdida de la biodiversidad a través del análisis de casos concretos para que valore la importancia de su conservación.</p>	<p>del hábitat, especies invasoras, sobreexplotación, contaminación y cambio climático.</p> <p>2.9. Biopiratería: concepto y ejemplos de biopiratería con especies mexicanas.</p> <p>2.10. El papel del hombre ante la pérdida de biodiversidad.</p>
	<p><b>Biología V</b> Área 2: Sexto año</p>	<p>Explicará la necesidad de desarrollar bioenergías mediante la obtención, organización e interpretación de información para valorar su importancia en la <b>sustentabilidad</b>.</p>	<p>3. Biotecnología para un mundo sustentable.</p> <p>3.1. La biotecnología como respuesta a los desafíos de un mundo con nuevas necesidades: uso de bacterias, hongos y plantas para recuperar un ambiente alterado.</p> <p>3.2. Algunas técnicas empleadas en biotecnología: a) clonación, b) cultivo de tejidos, c) tecnología del DNA (obtención, PCR, electroforesis y secuenciación).</p> <p>3.3. Biotecnología en el sector agrícola: a) organismos genéticamente modificados (maíz, soya, jitomate, arroz dorado).</p> <p>3.4. Biotecnología en el sector salud: a) medicamentos, b) vacunas de nueva generación, c) pro bióticos.</p> <p>3.5. Biotecnología en la industria: a) plásticos biodegradables, b) fibras naturales: lana, seda; fibras celulósicas: algodón y lino.</p> <p>3.6. Biotecnología pro ambiental, a) bio remediación, b) fito-remediación, c) técnicas verdes y d) biocombustibles (etanol, butanol, biodiesel, bioelectricidad).</p>

Posteriormente, en la asignatura de Química III de la ENP, es la única asignatura en donde aparece de forma explícita el contenido de sostenibilidad en el tema denominada “Hacia la sostenibilidad del agua en el planeta”. También, se abordan otros temas relacionados con el ambiente como el control de las emisiones atmosféricas en las grandes urbes, huella del carbono, producción de CO<sub>2</sub> y estilo de vida; la calidad del aire que respiramos, fuentes de contaminación naturales y antropogénicas, consecuencias de la contaminación del aire, calentamiento global y lluvia ácida (ver en tabla 7).

**Tabla 7.** Contenidos relacionados con la sostenibilidad en Planes y Programas de estudio de la Escuela Nacional Preparatoria para las asignaturas de química (ENP, DGENP, 2017).

Institución	Asignatura	Objetivos y aprendizajes	Temas y subtemas
Escuela nacional preparatoria	Química III -Quinto año	<p>Analizará el impacto ambiental y en la salud que tiene el consumo desmedido de los dispositivos móviles, por medio del análisis y la discusión de información, con el fin de que proponga acciones que favorezcan la reducción, reutilización y reciclaje de los materiales que integran a este tipo de equipos y que promueva una cultura de consumidor responsable.</p>	<p>1.Elementos químicos en los dispositivos móviles: una relación innovadora            1.1. Minerales y dispositivos móviles: impacto social y ambiental.            1.3. Desecho de los dispositivos móviles: ¿qué pasa después de tirarlos?            a) Impacto ambiental del desecho de los dispositivos móviles,            b) Reutilización, reciclado y reducción</p>
		<p>-Valorará su responsabilidad en el cumplimiento de las medidas gubernamentales vigentes relacionadas con el control de la contaminación del aire, mediante el análisis de su huella del carbono y de la información publicada sobre programas o acciones del gobierno local y nacional, para modificar su estilo de vida y participar en actividades que le permitan argumentar distintos puntos de vista sobre algunas acciones factibles que, como ciudadanos, puedan contribuir al mejoramiento de la calidad del aire.            - Aplicará los conocimientos químicos relacionados con el uso de los combustibles fósiles, mediante el estudio de su reacción de combustión, así como la formación de óxidos no metálicos, para explicar las causas y efectos del calentamiento global y la lluvia ácida que impactan en el ambiente.</p>	<p>2.Control de las emisiones atmosféricas en las grandes urbes            2.1. Huella del carbono:            a) Relación entre producción de CO<sub>2</sub> y estilo de vida.            2.2. La calidad del aire que respiramos:            a) Fuentes de contaminación naturales y antropogénicas.            b) Contaminantes primarios y secundarios: óxidos no metálicos.            2.3. Consecuencias de la contaminación del aire:            a) Implicaciones en la salud del ser humano. Índice para la medición de la calidad del aire (IMECA).            b) Calentamiento global.            c) Lluvia ácida.</p>
		<p>Analizará los aspectos químicos y ambientales relacionados con el abastecimiento y uso del agua en la región en donde habita, por medio de la búsqueda de información en fuentes impresas y digitales, para</p>	<p>3.Abastecimiento del agua potable: un desafío vital.            3.1. <b>Hacia la sostenibilidad del agua en el planeta:</b>            a). Distribución mundial b) Abastecimiento del agua potable:</p>

		proponer acciones viables hacia una gestión sostenible del agua.	fuentes y redes de distribución en la región. c) Demanda de agua potable: huella hídrica y uso en la sociedad (servicios urbanos, agricultura, generación de energía eléctrica y diversas industrias).
--	--	--	---

### 3.1.3. Revisión curricular de contenidos relacionados con la sostenibilidad en las asignaturas de Biología y Química del Instituto de Educación Media Superior (IEMS) de la CDMX.

En el Instituto de educación Media Superior (IEMS) de la CDMX en la asignatura de Biología no se aborda de manera específica el contenido de sostenibilidad, sólo se promueve el estudio y cuidado del ambiente (ver tabla 8).

En cambio, en la asignatura optativa de Química denominada “química energía y sociedad” si se aborda el desarrollo sostenible de forma explícita, también se vincula el tema con energía y cuidado del ambiente (tabla 8).

**Tabla 8.** Contenidos relacionados con la sostenibilidad en Planes y Programas de estudio del Instituto de Educación Media superior de la Ciudad de México (IEMS, 2004).

Institución	Asignatura	Objetivos y aprendizajes	Temas y subtemas
Instituto de Educación Media Superior (IEMS)	Optativa: Química, Energía y Sociedad. -Cuarto semestre	Explica la importancia de los avances científicos y tecnológicos en el contexto histórico, social y ambiental	Valora la importancia de las fuentes energéticas a lo largo de la historia y el impacto de las actividades humanas en el ambiente.
	Biología I -Quinto semestre	Estudiará la estructura y función de los seres vivos, así como las relaciones que se establecen entre sí y con su medio ambiente.	Permite al estudiante acercarse a los problemas relacionados con el deterioro de la naturaleza, ya sea los de su comunidad, la nación o el mundo, así como, asumir una postura crítica y positiva en la búsqueda de soluciones de estos problemas.

Finalmente, se puede concluir que la sostenibilidad se integra de forma débil en los planes y programas de estudio de las instituciones educativas EMS analizadas. Principalmente se emplean los contenidos curriculares de desarrollo sustentable, sustentabilidad y sostenibilidad. En el capítulo 5 se presentan de forma detallada las conclusiones generales derivadas de la revisión curricular.

### **3.2. CUESTIONARIO DIAGNÓSTICO: Resultados y análisis.**

A continuación, se presentan algunos aspectos sobre el diseño y aplicación del cuestionario diagnóstico que corresponde al objetivo OB1 de la investigación que plantea: Realizar un diagnóstico sobre y la enseñanza de la sostenibilidad que poseen los docentes de educación a nivel medio superior (EMS). Es por ello que, en este apartado se presenta la perspectiva que tienen los docentes de biología y química sobre la sostenibilidad a nivel bachillerato, y se identifican algunos conceptos clave que abordan los profesores al enseñar la sostenibilidad, así como los procesos y prácticas de enseñanza-aprendizaje más empleados por los docentes encuestados. También se analizan los contenidos curriculares más utilizados por los educadores que trabajan la sostenibilidad. A partir del estudio de un cuestionario aplicado a 36 docentes de 5 instituciones de educación media superior de la Ciudad de México. Como resultado, se presentan los conceptos más utilizados para la educación en sostenibilidad en el contexto de las asignaturas de química y biología.

#### **3.2.1. Preguntas del cuestionario diagnóstico.**

En este apartado del trabajo se presentan las preguntas del cuestionario que son las siguientes: 1) ¿Consideras importante la enseñanza de la sostenibilidad a nivel medio superior?, 2) En caso de contestar afirmativamente ¿Por qué es importante?, 3) ¿Cuáles son los conceptos de sostenibilidad que utilizas en clase?, 4) Define el término que más empleas en clase, 5) ¿Cuáles son los conceptos centrales relacionados con la sostenibilidad que guían tu proceso de enseñanza-aprendizaje sobre el tema?, 6) ¿Qué procesos y métodos educativos consideras que son los adecuados para guiar tu proceso de enseñanza-aprendizaje de la sostenibilidad?, 7) ¿Cuáles son los contenidos temáticos sobre sostenibilidad que están considerados en tu plan curricular? y 8) ¿Hoy en día de qué manera se está abordando la enseñanza de la sostenibilidad en tu institución educativa?

#### **3.2.2. Muestra de aplicación del Cuestionario Diagnóstico.**

**El cuestionario diagnóstico se aplicó a 36 docentes activos de bachillerato: 19 docentes de la asignatura de biología y 17 docentes de la asignatura de química.** Respecto al género de los docentes participaron 8 hombres y 28 mujeres. La mayoría de los docentes son de diferentes instituciones de bachillerato públicas de la CDMX entre las que se encuentran: Colegio de Ciencias

y Humanidades (CCH) de la UNAM, planteles Oriente, Sur, Azcapotzalco y Vallejo; La Escuela Nacional Preparatoria (ENP) de la UNAM, planteles 1, 2, 3, 5, 6, 8 y 9; El Instituto de Educación Media Superior (IEMS) de la CDMX, planteles Iztapalapa 4 y Álvaro Obregón 2; El Colegio de Bachilleres, plantel Coyoacán. También participaron docentes de una institución de EMS privada, el Colegio Madrid.

### **3.2.3. Tratamiento de datos del Cuestionario Diagnóstico.**

Se examinaron las respuestas de los docentes vertidos en el cuestionario por medio de **un estudio cualitativo, se utilizó el programa ATLAS. Ti Mac (Versión 9.0)** para completar el trabajo, a través de este programa se crearon categorías identificando ideas relevantes, las cuales se codificaron. También se analizaron los conceptos, ideas, palabras clave, frecuencias de palabras y partes del discurso de los docentes estudiados. El análisis de los resultados se presenta por medio de gráficos, nubes de palabras, redes semánticas, y diagramas Sanky. A continuación, se explican algunas características sobre estas herramientas de análisis de resultados.

**Nube de palabras (Word Cloud):** Con los resultados y datos del cuestionario se crearon diferentes nubes de palabras que se realizaron con el programa ATLAS. Ti Mac (Versión 9.0), estas representaciones permitieron analizar cada respuesta, lo cual permitió ver fácilmente los conceptos que aparecen con mayor frecuencia en su discurso. Para este análisis, se utilizaron las 3 primeras preguntas del cuestionario, como umbral se establecieron los aspectos más importantes de cada pregunta. Por consiguiente, con las Nubes de Palabras se logró analizar lo que expresaron los docentes estudiados, facilitando la comprensión de lo que piensan y la frecuencia de sus ideas.

**Diagramas Sankey:** Los diagramas Sankey presentados en este apartado están elaborados con el programa ATLAS. Ti Mac (Versión 9.0), estos ofrecen una visualización de las relaciones entre una categoría y otras categorías analizadas. Los gráficos muestran barras o flechas de diferentes tamaños para cada categoría analizada. Es decir, el volumen de cada barra representa la magnitud o frecuencia de esa categoría. Cuanto mayor es la banda, mayor es la magnitud o frecuencia de la conexión (Datasketch, 2023). Así, en este estudio, el ancho de las barras (volumen) corresponde al número de veces (magnitud) que el profesor menciona esa idea y cuanto más gruesa es la barra, significa que más se repite ese concepto o con más frecuencia aparece esa idea en las respuestas analizadas.

**Redes semánticas:** En este apartado se muestran varias redes semánticas realizadas con el programa ATLAS. Ti Mac (Versión 9.0). La representación del conocimiento a través de las redes semánticas permitió representar información compleja utilizando medios gráficos visualmente accesibles. Una de las características es su representación gráfica, particularmente en forma de diseños bidimensionales de nodos y enlaces etiquetados con diferentes colores. Por consiguiente, utilizamos redes semánticas para representar y explorar las estructuras conceptuales en las respuestas vertidas en el cuestionario diagnóstico. Por lo tanto, la visualización a través de redes semánticas fue un elemento clave para descubrir conexiones entre conceptos, interpretar resultados y comunicar resultados de manera efectiva, por lo tanto, con las redes elaboradas con ATLAS. Ti se pudieron lograr estos tres importantes objetivos.

#### **3.2.4. Análisis de resultados del Cuestionario Diagnóstico.**

A continuación, se muestran los resultados obtenidos del análisis del cuestionario diagnóstico sobre la enseñanza de la sostenibilidad que fue aplicado a 36 docentes de las asignaturas de química y biología de 4 instituciones de Educación Media Superior de la CDMX.

Respecto a la pregunta 1: **¿Consideras importante la enseñanza de la sostenibilidad a nivel medio superior?**, el 98% de los profesores encuestados respondieron que para ellos **sí** es importante la enseñanza de la sostenibilidad a nivel medio superior. En sus respuestas se puede observar algunas ideas expresadas por profesores de biología y química sobre para qué es útil la enseñanza de la sostenibilidad que son: a) que es útil para concientizar a los alumnos sobre el uso y promover un manejo responsable de los recursos naturales y b) para conocer los problemas ambientales y dar soluciones y c) para conservar a la naturaleza.

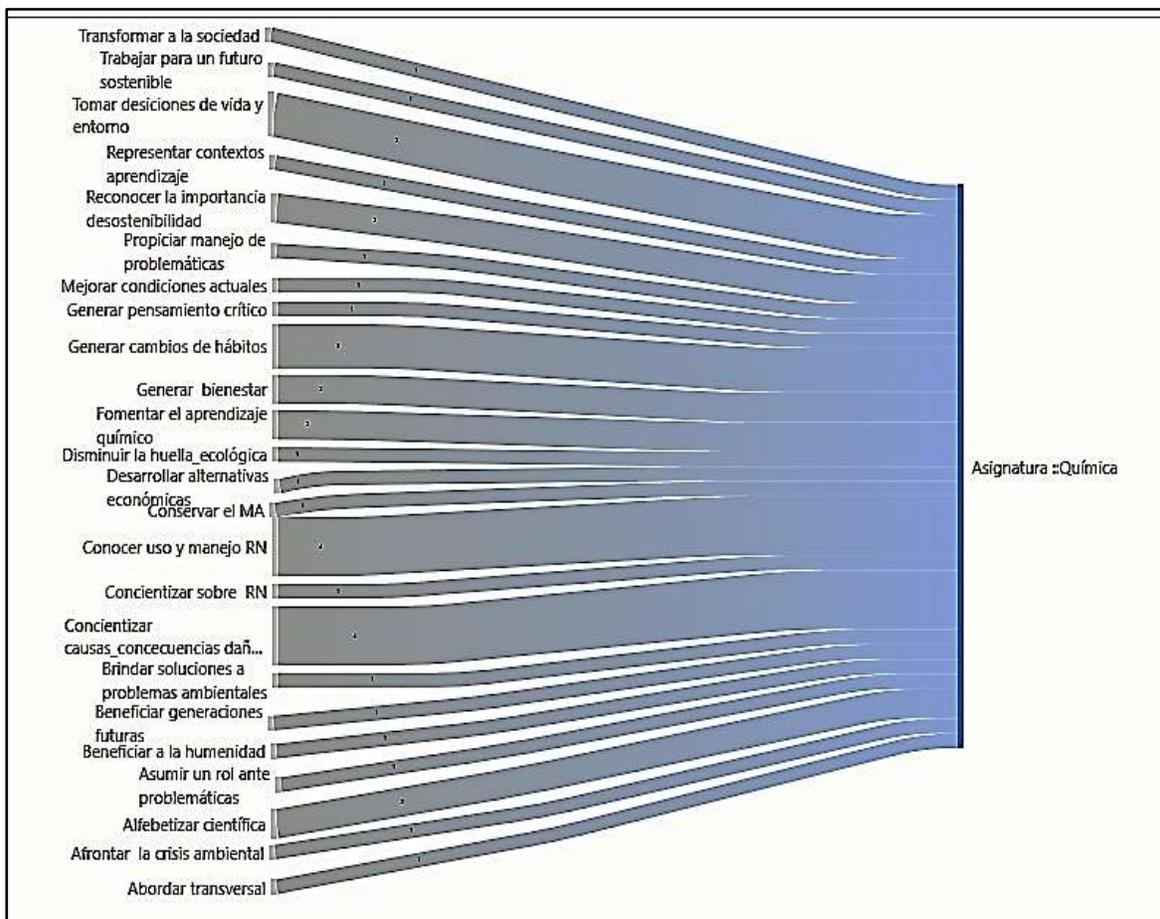
Finalmente, se muestran dos nubes de palabras de los profesores de biología y química respectivamente, que permiten identificar e interpretar de forma rápida las palabras de mayor relevancia en las respuestas de los profesores en torno a la pregunta 1 (ver figura 8 y 9).



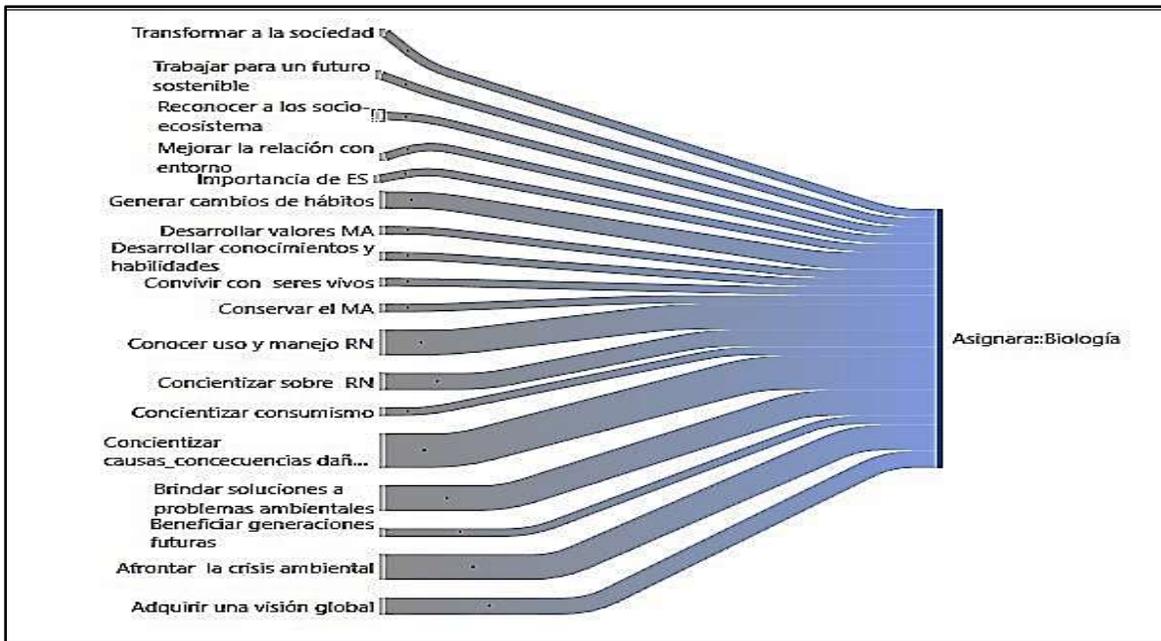
de la enseñanza de la sostenibilidad son: alumnos, importancia, recursos naturales, la contaminación, sostenibilidad, planeta, sustentabilidad, cultura ambiental, conciencia y estilo de vida.

Posteriormente, se analizaron las respuestas a la pregunta 2: **¿Por qué es importante?** A continuación, en el Gráfico 1, se muestran representadas aquellas categorías que se han considerado más significativas por la frecuencia con que son mencionadas por los docentes sobre la importancia de la enseñanza de la sostenibilidad.

En la Figura 10, se muestra algunas ideas expresadas por los profesores de química sobre la importancia de la enseñanza de la sostenibilidad a nivel medio superior, es importante para: a) Concientizar sobre las causa y consecuencias de los daños ambientales, b) Conocer el uso y manejo de los recursos naturales, c) Generar cambio de hábitos y d) Tomar mejores decisiones sobre la vida y el entorno.

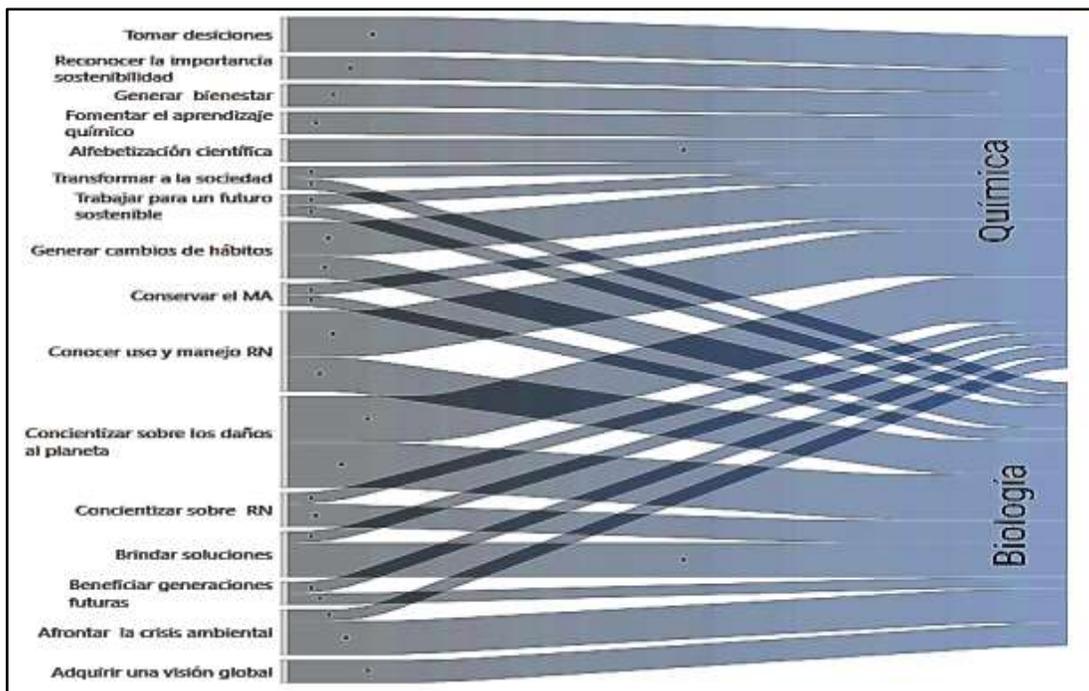


**Figura 10. Diagrama Sankey** en dónde se representan las categorías sobre la importancia de la sostenibilidad que expresan los docentes de química. Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.



**Figura 11. Diagrama Sankey** en dónde se representan las categorías sobre la importancia de la sostenibilidad que expresan los docentes de biología. Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

En la Figura 11, se muestran algunas ideas expresadas por los profesores de biología sobre la importancia de la enseñanza de la sostenibilidad a nivel medio superior: a) Concientizar sobre las causa y consecuencias de los daños ambientales, b) Afrontar la crisis ambiental, c) Brindar soluciones a problemas ambientales y d) Conocer el uso y manejo de los recursos naturales.



**Figura 12. Diagrama Sankey** en dónde se representan la importancia de la sostenibilidad expresada por los docentes de química y biología. Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

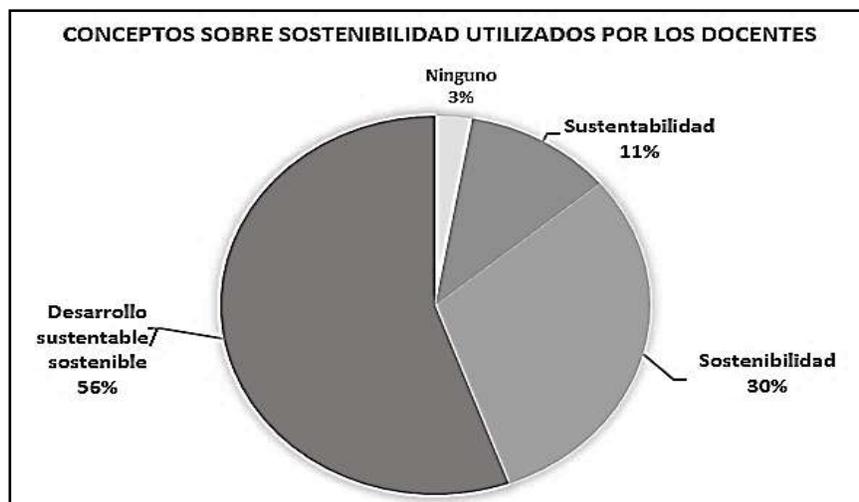
Después de analizar la Figura 12, es importante mencionar que los aspectos en los que coinciden los docentes de biología y química respecto a la importancia de la enseñanza de la sostenibilidad son: i) que es importante para concientizar sobre los daños ambientales y los daños al planeta; ii) conocer sobre el uso y el manejo de los recursos naturales (RN); iii) generar cambios de hábitos; iv) afrontar la crisis ambiental; v) brindar soluciones a problemáticas ambientales; vi) tomar decisiones sobre la vida y el entorno; vii) concientizar sobre recursos naturales; viii) adquirir una visión global; ix) fomentar el aprendizaje; x) generar bienestar; xi) conservar el medio ambiente; xii) trabajar para un futuro sostenible; xiii) como alfabetización científica; xiv) transformar a la sociedad; xv) beneficiar a las generaciones futuras y xvi) reconocer la importancia de la sostenibilidad, entre otras.



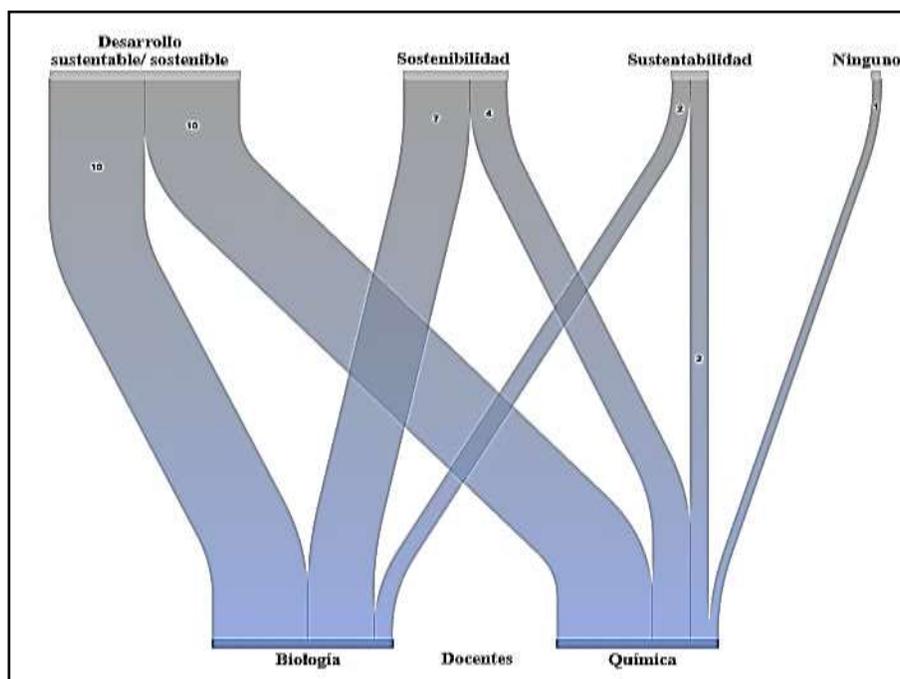
**Gráfica 1.** Frecuencias mencionadas por los docentes sobre la importancia de la sostenibilidad.

En la Gráfica 1, se puede reconocer que las respuestas más frecuentes respecto a la importancia de la sostenibilidad son: 1) es importante para concientizar sobre los daños ambientales, 2) es importante para conocer el uso y manejo de los recursos naturales y 3) para generar cambios de hábitos.

Por otra parte, al analizar las respuestas de la pregunta 3 **¿Cuáles son los conceptos de sostenibilidad que utilizas en clase?** Se observa que el 56% de los profesores emplea el concepto de desarrollo sustentable, el 30% de los docentes usan el concepto de sostenibilidad, el 11% usa sustentabilidad y el 3% no emplean ningún concepto relacionado con la sostenibilidad en sus clases. El resultado muestra que el concepto central más utilizado por los docentes de biología y química de las instituciones de bachillerato analizadas, es el desarrollo sustentable (DS). A continuación, se presenta el Gráfico 2, con los porcentajes respecto a los conceptos alusivos a sostenibilidad utilizados por los docentes en sus clases.



**Gráfico 2.** Conceptos alusivos a la sostenibilidad utilizados por los docentes en sus clases.



**Figura 12. Diagrama Sankey** en donde aparecen representados los conceptos de sostenibilidad usados por los profesores de biología y química en su clase. Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

Después de analizar el Gráfico 2 y la Figura 12, se reconoce que el concepto más usado por los docentes encuestados es “*Desarrollo sustentable*”, porque el 56% de los docentes estudiados emplean este término (28% son docentes de química y el otro 28% son docentes de biología). Estos profesores provienen de diversos bachilleratos de la CDMX entre los que sobresalen la Escuela Nacional Preparatoria (ENP), de los planteles 1, 2, 3, 5 y 6; El Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), planteles Oriente y Sur; Instituto de Educación Media Superior (IEMS) de los planteles Iztapalapa 4 y Álvaro Obregón 2; Colegio de Bachilleres plantel Coyoacán y Colegio Madrid.

Respecto al concepto de *sostenibilidad* se identificó que sólo el 30% de los docentes lo utilizan de forma regular (19% de los docentes de biología y el 11% de los profesores de química). Estos docentes provienen primordialmente de ENP, planteles 3, 6, 8 y 9; CCH, planteles Oriente y Sur; Colegio Madrid.

Finalmente, los profesores que emplean el concepto de *sustentabilidad* representan sólo el 11% (de los cuales el 5.5% de docentes de biología y el 5.5% de docente de química, respectivamente). Estos docentes provienen principalmente de ENP de planteles 1, 5 y 6. Finalmente, el docente que comentó que no emplean ningún concepto representa el 3% y es del CCH Sur.

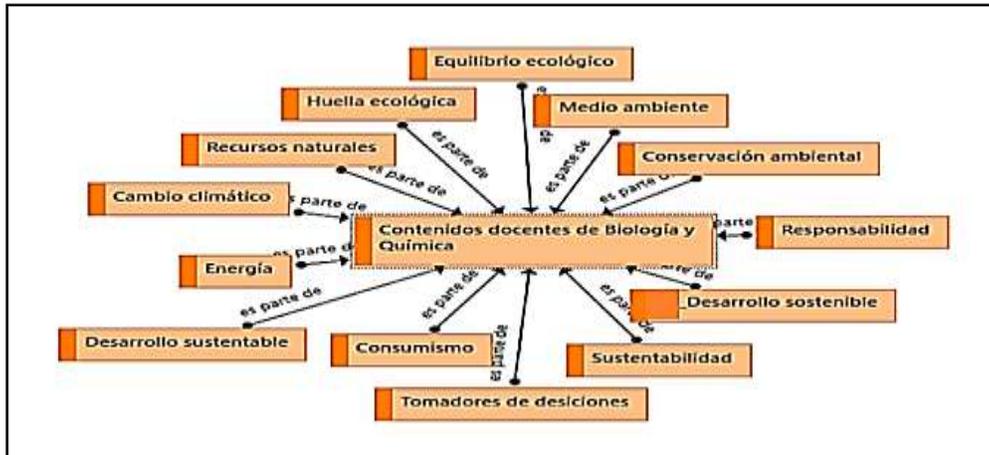
Respecto a la pregunta 4 en donde se solicita a los docentes: **Define el término que más empleas en clase**. La frase sobre **Desarrollo sustentable**, más cercana a este concepto fue la siguiente: *“el desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer la capacidad de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”*. Los docentes estudiados expresan otras ideas respecto al DS, que tienen que ver con las siguientes categorías: a) aprovechamiento y uso de los recursos naturales, b) promueve la preservación de la naturaleza, c) favorece el desarrollo y al ambiente, d) ayuda a cubrir las necesidades sin perjudicar al planeta, e) genera equidad social, f) requiere transdisciplina y g) planeación y gestión pública.

Por otra parte, se expresó por parte de los docentes otro término el **“desarrollo sostenible”**, que fue definido como *“el proceso mediante el cual se trata de satisfacer las necesidades económicas, sociales, de diversidad cultural y de un medio ambiente sano para la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de las mismas para las generaciones futuras”*. Los docentes expresan otras ideas respecto al desarrollo sostenible, que tienen que ver con las siguientes categorías: i) manejo de recursos naturales y servicios eco sistémicos, iii) incide en la economía y la sociedad, iv) principio organizador para alcanzar un desarrollo humano, v) es una estrategia de vida que promueve el consumo sustentable y vi) ayuda producir menos contaminación.

Respecto a la **sostenibilidad** los docentes expresaron que el constructo se asocia con *“tener un estilo de vida y producción de bienes que aseguren los recursos que necesitan las siguientes generaciones”*, en particular este concepto se vincula con las siguientes categorías: a) aprovechamiento responsable de recursos y b) preservar recursos para generaciones futuras.



y la sostenibilidad son: equilibrio ecológico, medio ambiente, conservación, responsabilidad, consumismo, energía, cambio climático, recursos naturales y huella ecológica.



**Figura 14.** Red semántica de conceptos centrales coincidentes entre los profesores de biología y química.  
Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

Posteriormente, en la Gráfica 3 se representan las frecuencias sobre los conceptos centrales más usados por docentes de biología y química.

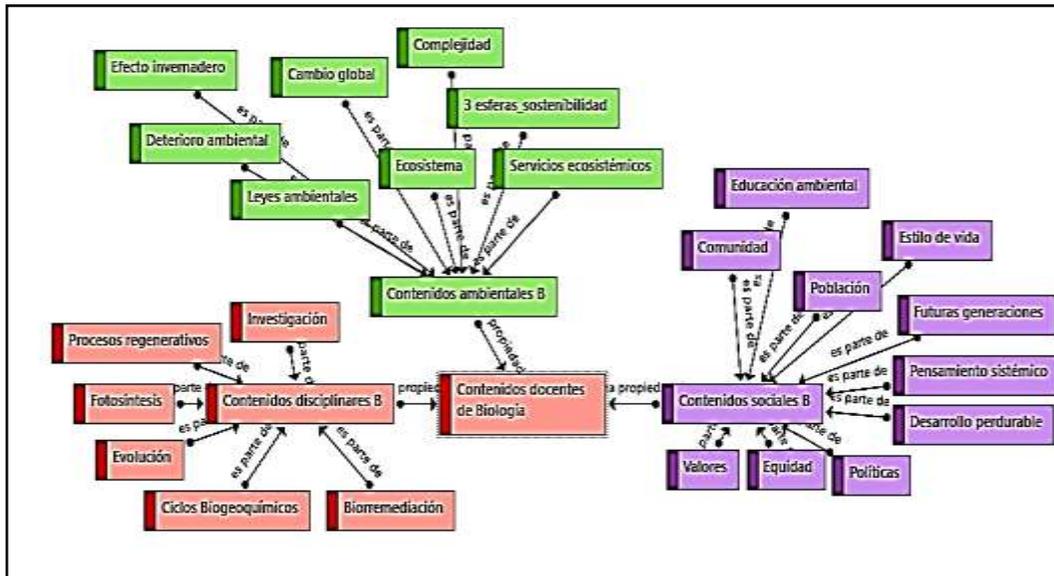


**Gráfica 3.** Frecuencias de conceptos centrales más usados por docentes de biología y química.

En la Gráfica 3, se puede distinguir los conceptos centrales que más emplean en común los docentes de biología y de química, estas categorías se presentan de mayor a menor frecuencia y son los siguientes: Recursos naturales, desarrollo sustentable, desarrollo sostenible, sustentabilidad, energía, consumismo, medio ambiente, conservación ambiental, equilibrio ecológico, cambio climático, huella ecológica, tomadores de decisiones y responsabilidad.

A continuación, se muestra en la Figura 15, una red semántica sobre los conceptos centrales más expresados por los profesores de biología que guían la enseñanza de la sostenibilidad. Para el

análisis de estos tópicos se crearon tres categorías sobre los contenidos: ambientales, sociales y disciplinares.



**Figura 15.** Red semántica sobre los contenidos centrales usados por los profesores de biología, se representan los contenidos disciplinares (rojo), los contenidos ambientales (verde) y los contenidos sociales (morado). Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

En la Figura 15, se pueden observar algunos tópicos centrales que los profesores de biología emplean para la enseñanza de la sostenibilidad. Respecto a los contenidos disciplinares sobresalen los siguientes tópicos: evolución, fotosíntesis, ciclos biogeoquímicos e investigación.

Referente a los contenidos ambientales los docentes mencionan los siguientes tópicos: ecosistemas, servicios eco-sistémicos, tres esferas de la sostenibilidad, leyes ambientales, deterioro ambiental, efecto invernadero, cambio global y complejidad.

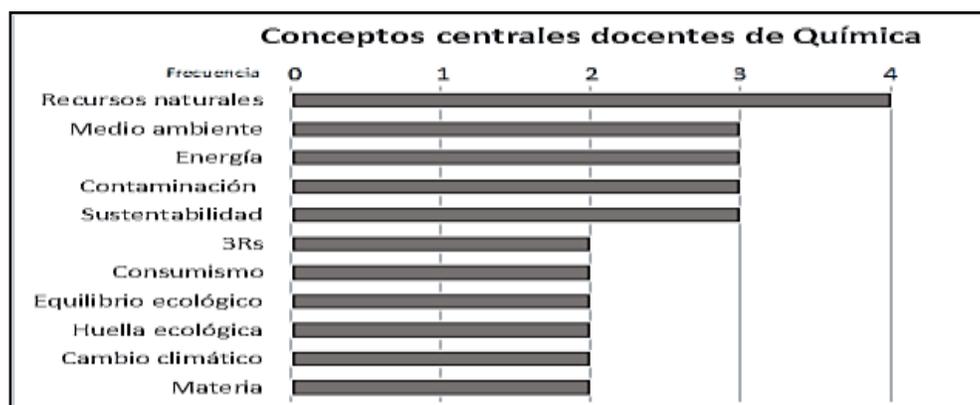


**Gráfica 4.** Frecuencias de tópicos centrales más usados por los profesores de biología.

Sobre los contenidos sociales los docentes expresan: valores, equidad, políticas, desarrollo perdurable, pensamiento sistémico, futuras generaciones, estilo de vida, comunidad, población y educación ambiental.

En la Gráfica 4, se presentan la frecuencia, respecto al uso de los tópicos centrales, es decir, los más empleados por los docentes de biología que son de mayor a menor los siguientes: Recursos naturales, ecosistema, medio ambiente, biodiversidad y cambio climático.

A continuación, en la Gráfica 5 y Figura 16 se pueden observar los conceptos centrales más empleados por los docentes de química relacionados con la enseñanza de la sostenibilidad.



**Gráfica 5.** Frecuencia con que son mencionados los tópicos centrales por los docentes de química.

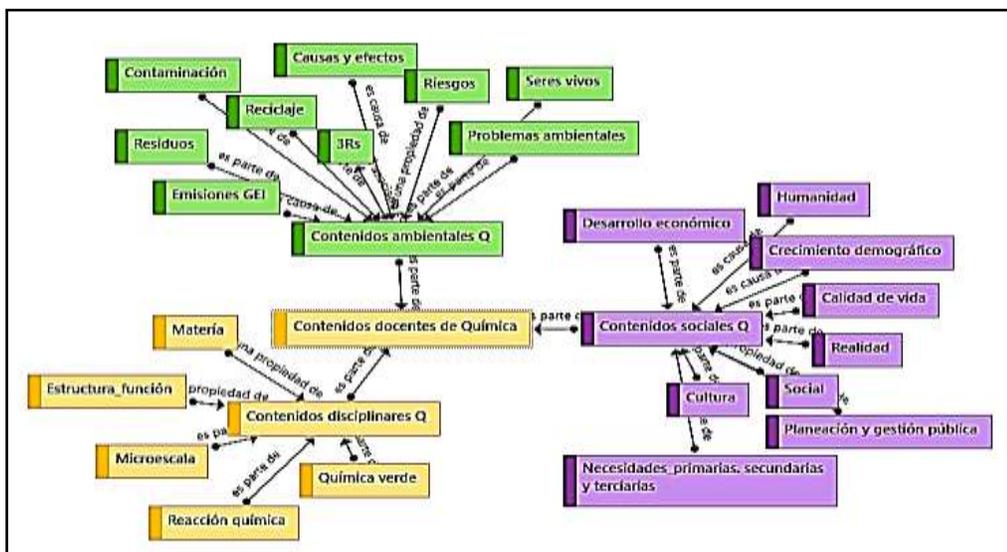
En la Gráfica 5, podemos observar la frecuencia, respecto al uso de los tópicos centrales relacionados con la sostenibilidad, es decir, los más empleados por los docentes de química son: Recursos naturales, medio ambiente, energía, contaminación, cambio climático, etc. Para el análisis de estos tópicos se establecieron tres criterios sobre los contenidos: ambientales, sociales y disciplinares.

En la Figura 16, se presentan los conceptos centrales más empleados por los docentes de química relacionados con la enseñanza sostenibilidad. De la misma forma que el apartado anterior, para el análisis de estos tópicos se propusieron tres categorías para el análisis de los contenidos expresados por los docentes de química: ambientales, sociales y disciplinares.

Los *contenidos disciplinares* son: reacción química, materia, estructura, función, micro escala y química verde.

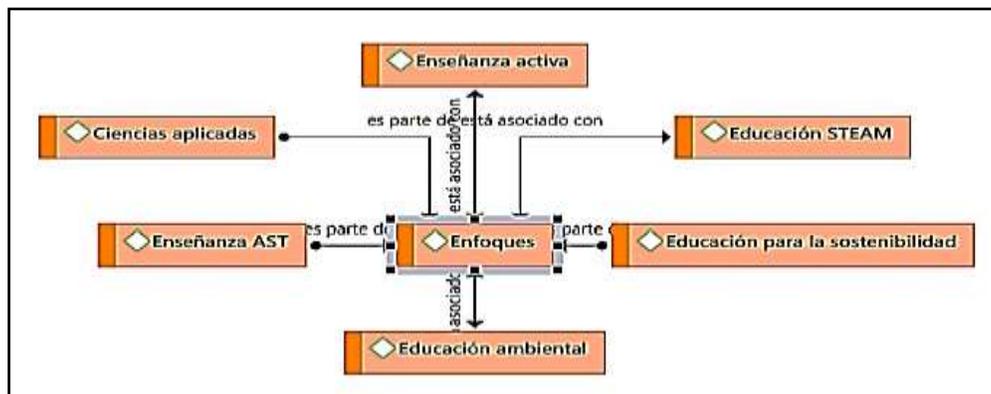
Los *contenidos ambientales* son: problemas ambientales, causa y efectos, seres vivos, riesgos, residuos, reciclaje, 3Rs, contaminación y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Los *contenidos sociales* son: humanidad, desarrollo económico, social, cultura, necesidades primarias, secundarias y terciarias, realidad, planeación y gestión pública y crecimiento demográfico.



**Figura 16.** Red semántica sobre los contenidos centrales usados por los profesores de química, se representan los contenidos disciplinares (amarillo), los contenidos ambientales (verde) y los contenidos sociales (morado). Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

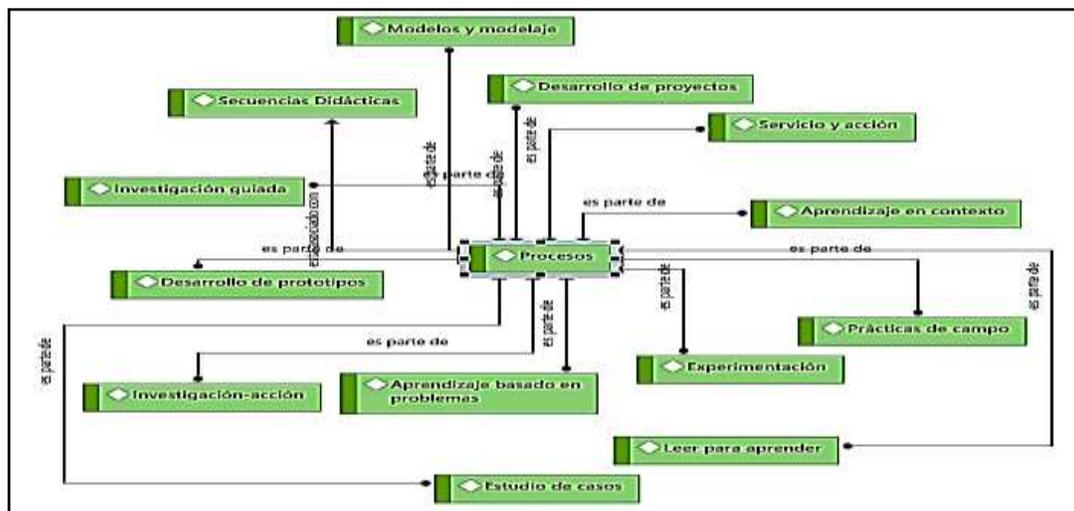
Posteriormente, se analizaron las respuestas de la pregunta 6: **¿Qué procesos y métodos educativos considera que son los adecuados para guiar tu proceso de enseñanza-aprendizaje de la sostenibilidad?** Para el análisis de las respuestas se generaron tres categorías: 1) Enfoques de enseñanza para la sostenibilidad, 2) Procesos de enseñanza para la sostenibilidad y 3) Métodos, actividades y estrategias de enseñanza-aprendizaje para la sostenibilidad. Los resultados se muestran a continuación.



**Figura 17.** Red semántica sobre *enfoques* de enseñanza para la sostenibilidad. Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

En la Figura 17, se puede observar la red semántica sobre los *enfoques* más utilizados por los docentes de química y biología para la enseñanza de la sostenibilidad, que son: a) Educación ambiental (EA); b) Educación para la sostenibilidad (ES); c) Enseñanza activa; d) Educación STEAM que es el acrónimo del término en inglés de Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics; e) Enseñanza ambiciosa de las ciencias (AST) que es el acrónimo de Ambitious Science Teaching y f) Enseñanza de las ciencias naturales aplicadas.

Por otro lado, en la Figura 18, se presentan la red semántica sobre los *procesos* enseñanza mencionados por los docentes de biología y química encuestados.



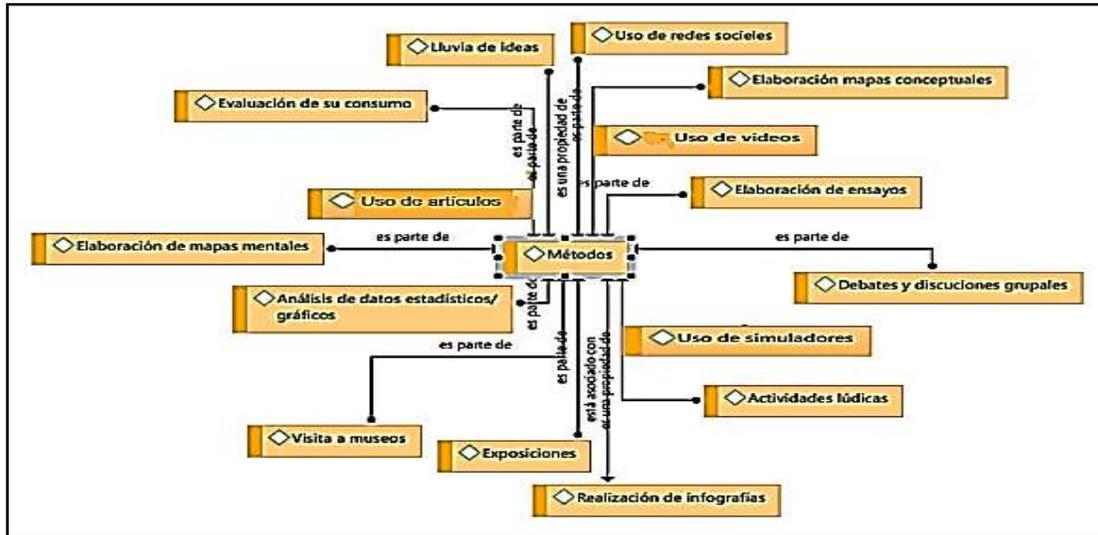
**Figura 18.** Red semántica sobre *procesos* educativos empleados para enseñar sostenibilidad. Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

Los procesos de enseñanza expresados por los docentes son: aprendizaje basado en proyectos (desarrollo de proyectos); aprendizaje basado en problemas; aprendizaje en contexto; Modelos y modelaje en ciencias naturales; investigación acción participativa (IAP), investigación guiada; estudios de caso; leer para aprender; experimentación (actividades experimentales); prácticas de campo; desarrollo de prototipos y elaboración de secuencias didácticas.

Finalmente, en la Figura 19, se pueden observar las **estrategias de enseñanza-aprendizaje** mencionados por los docentes de química y biología que emplean para la enseñanza de la sostenibilidad.

Los *estrategias de enseñanza-aprendizaje* expresados por los docentes biología y química para la enseñanza de la sostenibilidad son: Lluvia de ideas, debates, discusiones grupales, exposiciones, elaboración de ensayos, realización de mapas conceptuales y mentales, uso y análisis de artículos, elaboración de ensayos, realización de infografías, análisis de datos y gráficos, uso de

videos, uso de simuladores, uso de redes sociales, actividades lúdicas, vista a museos, investigación guiada, debates y discusiones grupales (ver figura 19).



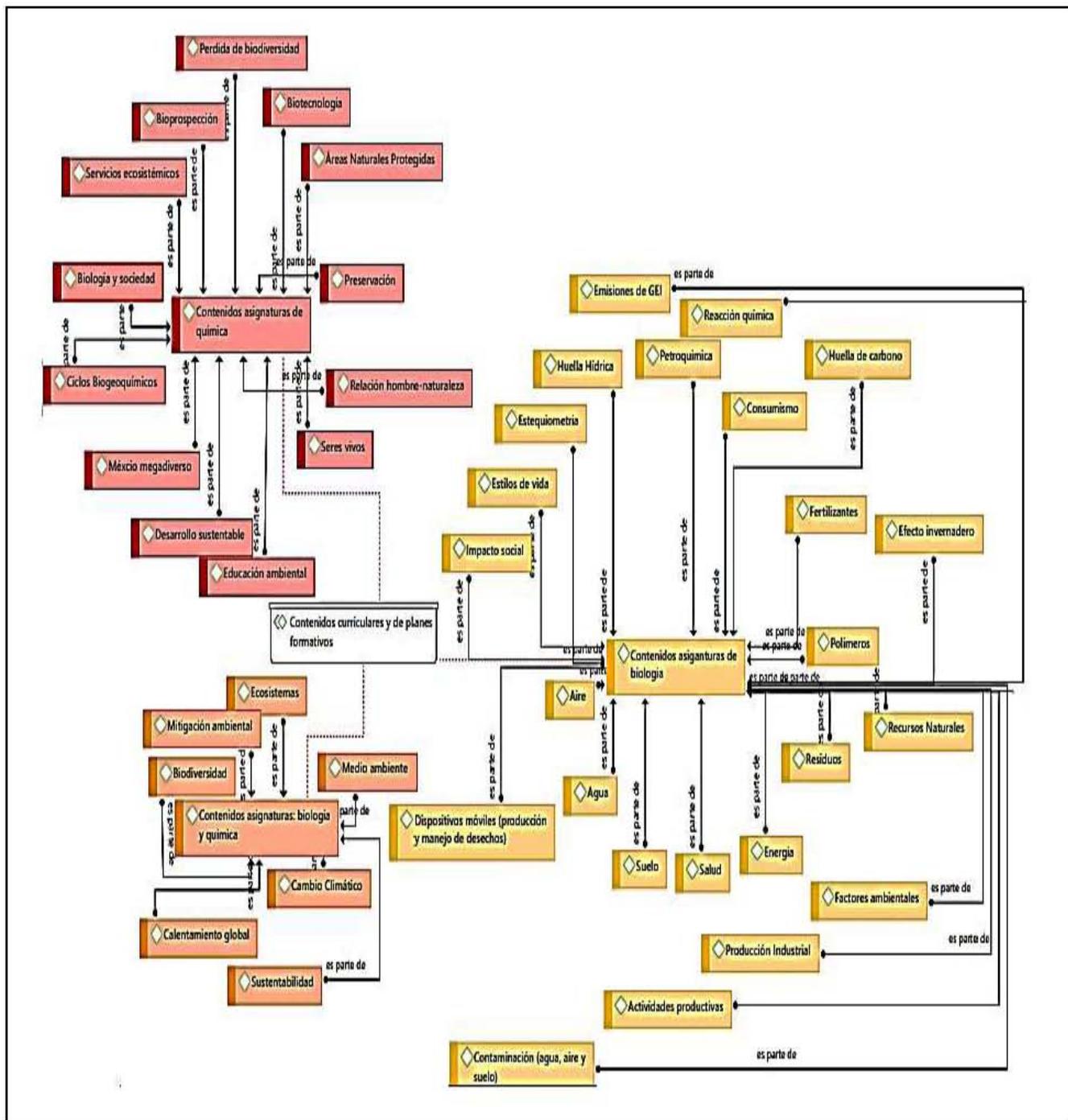
**Figura 19.** Red semántica sobre las estrategias de enseñanza-aprendizaje para la sostenibilidad, señalados por los docentes de química y biología estudiados. Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

Por otra parte, respecto a los resultados de la pregunta 7: **¿Cuáles son los contenidos temáticos sobre sostenibilidad que están considerados en tu plan curricular?** Los contenidos identificados por los docentes encuestados en los programas formativos y curriculares de bachillerato para las asignaturas de biología y química, se presentan en la siguiente red semántica de la Figura 20.

En la siguiente red semántica de la figura 20, se puede distinguir los contenidos curriculares que los **docentes de biología** identificaron y que se asocian con la enseñanza de la sostenibilidad (en amarillo), estos son: áreas naturales protegidas, biología y sociedad, bio-prospección, biotecnología, ciclos biogeoquímicos, desarrollo sustentable, educación ambiental, México un país mega diverso, preservación, pérdida de biodiversidad, relación hombre naturaleza, servicios eco sistémicos, seres vivos, así como biodiversidad, cambio global, cambio climático, medio ambiente, mitigación a problemáticas ambientales y sustentabilidad.

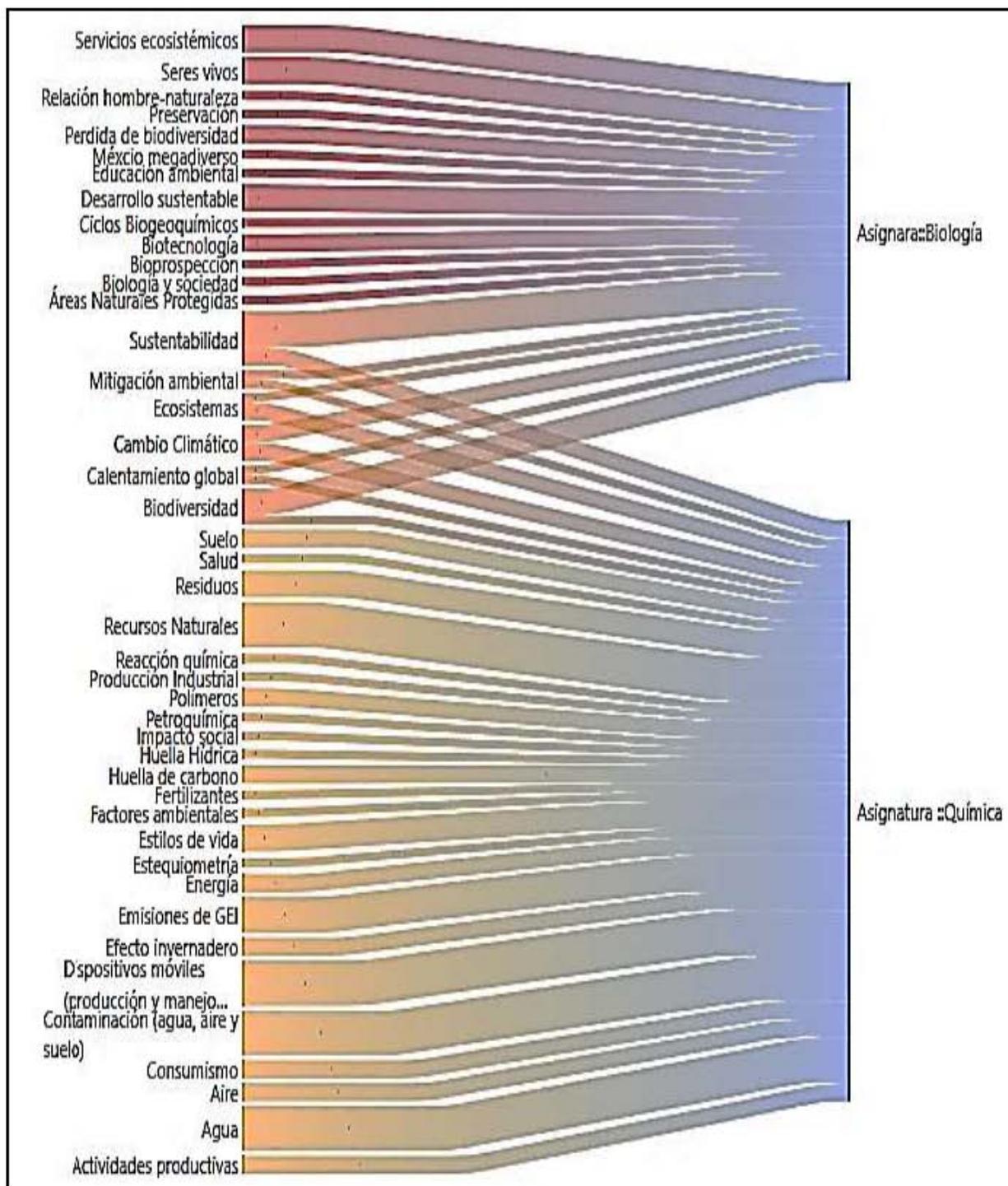
En la Figura 20, también se pueden observar los contenidos curriculares que reconocieron los **docentes de química**, que son: actividades productivas, agua, aire, consumismo, contaminación (agua, suelo y aire), dispositivos móviles (producción y manejo de residuos), efecto invernadero, emisiones de GEI, energía, estequiometría, estilo de vida, factores ambientales, fertilizantes, huella ecológica, huella hídrica, impacto social, petroquímica, polímeros (naturales y sintéticos),

producción industrial, reacción química, recursos naturales, salud y suelo, así como, biodiversidad, cambio global, cambio climático, medio ambiente, mitigación a problemáticas ambientales y sustentabilidad.



**Figura 20.** Red semántica sobre los contenidos relacionados con la enseñanza e la sostenibilidad identificados en los programas formativos y curriculares de bachillerato señalados por los docentes de biología y química. Los contenidos que corresponden a la asignatura de biología (color rojo), los contenidos de las asignaturas de química (color amarillo) y los contenidos que aparecen tanto en asignaturas de química y biología (color anaranjado). Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

Por otra parte, en el diagrama Sankey de la Figura 21 se presentan los contenidos curriculares que aparecen tanto en asignaturas de química y de biología, estos se muestran con color anaranjado.



**Figura 21.** Diagrama Sankey sobre los contenidos curriculares relacionados con la enseñanza e la sostenibilidad identificados en los programas formativos de bachillerato. Los contenidos que corresponden a la asignatura de biología se representan con color rojo, química con color amarillo y los contenidos que aparecen tanto en asignaturas de química y biología se presentan con color anaranjado. Fuente: Elaboración propia con ATLAS.ti.

En el diagrama Sankey de la Figura 21, se observan los contenidos en que coinciden o son recurrentes para las asignaturas de química y de biología respectivamente, son: sostenibilidad, mitigación ambiental, ecosistemas, cambio climático, calentamiento global y biodiversidad.

En la Gráfica 6, se observan los contenidos curriculares más frecuentes reconocidos por los docentes de química y biología en los planes y programas de estudio, que son: sustentabilidad, recursos naturales, contaminación, dispositivos móviles, agua, biodiversidad, emisiones de GEI y cambio climático.

Respecto a las instituciones educativas de bachillerato de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a continuación, en la Figura 22, se muestran los contenidos curriculares relacionados con la enseñanza de la sostenibilidad que identifican los docentes encuestados, que aparecen en planes y programas de estudios de los bachilleratos estudiados.



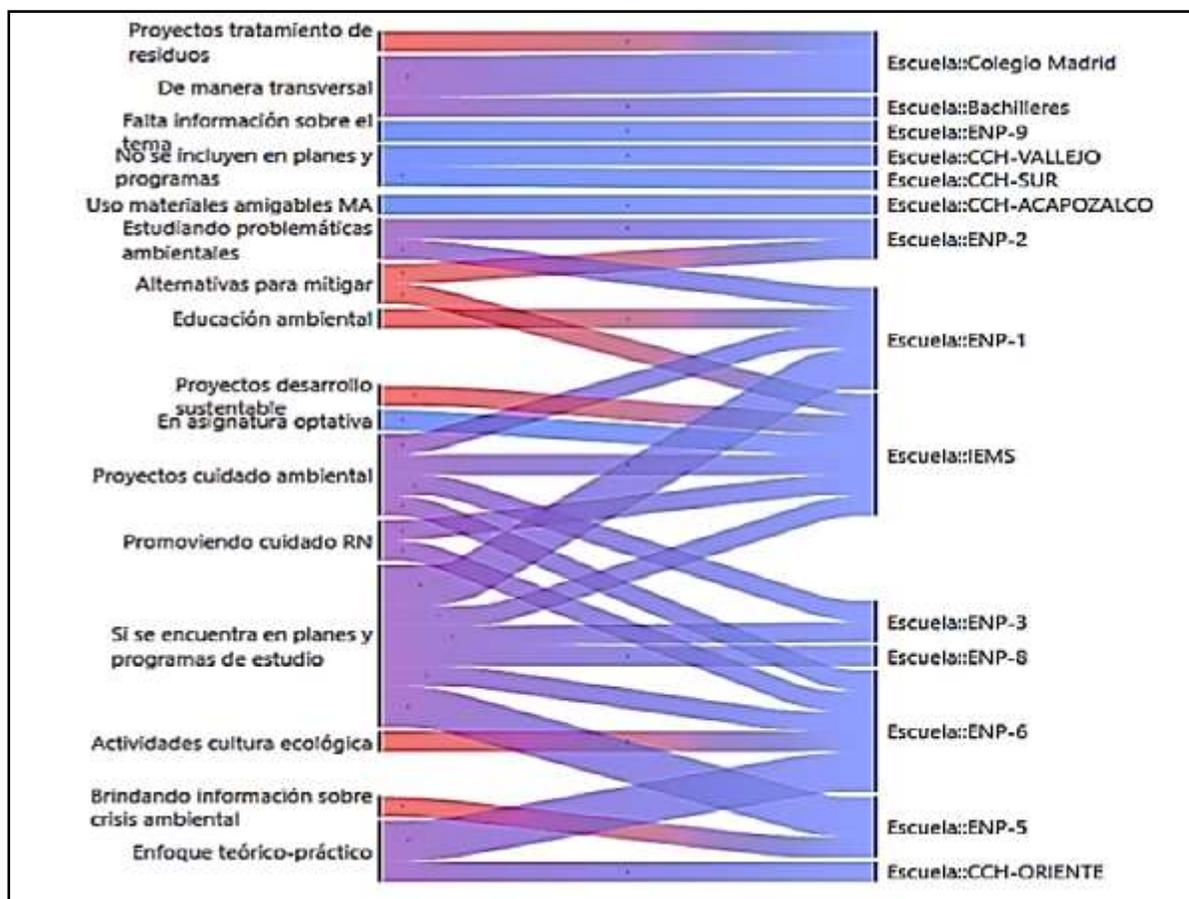
**Gráfica 6.** Aparecen representadas las frecuencias de los contenidos curriculares mencionados por los docentes de química y biología.

Referente a los contenidos curriculares identificados por los docentes de biología en *planes y programas de estudio del Colegio de Ciencias y Humanidades* (CCH Oriente, Sur, Azcapotzalco y Vallejo) para la asignatura de biología (amarillo), son los siguientes: actividades productivas, salud, recursos naturales, impacto social, aire, suelo, residuos y agua. Por consiguiente, los contenidos curriculares reconocidos para la asignatura de química del CCH son: los ciclos biogeoquímicos. El contenido curricular identificado para ambas asignaturas es: ecosistemas.

Por otra parte, se pueden observar los contenidos curriculares reconocidos en los *planes y programas de la Escuela Nacional Preparatoria* (ENP 1,2,3,5,6,8 y 9) identificados por los docentes de biología (bandas rojas) que fueron: Desarrollo sustentable, pérdida de biodiversidad en México, servicios eco sistémicos, seres vivos, biotecnología, preservación, biología y sociedad,

bio-prospección y México mega diverso. Para la asignatura de química se reconocieron los siguientes contenidos curriculares: aire, agua, polímeros (naturales y sintéticos), huella de carbono, contaminación (agua, suelo y aire), emisiones de GEI, huella hídrica y efecto invernadero, consumismo, dispositivos móviles (producción y manejo de residuos), estilo de vida, recursos naturales y residuos. Para ambas asignaturas, se reconocieron los siguientes contenidos curriculares: Cambio climático, biodiversidad, sustentabilidad, medio ambiente y calentamiento global. Por último, se observan los contenidos curriculares identificados por docentes de las dos instituciones, la ENP (planteles:1,2,3,5,6,8 y 9), y el CCH (planteles: Oriente, Sur, Azcapotzalco y Vallejo) que son: recursos naturales, residuos, agua y aire. Es interesante notar cómo a pesar de que los docentes imparten las mismas asignaturas consideran conceptos distintos para abordar un mismo tema.

Por último, se analizaron las respuestas correspondientes a la pregunta 8: **¿Hoy en día de qué manera se está abordando la enseñanza de la sostenibilidad en tu institución educativa.**



**Figura 22.** Diagrama Sankey con las actividades institucionales reconocidas por los docentes de los bachilleratos analizados. En el diagrama las asignaturas se representan: biología (rojo), química (azul) y ambas asignaturas (morado). Fuente: Elaboración propia con ATLAS.ti.

En la Figura 22, se puede observar que la mayoría de las actividades promovidas a favor de la enseñanza de la sostenibilidad son: a) La implementación de diversos proyectos escolares promovidos por iniciativa docente, sobre desarrollo sustentable, cuidado del ambiente, conservación de especies, tratamiento de residuos, sobre el uso y manejo de recursos naturales; b) A través de actividades culturales; c) Utilizando materiales amigables con el medio ambiente; d) Estudiando las problemáticas ambientales; f) A través de actividades la educación ambiental; g) También se señala la importancia de abordar la enseñanza de la sostenibilidad de manera transversal y con enfoque teórico práctico.

Por otra parte, los docentes expresaron que la sostenibilidad y el desarrollo sustentable se encuentra como contenidos curriculares en instituciones de EMS de la CDMX, como: a) el CCH en las asignaturas de Biología II (como desarrollo sustentable); b) En la ENP en las asignaturas de Biología IV y V (como sustentabilidad) y en Química III (como sostenibilidad); c) En el IEMS se ubica en la asignatura optativa de Química, Energía y Sociedad (como desarrollo sostenible); d) otros docentes mencionaron que falta información sobre el tema.

### 3.2.5. Ideas útiles para la enseñanza expresadas por los profesores de biología y química en el cuestionario diagnóstico.

Por otra parte, a manera de reflexión final se presenta la Tabla 9, con una recopilación de varias ideas útiles para la enseñanza de la sostenibilidad y los tópicos centrales expresados en el cuestionario diagnóstico por los profesores de biología y química estudiados.

**Tabla 9.** Recopilación de ideas útiles para la enseñanza expresadas por los profesores de biología y química estudiados en el cuestionario diagnóstico.

Cuestionario diagnóstico	Extractos de ideas útiles para la enseñanza expresadas por los profesores de biología y química en el cuestionario diagnóstico
<b>Importante la enseñanza de la sostenibilidad a nivel medio superior.</b>	La enseñanza de la sostenibilidad es importante para concientizar sobre los daños ambientales y los daños al planeta; conocer sobre el uso y el manejo de los recursos naturales; generar cambios de hábitos; afrontar la crisis ambiental; brindar soluciones a problemáticas ambientales; tomar decisiones sobre la vida y el entorno; concientizar sobre recursos naturales; adquirir una visión global; fomentar el aprendizaje; generar bienestar; conservar el medio ambiente; trabajar para un futuro sostenible; como alfabetización científica; transformar a la sociedad; beneficiar a las generaciones futuras y reconocer la importancia de la sostenibilidad.
<b>Qué constructo usan.</b>	Desarrollo sustentable (56%), seguido de sostenibilidad (30%), sustentabilidad (11%) y ninguno (3%).

<b>Conceptos centrales relacionados con la sostenibilidad</b>	<b>Docentes de biología</b>		<b>Docentes de química</b>	
	Recursos naturales, ecosistema, medio ambiente, biodiversidad y cambio climático.		Recursos naturales, medio ambiente, energía, contaminación y cambio climático.	
<b>Procesos y métodos educativos que emplean los docentes.</b>	<b>Enfoques y procesos de enseñanza:</b>	Educación ambiental (EA); Educación ambiental para la sostenibilidad (ES); Enseñanza activa; Educación STEAM en inglés de Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics; Enseñanza ambiciosa de las ciencias (AST) que es el acrónimo de Ambitious Science Teaching, Modelos y modelaje en ciencias naturales, Investigación acción participativa (IAP) y Enseñanza de las ciencias naturales aplicadas.		
	<b>Métodos de aprendizaje:</b>	Aprendizaje basado en proyectos; Aprendizaje basado en problemas; Aprendizaje en contexto; Investigación guiada; Estudios de caso; Leer para aprender; Actividades experimentales; Prácticas de campo; Desarrollo de prototipos y Elaboración de secuencias didácticas.		
	<b>Estrategias de enseñanza-aprendizaje:</b>	Lluvia de ideas, debates, discusiones grupales, exposiciones, elaboración de ensayos, realización de mapas conceptuales y mentales, uso y análisis de artículos, elaboración de ensayos, realización de infografías, análisis de datos y gráficos, uso de videos, uso de simuladores, uso de redes sociales, actividades lúdicas y visita a museos.		
<b>Contenidos temáticos sobre sostenibilidad que están considerados en los planes curriculares.</b>	<b>Docentes de biología</b>		<b>Docentes de química</b>	
	Áreas naturales protegidas, biología y sociedad, biotecnología, ciclos biogeoquímicos, desarrollo sustentable, educación ambiental, México un país mega diverso, preservación, pérdida de biodiversidad, relación hombre naturaleza, servicios eco-sistémicos, seres vivos, biodiversidad, cambio global, cambio climático, medio ambiente, mitigación a problemáticas ambientales y sustentabilidad.		Actividades productivas, agua, aire, consumismo, contaminación (agua, suelo y aire), dispositivos móviles (producción y manejo de residuos), efecto invernadero, emisiones de GEI, energía, estequiometría, estilo de vida, factores ambientales, fertilizantes, huella ecológica, huella hídrica, impacto social, petroquímica, polímeros (naturales y sintéticos), producción industrial, reacción química, recursos naturales, salud y suelo, así como, biodiversidad, cambio global, cambio climático, medio ambiente, mitigación a problemáticas ambientales y sustentabilidad.	
<b>Cómo se aborda la enseñanza de la sostenibilidad en las instituciones educativas.</b>	Implementación de diversos proyectos escolares promovidos por iniciativa docente, sobre desarrollo sustentable, cuidado del ambiente, conservación de especies, tratamiento de residuos, sobre el uso y manejo de recursos naturales; A través de actividades culturales; Utilizando materiales amigables con el medio ambiente; Estudiando las problemáticas ambientales; A través de actividades la educación ambiental; También se señala la importancia de abordar la enseñanza de la sostenibilidad de manera transversal y con enfoque teórico práctico.			

Finalmente, en el apartado de conclusiones generales se presentan las reflexiones derivadas del análisis detallado de resultados sobre la aplicación del cuestionario diagnóstico.

### 3.3. MATRICES DE REPRESENTACIÓN DE CONTENIDO (CoRe)

En 2004, Loughran, J., Mulhall, P. y Berry, A., **desarrollaron un método de captura y representación de PCK. El primero está relacionado con contenidos específicos provenientes de las ciencias naturales denominado matrices de representación de contenido (CoRe) por sus siglas en inglés Content Representation y el segundo está relacionado con la práctica docente denominado Repertorio de experiencia profesional y pedagógica (Pap-eR), Repertorio de experiencia pedagógica y profesional).** El CoRe es un instrumento que moldea y permite analizar la comprensión de los profesores de ciencias sobre ciertos aspectos del PCK como: visión general de las ideas principales, conocimiento de concepciones alternativas, formas profundas de evaluar la comprensión del tema, dificultades de enseñanza, secuencia efectiva, enfoque importante para organizar ideas.

Las matrices de representación de contenido (CoRe) han sido ampliamente reportadas en la literatura sobre educación en ciencias naturales como un instrumento significativo que es eficaz para articular y representar aspectos del conocimiento profesional docente que son componentes importantes del conocimiento pedagógico del contenido (PCK) (Hume y Berry, 2011; Loughran, 2012). En educación química, el PCK se ha estudiado en profesores en activo que analizan sus prácticas docentes (Van Driel, Verloop y de Vos, 1998; Bucat, 2004) y en profesores en formación (Hume y Berry, 2011; Nilsson y Loughran, 2012). Esta investigación destaca la necesidad de realizar más estudios sobre PCK y su influencia en los docentes en términos de continuidad de la enseñanza. Esto tiene implicaciones importantes para la forma en que se enseñan y enseñan la biología y la química en las escuelas secundarias.

El PCK de los profesores de ciencias es a menudo tácito y difícil de articular, capturar y representar debido a su construcción altamente personal (Gess-Newsome, 1999; Korthagen y Kessels, 1999; Loughran, *et al.*, 2012). Loughran y sus colegas desarrollaron un marco que, según ellos, podría capturar y representar estos ejemplos personales e idiosincrásicos de PCK (Loughran, *et al.*, 2012; Loughran, Mulhall y Berry, 2004). Un CoRe es una tabla destinada a representar la comprensión de los profesores de ciencias sobre el contenido de un tema determinado. Esto se hace pidiendo a los profesores que consideren las ideas centrales o "grandes" del tema, es decir, qué elementos esenciales del contenido los estudiantes necesitan aprender. Estas "grandes ideas" forman los encabezados de las columnas. La serie consta de ocho indicaciones que tienen como objetivo revelar el razonamiento de los profesores detrás de las decisiones/actividades

pedagógicas, el conocimiento de sus estudiantes (por ejemplo, ideas alternativas, dificultades y puntos de confusión) y formas de evaluar la comprensión de los estudiantes.

Por consiguiente, el CoRe es una descripción detallada y un reflejo de las reflexiones de un maestro sobre una lección específica basada en una parte específica del contenido de CoRe. Una tarea suele presentarse como una representación narrativa de la lección desde el punto de vista del profesor: ¿qué hicieron y por qué lo hicieron? Por lo tanto, el CoRe es a la vez una herramienta de investigación para evaluar la comprensión del contenido por parte de los profesores de ciencias y una forma de representar ese conocimiento. Se utiliza como herramienta para entrevistar a un grupo de profesores para comprender los aspectos importantes del contenido en estudio, y los resultados de estas entrevistas también se utilizan como presentación misma.

A medida que se aclara y explora esta herramienta (CoRe), la comprensión de los educadores sobre la naturaleza del contenido y los factores que dan forma a ese conocimiento se convierte en una importante fuente de datos. Sin embargo, un CoRe resuelto por un grupo de docentes no debe tomarse como una representación estática, mejor o correcta de ese contenido, ya que es una generalización necesaria pero incompleta derivada del trabajo con un grupo específico de docentes en un momento dado, un contexto y contenido específico (Loughran, 2004). La codificación del conocimiento de los docentes identifica características clave del contenido que los docentes de ciencias reconocen y las actividades de instrucción que los docentes utilizan para enseñar ese contenido. Por lo tanto, el CoRe en sí es una fuente de datos, una ventana para capturar y presentar el PCK de los docentes. Al interpretar las respuestas a las pautas de CoRe, se puede crear una imagen que refleje sus pensamientos sobre aspectos de PCK de los docentes.

Por lo tanto, CoRe es una generalización de las respuestas de los docentes que proporciona una visión global expresada en proposiciones sobre cómo los docentes abordan la enseñanza de una materia y las razones por las que lo hacen, es decir, sobre el contenido al que apuntan. para aprender, dar la clase, cómo lo van a hacer y por qué lo van a hacer de esa manera. Proporcionan información sobre las decisiones que los profesores pueden tomar al enseñar una materia, incluida la relación entre el contenido, los estudiantes y la práctica docente. La información se presenta en forma de proposiciones, CoRe proporciona información limitada sobre la experiencia práctica docente, por esta razón también se desarrolló o complementó con la aplicación de entrevistas semiestructuradas. En definitiva, el objetivo de este trabajo es explorar el núcleo del CoRe en torno

al tema de sostenibilidad y su enseñanza en profesores de biología y química de bachillerato.

### 3.3.1. Diseño de Matrices de Representación del Contenido (CoRe).

Esta etapa de la investigación corresponde al objetivo OB2 que hace referencia: Analizar el pensamiento docente a partir del conocimiento pedagógico de contenido (PCK) y las relaciones de sus componentes sobre el tema de sostenibilidad a Nivel Medio Superior.

Para ello, en la presente etapa de la investigación se diseñaron dos matrices de representación de contenido (CoRe), una dirigida a profesores de química y otra para profesores de biología. Ambas matrices se diseñaron incorporando los tópicos centrales identificados a partir de los resultados obtenidos del cuestionario diagnóstico para la enseñanza de la sostenibilidad desde la química y la biología (anteriormente analizado). La importancia de analizar a partir del CoRe, como se enseña el tópico central de “sostenibilidad”, qué factores favorecen la enseñanza de este tópico, bajo que enfoques los profesores abordan este contenido y que actividades de enseñanza-aprendizaje emplean y promueven en su práctica docente.

No obstante, se diseñó la matriz de representación de contenido (CoRe), la cual se aplicó a docentes de biología (5 docentes), en donde se integran los tópicos centrales que favorecer la enseñanza de la sostenibilidad en el ámbito de la biología, que son: equilibrio ecológico, recursos naturales, biodiversidad, ecosistemas y medio ambiente (ver la Tabla 10). Estos contenidos asociados con la sostenibilidad en la asignatura de biología fueron identificados a partir del cuestionario diagnóstico previamente analizado.

**Tabla 10.** Matriz de representación de contenido (CoRe) para profesores de Biología de Educación Media Superior.

<b>CoRe: Profesores de Biología de Educación Media Superior</b>	
Nombre	
Grado Académico	
Nivel al que imparte cursos	
asignatura que impartes	
Edad	
Experiencia Docente	
Este cuestionario forma parte del trabajo de investigación para desarrollar un proyecto de doctorado. A pesar de que en la literatura no se consideran como sinónimos, sostenibilidad y desarrollo sustentable, para fines prácticos en las preguntas de este cuestionario se emplearan como sinónimos, ya que usaremos sostenible y sostenibilidad de forma recurrente. Cabe señalar, que, en el análisis de resultados, respetaremos totalmente los términos y enfoques que ustedes expresen en sus respuestas.	

¿Qué importancia le das al tema de sostenibilidad en el curso que impartes?					
<b>Tópico seleccionado (concepto)</b>	<b>Equilibrio ecológico</b>	<b>Recursos naturales</b>	<b>Biodiversidad</b>	<b>Ecosistema</b>	<b>Medio ambiente</b>
De los conceptos que se muestran en la fila anterior, indica ¿cuál es la relación que tienen con la sostenibilidad?.					
Por favor, contesta lo más extensamente posible, para cada uno de estos conceptos centrales las siguientes preguntas:					
¿Por qué es importante para los estudiantes aprender este concepto desde la posición de la sostenibilidad?					
¿Qué intentas que aprendan con esta idea desde el punto de vista de la sostenibilidad?					
¿Qué más sabes sobre la sostenibilidad, en relación con esta idea, que no le enseñes a tus estudiantes?					
¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas al aprendizaje de este concepto desde la perspectiva de la sostenibilidad? (estudiantes)					
¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas a la enseñanza de este concepto desde la visión de la sostenibilidad? (tus limitaciones)					
¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los estudiantes influye en tu enseñanza de este concepto desde la visión de sostenibilidad?					
¿Qué procedimientos empleas para que los estudiantes se comprometan con el concepto (analogías, metáforas, ejemplos, demostraciones, reformulaciones, etc.) desde la perspectiva de la sostenibilidad?					
¿Qué formas específicas utilizas para evaluar el entendimiento o confusión de los estudiantes sobre el concepto desde la perspectiva de la sostenibilidad? ¿consideras que esta evaluación le permite reflexionar sobre lo que ha aprendido y cómo lo ha hecho?					

¿Cómo esperas que el aprendizaje de este concepto, desde la sostenibilidad, impacte en la vida cotidiana de tus estudiantes? ¿qué haces para que tenga ese impacto?					
---	--	--	--	--	--

Por otra parte, también se diseñó y aplicó la matriz de representación de contenido (CoRe) para docentes de química, en donde se integran los tópicos centrales que favorecen la enseñanza de la sostenibilidad en el ámbito de la química, que son: medio ambiente, recursos naturales, energía, cambio climático y contaminación (ver la Tabla 11). Estos contenidos asociados con la sostenibilidad para la asignatura de química fueron identificados a partir del cuestionario diagnóstico previamente analizado.

**Tabla 11.** Matriz de representación de contenido (CoRe) para profesores de química de Educación Media Superior.

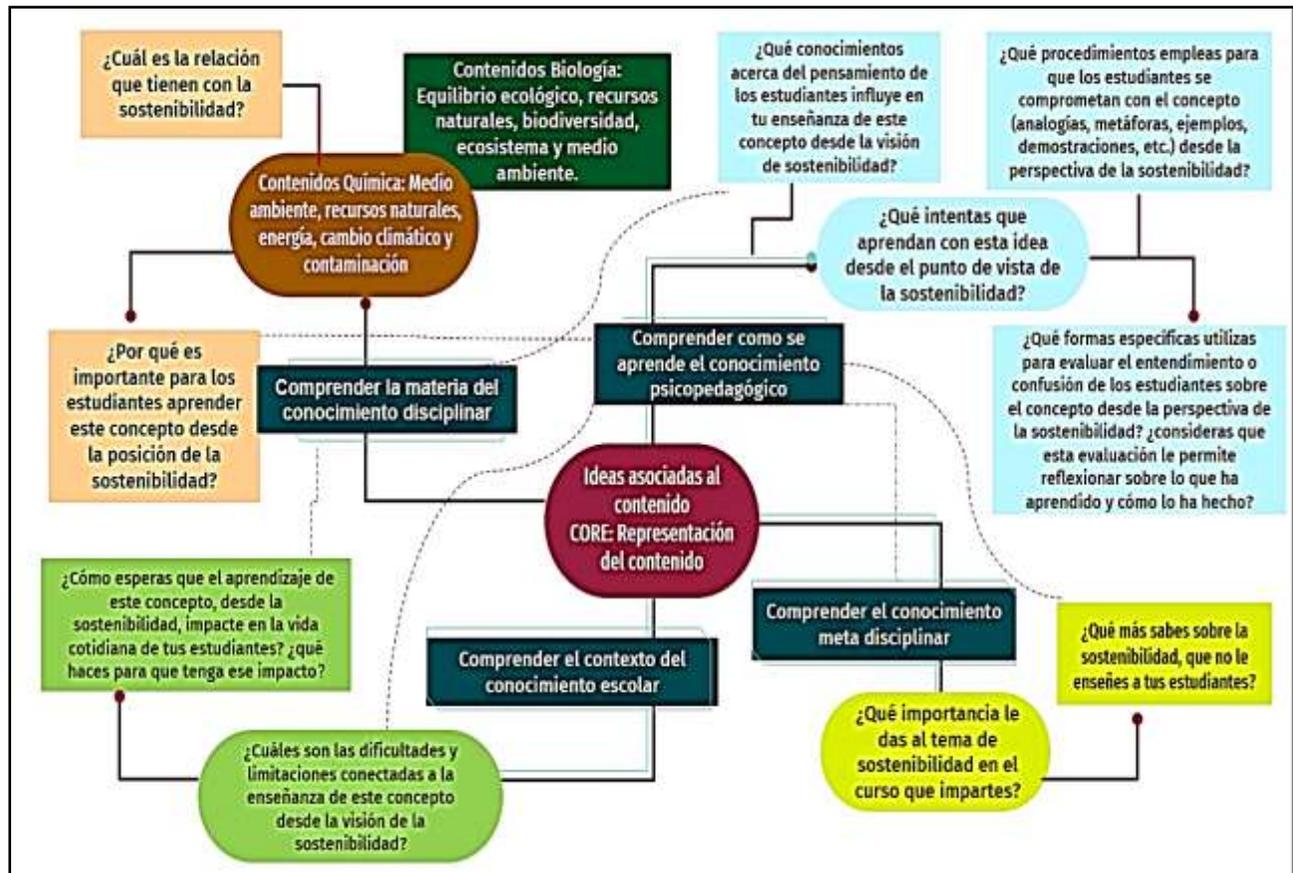
<b>CoRe: Profesores de Química de Educación Media Superior</b>					
Nombre					
Grado Académico					
Nivel al que imparte cursos					
asignatura que impartes					
Edad					
Experiencia Docente					
Este cuestionario forma parte del trabajo de investigación para desarrollar un proyecto de doctorado. A pesar de que en la literatura no se consideran como sinónimos, sostenibilidad y desarrollo sustentable, para fines prácticos en las preguntas de este cuestionario se emplearan como sinónimos, ya que usaremos sostenible y sostenibilidad de forma recurrente. Cabe señalar, que, en el análisis de resultados, respetaremos totalmente los términos y enfoques que ustedes expresen en sus respuestas.					
¿Qué importancia le das al tema de sostenibilidad en el curso que impartes?					
<b>Tópico seleccionado (concepto)</b>	<b>Medio Ambiente</b>	<b>Recursos naturales</b>	<b>Energía</b>	<b>Cambio Climático</b>	<b>Contaminación</b>
De los conceptos que se muestran en la fila anterior, indica ¿cuál es la relación que tienen con la sostenibilidad?.					
Por favor, contesta lo más extensamente posible, para cada uno de estos conceptos centrales las siguientes preguntas:					
¿Por qué es importante para los estudiantes aprender este concepto desde la posición de la sostenibilidad?					
¿Qué intentas que aprendan con esta idea desde el punto de vista de la sostenibilidad?					

¿Qué más sabes sobre la sostenibilidad, en relación con esta idea, que no le enseñes a tus estudiantes?					
¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas al aprendizaje de este concepto desde la perspectiva de la sostenibilidad? (estudiantes).					
¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas a la enseñanza de este concepto desde la visión de la sostenibilidad? (tus limitaciones).					
¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los estudiantes influye en tu enseñanza de este concepto desde la visión de sostenibilidad?					
¿Qué procedimientos empleas para que los estudiantes se comprometan con el concepto (analogías, metáforas, ejemplos, demostraciones, reformulaciones, etc.) desde la perspectiva de la sostenibilidad?					
¿Qué formas específicas utilizas para evaluar el entendimiento o confusión de los estudiantes sobre el concepto desde la perspectiva de la sostenibilidad? ¿consideras que esta evaluación le permite reflexionar sobre lo que ha aprendido y cómo lo ha hecho?					
¿cómo esperas que el aprendizaje de este concepto, desde la sostenibilidad, impacte en la vida cotidiana de tus estudiantes? ¿qué haces para que tenga ese impacto?					

Posteriormente, estas matrices de representación de contenido (CoRe) fueron respondidas por docentes de química y biología de nivel bachillerato. Los resultados de la aplicación de las CoRe, dan evidencia de la importancia que los docentes dan a la enseñanza de la sostenibilidad desde el enfoque de cada tópico central estudiado. También muestran estrategias de aprendizaje y evaluación empleadas por los docentes. Así como de las dificultades de aprendizaje que se presentan en el contexto de enseñanza y las concepciones alternativas que manifiestan los estudiantes al abordar estos contenidos. Finalmente, todas las respuestas se registraron en formato Excel, para posteriormente ser categorizados, codifica los componentes y subcomponentes del PCK con el programa ATLAS ti.

En la Figura 23 se presenta un diagrama de la estructura general de las CoRe, en donde los tópicos centrales, se relacionan con los componentes del PCK, señalados por (Padilla y Van Driel,

2011), que son: 1) Orientación hacia la enseñanza de la ciencia (A); 2) Conocimiento del currículo de ciencias (B); 3) Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C); 4) Conocimiento de evaluación en ciencias (D) y 5) Conocimiento de estrategias instruccionales (E).



**Figura 23.** Estructura del CoRe.

Por consiguiente, el análisis de las CoRe's posibilita acceder al pensamiento docente a través de los cuatro ámbitos del conocimiento pedagógico de contenido, que son la base del sistema de conocimientos y las creencias de los docentes. Estos componentes son: comprender la materia del conocimiento disciplinar, comprender cómo se aprende el conocimiento psicopedagógico, comprender el conocimiento meta-disciplinar y comprender el contexto del conocimiento escolar. A continuación, se muestra con más detalle las características de los docentes estudiados y se explica cómo se realizó el análisis de las CoRes obtenidas.

### **3.3.2. Tratamiento de datos de las Matrices de Representación de Contenido (CoRe).**

Con toda la información recabada de las CoRes se realizó un proceso de categorización y codificación identificando los componentes y subcomponentes del PCK a partir de las respuestas de las matrices de representación de contenido (CoRe) para cada docente, este proceso fue útil para generar una descripción detallada de cada profesor acorde con la asignatura que imparte (biología o química), así como para trazar los primeros rasgos de un perfil docente de cada uno de ellos. De esta manera, en el presente estudio a través de los CoRe's, se analizará cada docente como un estudio de caso particular, para posteriormente hacer un análisis conjunto de todos ellos, divididos en dos grupos: profesores de química y de biología. Por consiguiente, la descripción de cada estudio de caso, se centrará en identificar en cada una de las respuestas de los cuestionarios los componentes y subcomponentes del PCK (Padilla y Van Driel, 2011), así como todas las características identificadas de cada caso individual, que se consideren importantes para responder las preguntas de investigación de las CoRe's. Los códigos basados en los componentes y subcomponentes del PCK mostrados en la tabla anterior describen las orientaciones del conocimiento y las creencias de los profesores sobre los propósitos y metas de enseñanza en un contexto de ciencias naturales.

Finalmente, el análisis de datos se realizó empleando el programa ATLAS. Ti Mac (9.0) y los resultados se presentan a través de diagramas Sankey. También se presentan gráficos de pastel (variación de componentes PCK en %) y nubes de palabras que se crearon como representaciones visuales con las palabras más frecuentemente expresadas por los docentes estudiados. A continuación, se explica con mayor detalle cómo se realizó el análisis deductivo utilizado y las características de diagramas Sankey.

### **3.3.3. Análisis deductivo de resultados realizado con ATLAS. Ti**

La herramienta utilizada para el análisis cualitativo fue el programa ATLAS.ti Mac (9.0) que es un software para el análisis de datos cualitativos que permitió el análisis de las respuestas abiertas a través de señalar: a) Términos clave que fueron los componentes y subcomponentes de PCK, b) Los tópicos centrales analizados. y c) Líneas de argumentación o ideas más recurrentes señaladas por los docentes estudiados. Los datos se analizaron a través de tablas código-documento y tablas código-coocurrencias creadas a partir de códigos categorizados (componentes y

subcomponentes del PCK), tópicos centrales y grupos de documento por cada estudio de caso analizado. Para los docentes de química se establecieron cinco grupos de documentos y para los docentes de biología también cinco grupos, todos contenidos en una sola unidad hermenéutica.

La investigación se desarrolló dentro de un enfoque cualitativo deductivo, los datos se tomaron de las respuestas vertidas por los docentes en las matrices de representación de contenido (CORES). El análisis de datos se realizó de forma deductiva con la mediación del software ATLAS. ti (versión 9.0) y constó de varias fases consecutivas: a) la preparación de los datos y la creación de un archivo de proyecto, b) la codificación de los datos, c) la utilización del software para clasificar y estructurar los datos, y d) el análisis de los datos con el objetivo de descubrir patrones y relaciones (Friese, 2022).

El razonamiento deductivo partió del análisis de lo más general a lo más específico. Se tomó como punto de partida una determinada teoría sobre el tema de interés. Por consiguiente, la teoría en la que se basó el presente estudio es el Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK). Posteriormente, se reduce la teoría mediante la formulación de hipótesis específicas. En última instancia, se prueban las hipótesis con datos específicos, al encontrar una confirmación (o no) de la teoría original. Para la codificación se utilizó la función de código libre para crear códigos basados en los conceptos que son de importancia para la teoría del PCK con la que trabajamos que fue los componentes y subcomponentes del PCK de acuerdo con Padilla y Van Driel, (2011). Posteriormente, estos códigos fueron analizados, a través de las herramientas código-documento y código-coocurrencias lo cual posibilitó la representación gráfica de los resultados con diagrama Sankey.

### **3.3.4. Presentación de resultados con diagramas Sankey**

Los resultados obtenidos de las CoRes se presentan a través de diagramas Sankey en donde el ancho de las líneas representa las frecuencias de los códigos analizados (componentes y subcomponentes de PCK), por grupo de documentos (docentes). Por consiguiente, en este trabajo se presenta la variación de los datos, dividiendo los diagramas en varias categorías, para lo cual se presentan bandas de distintos colores, un color para cada componente del PCK analizado de acuerdo con las categorías de Padilla y Van Driel, (2011).

Las bandas completan su conexión a través de puntos en común entre las categorías, conocidos como nodos, y estas conexiones son conocidas como vínculos. Por eso, el diagrama de Sankey es práctico si se quiere visualizar un mapeo diverso de datos entre dos o más categorías principales. En ese sentido, los diagramas Sankey presentados en este estudio nos muestran cómo se relaciona el perfil docente de cada profesor estudiado con la recurrencia o magnitud de cada uno de los componentes y subcomponentes del PCK presentes. También podemos observar en los diagramas que hay más o menos bandas, esto significa la magnitud de componentes y subcomponentes del PCK presentes en el discurso de cada docente estudiado. Por otra parte, también aparecen en los diagramas bandas que son más gruesas (con más volumen) con relación a otras con menos volumen, lo que significa que estos componentes y subcomponentes del PCK son más recurrentes y frecuentes que los otros. Finalmente, los diagramas Sankey de coocurrencias exploran las relaciones entre códigos y muestran las conexiones entre componentes y subcomponente del PCK.

### **3.3.5. Criterios de análisis para las Matrices de Representación de Contenido (CoRe).**

En esta etapa del estudio, se analizaron y codificaron las matrices de representación del contenido (CORE) para profesores de biología y química, es decir, estas CoRes fueron llenadas por 10 docentes activos y a partir de sus respuestas se procedió al análisis. A continuación, se presenta el análisis de resultados de los componentes y subcomponentes de PCK identificados en el estudio, de los cinco docentes (de cada disciplina), se presentarán los resultados de un estudio de caso para cada profesor de química (Qu1, Qu2, Qu3, Qu4 y Qu5) y cada docente de biología (Bi1, Bi2, Bi3, Bi4 y Bi5).

Por consiguiente, se analizaron de forma detallada las respuestas de los profesores vertidas en las matrices de representación de contenido (CoRe). En cada respuesta se señalaron los componentes y subcomponentes del PCK (Padilla y Van Driel, 2011), los cuales fueron etiquetados y categorizados, este análisis de resultados, esto posibilitó la representación gráfica de los elementos del PCK mayormente utilizados por cada profesor en lo individual y de forma grupal. Para lograr una mejor perspectiva de las similitudes y diferencias entre cada uno de ellos. En la Tabla 12, se presentan a detalle los componentes y subcomponente del PCK (Padilla y Van Driel, 2011).

**Tabla 12.** Componentes y subcomponentes del PCK (Padilla y Van Driel, 2011).

<b>Orientación hacia la enseñanza de la ciencias (A)</b>		
<b>Orientación</b>	<b>Código</b>	<b>Definición</b>
Proceso	<b>A1</b>	El maestro introduce a los estudiantes al proceso de pensamiento empleado por científicos.
Rigor académico	<b>A2</b>	Los estudiantes se enfrentan a problemas y actividades difíciles. Se hace uso del trabajo de laboratorio y las demostraciones para mostrar la relación entre conceptos y fenómenos.
Didáctica o Tradicional	<b>A3</b>	Profesor presenta información a través de una clase tradicional (exposición), discusión y preguntas dirigidas.
Cambio conceptual	<b>A4</b>	Los estudiantes son presionados para dar sus puntos de vista sobre el mundo, reflexionar y se consideran algunas adecuaciones de sus explicaciones. El docente facilita la discusión y propicia los debates necesarios para establecer el conocimiento como válido.
Actividades dirigidas	<b>A5</b>	Los estudiantes participan en actividades prácticas (manos a la obra) utilizadas para la verificación o descubrimiento.

<b>Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B)</b>		
<b>Orientación</b>	<b>Código</b>	<b>Definición</b>
B.I. Conocimiento de los docentes sobre las metas y objetivos del curso.	<b>B1</b>	Ideas de los docentes sobre los objetivos de los estudiantes para aprender el tema.
	<b>B2</b>	Metas, directrices y líneas guía a través de los temas (tópicos).
	<b>B3</b>	Conocimientos adquiridos por los alumnos en cursos previos o lo que los estudiantes deberían aprender en este o el próximo curso.
B. II. Conocimientos específicos de los docentes sobre los programas curriculares.	<b>B4</b>	Conocimientos del currículo y materiales relacionados al contenido que se enseña y otros relacionados con este.

<b>Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)</b>		
<b>Orientación</b>	<b>Código</b>	<b>Definición</b>
C. I. Conocimiento de los requerimientos del aprendizaje.	<b>C1</b>	Prerrequisitos, habilidades y destrezas para aprender ese concepto y las concepciones ese concepto y las concepciones alternativas relacionadas.
	<b>C2</b>	Variaciones en las visiones y aproximaciones de los estudiantes.
C. II. Conocimiento de las áreas de dificultad de los estudiantes.	<b>C3</b>	Conceptos científicos o tópicos de ciencia que los estudiantes encuentran difíciles de aprender (abstractos o que le falta alguna conexión o experiencia cotidiana) o que no son intuitivos.
C. III. Creencias sobre lo que estudiantes saben y no, o lo que deberían aprender.	<b>C4</b>	Creencias de los docentes relacionados al conocimiento que ellos asumen o creen que los estudiantes pueden o no poseer; o el conocimiento que los profesores piensan los estudiantes deberían aprender.

<b>Conocimiento de evaluación en Ciencias (D)</b>		
<b>Orientación</b>	<b>Código</b>	<b>Definición</b>

D. I. Conocimiento de las dimensiones del aprendizaje científico y su evaluación.	<b>D1</b>	Conocimiento de aquellos conceptos que son importantes de evaluar y aquellos que no son.
D.II. Conocimiento de las estrategias y métodos de evaluación.	<b>D2</b>	Qué tipo de estrategias son empleadas por los docentes para evaluar la comprensión de los estudiantes o aquellas ideas que no son tan acertadas.

<b>Conocimiento de estrategias instruccionales (E)</b>		
<b>Orientación</b>	<b>Código</b>	<b>Definición</b>
E. I. Conocimiento de las estrategias específicas para cualquier tópico.	<b>E1</b>	Estrategias que son más generales y podrían ser utilizadas para enseñar casi cualquier tópico (ejemplo: el ciclo de aprendizaje).
E. II. Conocimiento de estrategias específicas para un tópico.	<b>E2</b>	Representaciones específicas del tema (ejemplo: ilustraciones, ejemplos, modelos y analogías).
	<b>E3</b>	Actividades específicas del tópico (ejemplo: problemas, demostraciones, simulaciones o experimentos).

A continuación, se presentan los resultados obtenidos después de codificar los componentes y subcomponentes PCK (Padilla y Van Driel, 2011), los cuales fueron registrados desde el punto de vista del observador-analizador de las respuestas de las matrices de representación de contenido (CORE). Las variaciones de los componentes fueron registradas en gráficos para trazar un perfil inicial del pensamiento de los docentes sobre sostenibilidad.

### **3.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE MATRICES DE REPRESENTACIÓN DE CONTENIDO PARA DOCENTES DE QUÍMICA**

#### **3.4.1. Muestra Profesores de Química para aplicación de las Matrices de Representación de Contenido (CoRe).**

La muestra consistió en cinco profesores de química de diferentes instituciones de nivel medio superior de la Ciudad de México: tres profesores de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP), UNAM, uno del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), UNAM y otro del Colegio Madrid. Los docentes activos imparten diferentes asignaturas a nivel bachillerato: Química I, II, III y IV. Todos ellos tienen entre 7 y 32 años de experiencia docente. Algunos con maestría y otros con licenciatura (ver Tabla 12). Para preservar el anonimato de cada docente se usaron pseudónimos basados en una clasificación de letras y números, presentando a los participantes como profesor Qu1, Qu2, Qu3, Qu4 y Qu5, independientemente si se trata de profesor o profesora.

**Tabla 12.** Características de los docentes de química que respondieron las CoReS.

<b>Docentes de Química</b>	<b>Qu1</b>	<b>Qu2</b>	<b>Qu3</b>	<b>Qu4</b>	<b>Qu5</b>
Genero	Mujer	Mujer	Mujer	Mujer	Mujer
Grado Académico	Licenciatura	Maestría	Maestría	Maestría	Maestría
Nivel al que imparte cursos	Quinto grado	EMS	Bachillerato	Bachillerato	Bachillerato
Asignatura que imparte	Química III	Química III, Química IV, área 1 y 2	Química III y IV	Química I y II	Química I, II, III y IV
Edad	35	37	52	43	60
Experiencia Docente	13 años	7 años	28 años	17 años	32 años
Bachillerato de la CDMX	ENP	ENP	ENP	CCH	CM

### **3.4.2. Componentes y subcomponente del PCK identificados en los profesores de química.**

En esta etapa del estudio, las CoRes aplicadas a los profesores de química de bachillerato, tuvieron el objetivo de analizar el pensamiento docente, a partir de caracterizar los componentes y subcomponentes del PCK (Padilla y Van Driel, 2011), en torno a la enseñanza de la sostenibilidad con relación a los siguientes tópicos centrales: medio ambiente, recursos naturales, energía, cambio climático y contaminación. A continuación, se presentan los resultados obtenidos después de codificar los componentes y subcomponentes PCK para cada profesor de química (Qu1, Qu2, Qu3, Qu4 y Qu5).

El profesor Qu3 presenta un PCK más robusto respecto a los cinco docentes estudiados, para cada docente se presenta una gráfica de colores señalando la diversidad de los componentes y subcomponentes del PCK, posteriormente se presentarán resultados generales y comparativos de todos los profesores participantes de química.

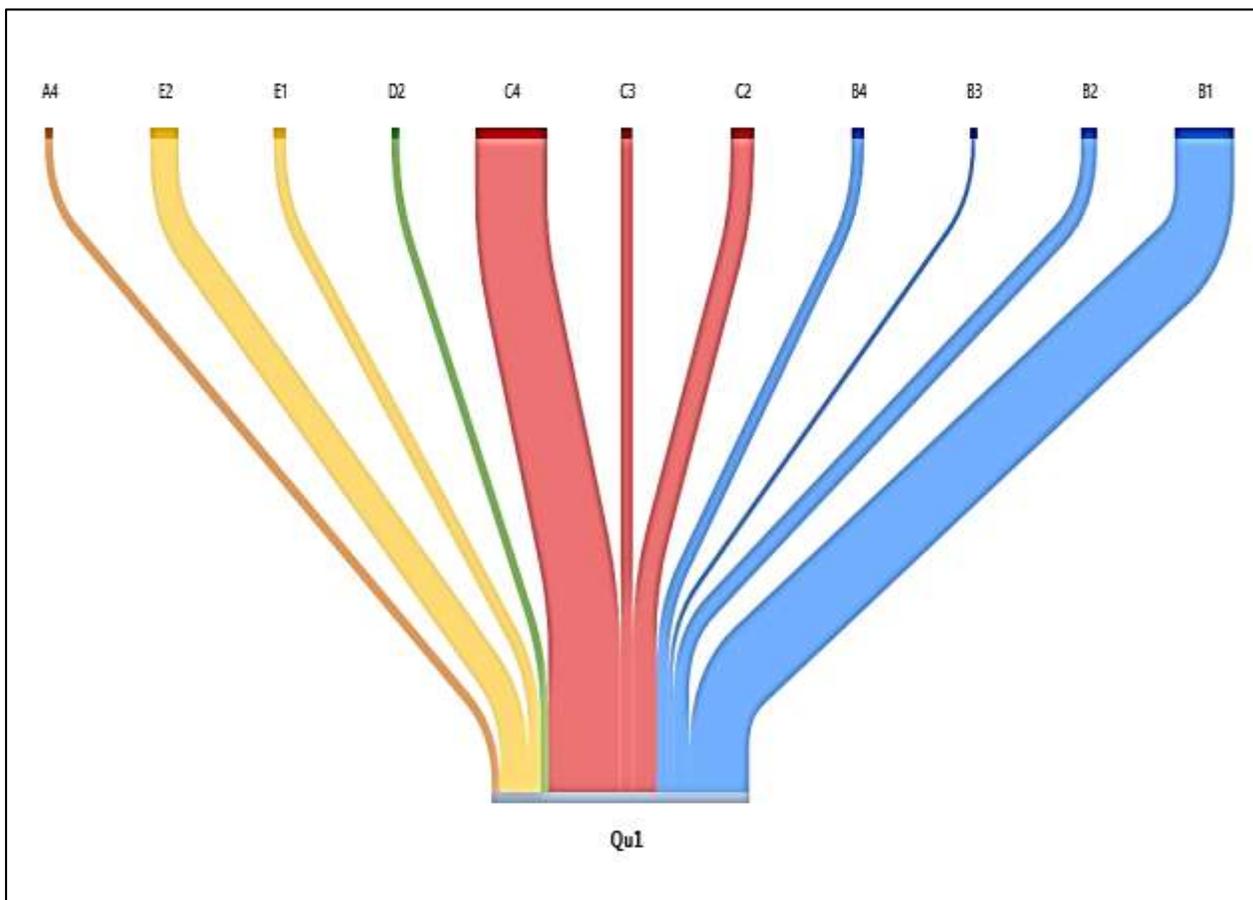
### **3.4.3. Componentes y subcomponentes del PCK profesor Qu1**

El docente Qu1 forma parte de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) de la UNAM, en donde imparte la asignatura de Química III a nivel bachillerato, tiene 13 años de experiencia docente y cuenta con estudios de licenciatura.

En el estudio de caso correspondiente al profesor Qu1, se analizaron los componentes y subcomponentes de PCK de las respuestas vertidas en la CORE resuelta por él. Los resultados obtenidos referentes al componente A del PCK que es “la orientación hacia la enseñanza (A)”, el docente Qu1 muestra un enfoque predominante hacia el cambio conceptual (A4), como se puede

ver en los siguientes comentarios: (a) *Por los resultados he conseguido que algunos alumnos que no estaban interesados en el tema volteen a verlo como algo real y en el cual se llegan a interesar(A4)* y (b) *Espero generar un cambio real en su comportamiento, un cambio que lleven a su casa y a su día a día (A4)*.

Respecto al conocimiento del currículo (B) predomina el sub-componente (B1), como se puede reconocer en los siguientes párrafos: (a) *En la actualidad he considerado más relevante el tema de sostenibilidad ya que se pueden ver los resultados más inmediatos en nuestro entorno (B1)*, (b) *Es importante identificar cuáles son los recursos que se obtienen exclusivamente de la naturaleza y cuidar su aprovechamiento para no terminar con ellos por completo (B1)* y (c) *Es necesario identificar las diferentes fuentes de energía y el daño que puede ocasionar su consumo para el medio ambiente (B1)*. Por lo anterior, se identifica que la mayoría de los temas enseñados prevalecen las ideas del docente sobre los contenidos y objetivos de enseñanza (ver Figura 24).



**Figura 24.** Diagrama Sankey sobre el perfil docente del profesor Qu1. Los componentes y subcomponentes del PCK se representan con líneas de los siguientes colores: A (naranja), B (azul), C (rojo), D (verde) y E (amarillo), el ancho de las líneas representa la frecuencia de los códigos. Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti

Referente al conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C), el profesor Qu1 menciona lo siguiente: (a) *En el medio ambiente se encuentran todos los recursos que los alumnos como ciudadanos pueden emplear para desarrollar su vida (C4)* y (b) *Generar conciencia que todas sus actividades producen desechos que afectan el entorno (C4)*. Es decir, prevalece mayoritariamente el subcomponente (C4) que se refiere a las creencias del docente relacionadas al conocimiento que los estudiantes pueden o no poseer; o el conocimiento que el docente piensa que los estudiantes deberían aprender (ver figura 24).

También hace referencia a algunos aspectos del subcomponente (C2) que tiene que ver con los conocimientos de los requerimientos del aprendizaje y con las variaciones en las visiones y aproximaciones de los estudiantes, como se observa en los siguientes comentarios: (a) *Que sean capaces de ver más alternativas para las fuentes de energía que empleamos en nuestra vida cotidiana (C2)* y (b) *Que sean capaces de ver más alternativas para las fuentes de energía que empleamos en nuestra vida cotidiana (C2)*. No emite ningún comentario referente a la evaluación (D).

Finalmente, respecto al conocimiento de las estrategias instruccionales (E), el docente presenta mayoritariamente el subcomponente (E2) como se observa en las siguientes frases: (a) *Lecturas de noticias actuales (E2)* y (b) *Considero elaboración de infografías(E2), videos(E2) y discusión de artículos (E2)*. Esto refiere que el docente Quim1 utiliza mayoritariamente estrategias específicas y representaciones para enseñar los tópicos centrales (figura 24).

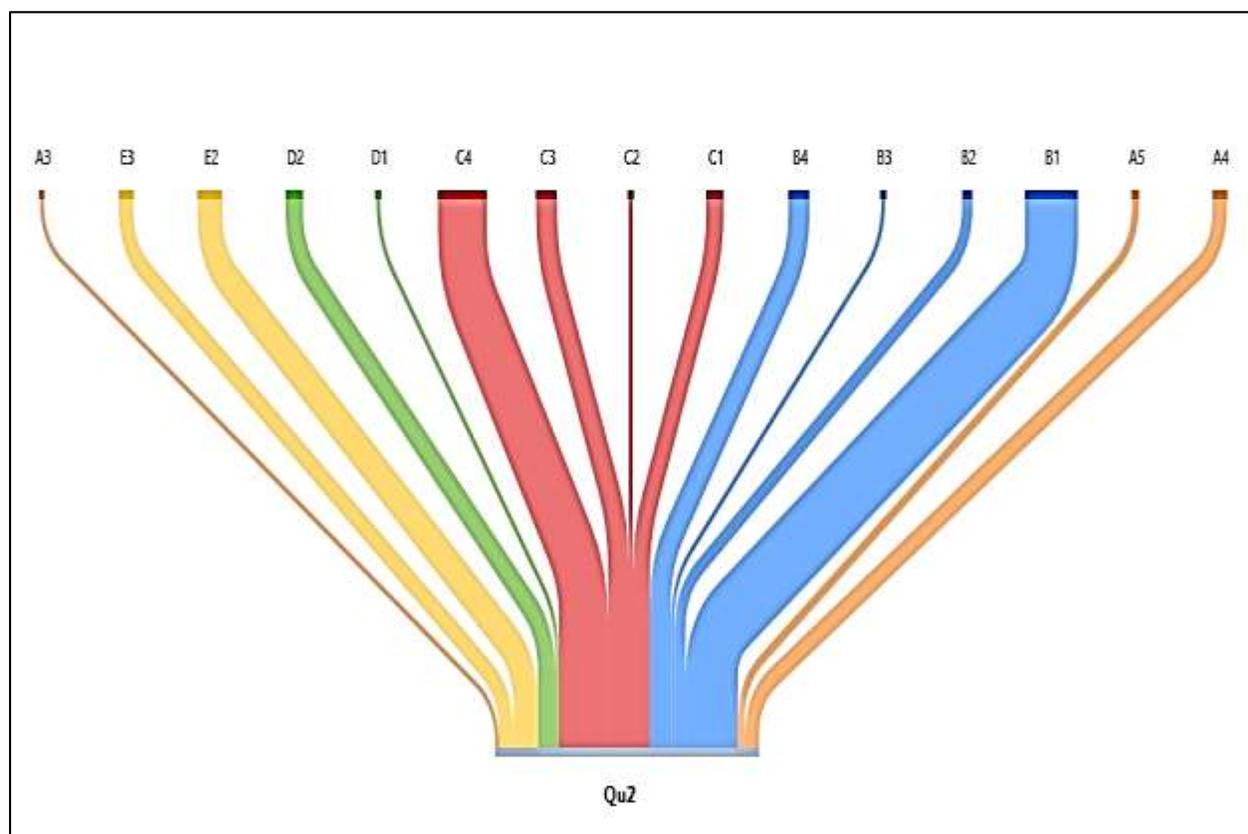
#### **3.4.4. Componentes y subcomponentes del PCK profesor Qu2.**

El docente Qu2 forma parte de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) de la UNAM, en donde imparte diferentes asignaturas a nivel bachillerato que son Química III y Química IV, tiene 7 años de experiencia docente y cuenta con estudios de maestría.

En el estudio de caso, correspondiente al profesor Qu2, se analizaron los componentes y subcomponentes de PCK de las respuestas vertidas en la CoRe resuelta por él. Los resultados obtenidos referentes al componente A del PCK que es “la orientación hacia la enseñanza (A)”, muestran que el profesor Qu2 presenta un enfoque predominante hacia el cambio conceptual (A4) y hacia el desarrollo de actividades dirigidas (A5), como se observa en los siguientes párrafos: (a) *Menciono de manera enfática la importancia de este concepto tratando de lograr un conciencia*

en los alumnos respecto a los productos que consumen (A4), (b) Explico la relación que hay entre la producción de lo que usan en su vida cotidiana (celular, zapatos de moda, los productos de importación) y el efecto de los GEI que se generan, así como su impacto en la temperatura del planeta (A4) y (c) Estos conceptos algunas veces suele ser complejo ya que cae dentro de los actitudinales (A5).

Respecto al conocimiento del currículo (B) en el discurso del profesor predomina el subcomponente (B1), como se puede reconocer en los siguientes párrafos: (a) *Necesita formarse un criterio que le permita tomar decisiones adecuadas que tengan el menor impacto negativo en el ambiente y que pueda contribuir a regenerar aquellos recursos que son renovables (B1)* y (b) *Que en función de nuestra participación en el lugar donde nos desarrollamos el ambiente puede agotar su ecosistema natural (B1)*. Por consiguiente, refleja que en la mayoría de los temas enseñados por el docente Qu2, prevalecen las ideas del docente sobre los contenidos y objetivos de enseñanza (ver Figura 25).



**Figura 25.** Diagrama Sankey sobre el perfil docente del profesor Qu2. Los componentes y subcomponentes del PCK se representan con líneas de los siguientes colores: A (naranja), B (azul), C (rojo), D (verde) y E (amarillo), el ancho de las líneas representa la frecuencia de los códigos. Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

Referente al conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C) el profesor Qu2 menciona lo siguiente: (a) *Los alumnos comprende que la contaminación está directamente relacionada con el uso desmedido de algunos recursos (C4)* y (b) *que la actividad humana es el mayor impacto en el cambio climático (C4)*. Es decir, en el docente Qu2 prevalece mayoritariamente el sub-componente (C4) que se refiere a las creencias del docente relacionadas al conocimiento que los estudiantes pueden o no poseer; o el conocimiento que el docente piensa que los estudiantes deberían aprender. Con relación al conocimiento de la evaluación (D) se presenta mayoritariamente el subcomponente (D2) como se puede ver en la siguiente respuesta: (a) *para ello suelo usar algunos cuestionarios que permitan evaluar lo que normalmente hacen (D2)* y (b) *Cuestionarios que reflejen el consumo de artículos de lujo y algunos de primera necesidad (D2)*, esto nos muestra el tipo de estrategia de evaluación que el docente emplea (Figura 25).

Finalmente, referente a conocimiento de las estrategias instruccionales (E), el docente comenta mayoritariamente el subcomponente (E2) como se observa en las siguientes frases: (1) *Recursos digitales como fotografías de algunos escenarios actuales y algunos pasados para revisar el contraste entre estos (E2)* y (b) *Cálculo de la huella ecológica (E2)*. También sobresalen algunos elementos del subcomponente E3 como *el uso de simuladores y demostraciones*. Esto refiere que el docente Qu2 utiliza mayoritariamente estrategias y representaciones específicas para enseñar los tópicos (ver Figura 25).

### **3.4.5. Componentes y subcomponentes del PCK profesor Qu3.**

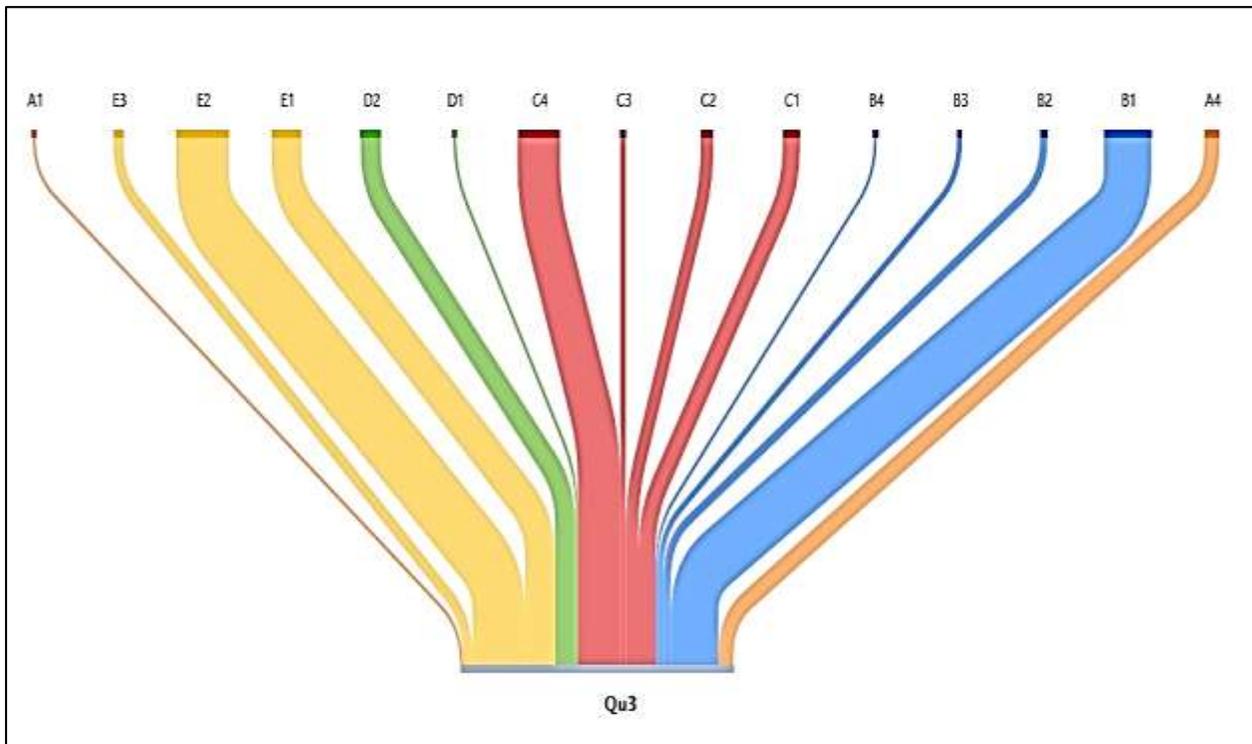
El docente Qu3 forma parte de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) de la UNAM, en donde imparte diferentes asignaturas a nivel bachillerato que son Química III y Química IV, tiene 28 años de experiencia docente y cuenta con estudios de maestría.

En el estudio de caso, correspondiente al profesor Qu3, los resultados obtenidos referentes a la orientación hacia la enseñanza (A), muestran que el docente expone que posee un enfoque predominante hacia el cambio conceptual (A1 y A4) como se observa en la siguiente respuesta: (a) *Es muy importante, debe ser parte de la cultura científica de todos los ciudadanos, de esa manera tenemos esperanza de mitigar los problemas ambientales y que se den cuenta que son problemas reales y medibles, les pido que piensen que son parte de un equipo que debe dar soluciones (A4)*.

Respecto al conocimiento del currículo (B) en el discurso del profesor Qu3 predomina el sub-componente (B1), como se puede reconocer en los siguientes párrafos: (1) *Si no somos*

sostenibles hay daños ambientales severos (B1) y (2) La sostenibilidad ayuda a tener patrones de consumo más racionales, por lo que demandamos menos mercancías y energía mitigando el cambio climático (B1), por consiguiente, refleja que en la mayoría de los temas enseñados por el docente Qu3, prevalecen las ideas del profesor sobre los contenidos y objetivos de enseñanza (ver Figura 26).

Referente al conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C) el profesor Qu3 percibe lo siguiente: *Si no somos conscientes de que el medio ambiente nos permite vivir ya que proporciona agua, aire y suelo para la subsistencia, acabaremos con él y ponemos en peligro nuestra sobrevivencia personal y como especie (C4)*. Es decir, prevalece mayoritariamente el subcomponente (C4) que se refiere a las creencias del docente relacionadas al conocimiento que los estudiantes pueden o no poseer; o el conocimiento que el docente piensa que los estudiantes deberían aprender. Con relación al conocimiento de la evaluación (D) se presenta mayoritariamente el subcomponente (D2) como se puede ver en la siguiente respuesta: *He usado estudios de casos (D2), elaboran carteles (D2), he aplicado cuestionarios de opción múltiple (D2) y portafolios (D2)*. Estos resultados muestran el tipo de estrategia de evaluación que el docente mayormente emplea (ver figura 26).



**Figura 26.** Diagrama Sankey sobre el perfil docente del profesor Qu3. Los componentes y subcomponentes del PCK se representan con líneas de los siguientes colores: A (naranja), B (café), C (rojo), D (verde) y E (amarillo), el ancho de las líneas representa la frecuencia de los códigos. Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

Finalmente, referente a conocimiento de las estrategias instruccionales (E), el docente Qu3 presenta mayoritariamente el subcomponente (E2), como se puede observar en la siguiente respuesta a la pregunta (¿qué procedimientos empleas para que los estudiantes se comprometan con el concepto?): (1) *Analogías (E2), ejemplos (E2), lecturas (E2), discusiones (E2), investigaciones de campo (E2), casos (E2), prácticas de laboratorio (E3), simuladores (E3)*. Las estrategias mencionadas implican que el docente Qu3 emplea mayoritariamente estrategias específicas y representaciones para enseñar los tópicos seleccionados, incluso también emplea subcomponentes (E3) al proponer actividades experimentales y simuladores (Figura 26).

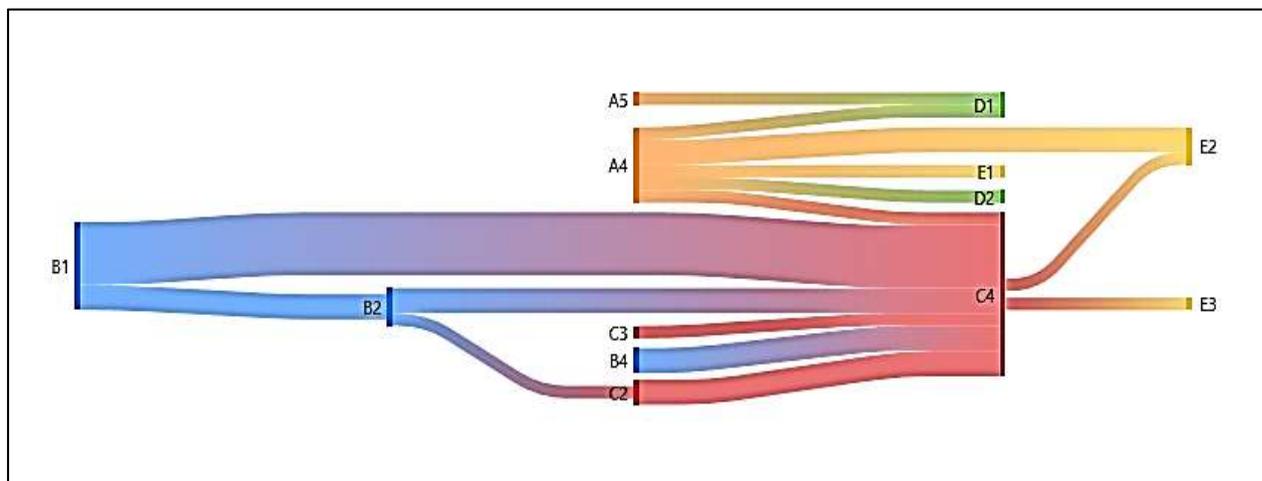
En la figura 26, se puede observar la variación de componentes y subcomponentes del PCK del docente Qu3. Se muestra, a través de un diagrama de Sankey, que son tres los componentes más dominantes en el perfil docente de este profesor, sus propias ideas sobre el porqué los estudiantes aprenden este tema (B1), lo que ellos creen que los estudiantes deberían o no saber o aprender (C4), y el tipo de estrategias de enseñanza específicas de la disciplina utilizadas para hacer comprensible el tema (E2). Es decir, que muchas de sus decisiones están basadas en sus propias creencias, sobre cómo y para qué aprenden los estudiantes el tema de sostenibilidad.

En la figura 26, se puede observar la variación de componentes y subcomponentes del PCK del docente Qu3. Se muestra, a través de un diagrama de Sankey, que son tres los componentes más dominantes en el perfil docente de este profesor, sus propias ideas sobre el porqué los estudiantes aprenden este tema (B1), lo que ellos creen que los estudiantes deberían o no saber o aprender (C4), y el tipo de estrategias de enseñanza específicas de la disciplina utilizadas para hacer comprensible el tema (E2). Es decir, que muchas de sus decisiones están basadas en sus propias creencias, sobre cómo y para qué aprenden los estudiantes el tema de sostenibilidad.

Finalmente, en la figura 27, son mostradas las relaciones entre los componentes del PCK más frecuentemente mencionados por Qu3 (co-ocurrencias).

Como podemos ver, componente B1 está fuertemente relacionado con C4, pero al mismo tiempo está relacionado con C4 a B2. Estas relaciones muestran que las ideas de este maestro sobre los objetivos de los estudiantes para aprender el tema están fuertemente relacionadas con sus propias creencias acerca de lo que los estudiantes deben o no debe aprender. A su vez estas ideas (B1) tienen relación con las metas de los docentes y directrices sobre el tema, que está relacionado con C4 y A4 (enfoque para cambio conceptual). En esta figura, es más fácil visualizar cómo se dan las interrelaciones entre los subcomponentes del PCK. Y con ello, podemos entender que las

correlaciones pueden ser más complicados que el análisis de una sola relación. Por ejemplo, en la Figura 28 se muestra de forma clara la relación B1/B2/C4/A4, pero otra co-ocurrencia podría ser B1/B2/C2/A4 o uno tan simple como B1/C4. Por lo tanto, este tipo de análisis nos permite obtener una mejor comprensión de esas relaciones complejas que están presentes en el PCK de los docentes.



**Figura 28.** Diagrama de Sankey donde se presentan las interrelaciones (co-ocurrencias) entre los subcomponentes mostrados por Qu3. Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

### 3.4.6. Componentes y subcomponentes del PCK profesor Qu4.

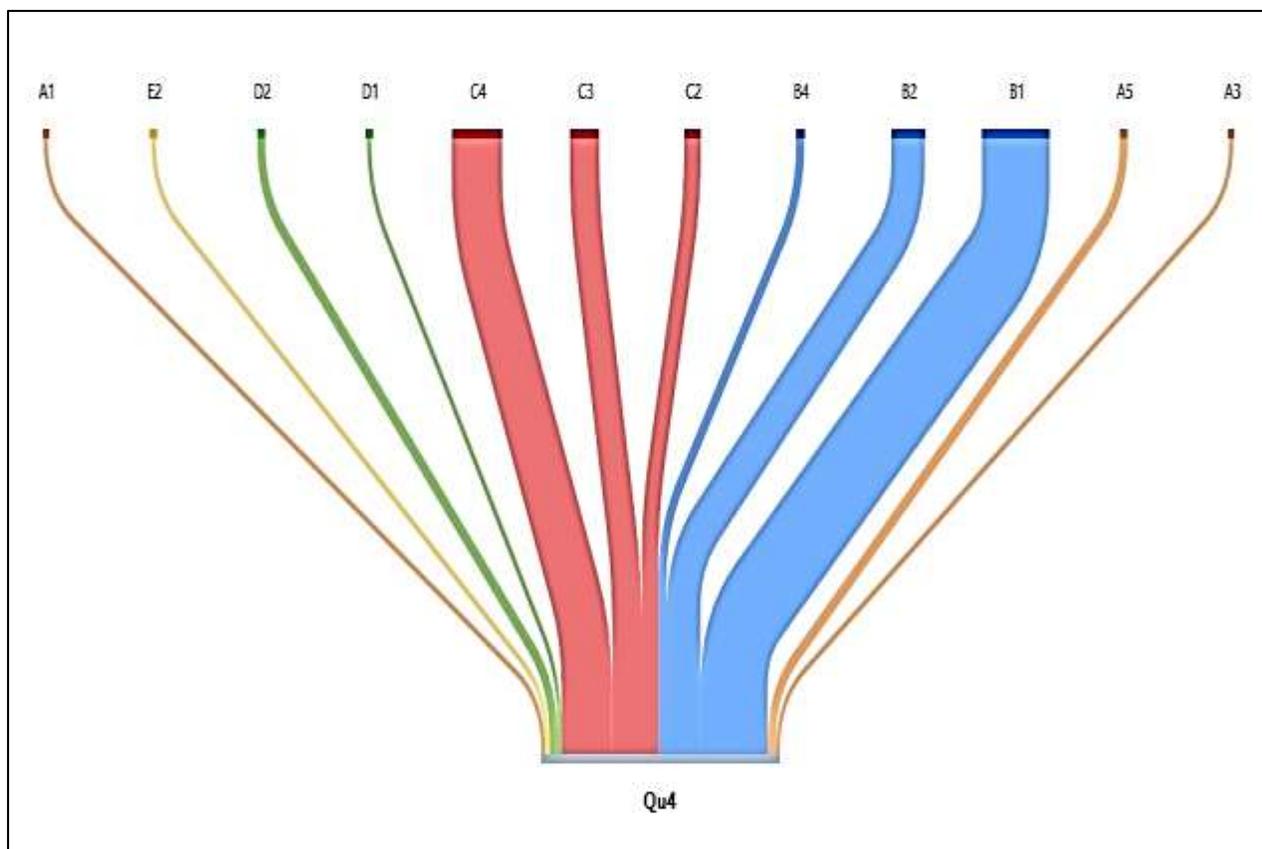
El docente Qu4 forma parte del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM, en donde imparte diferentes asignaturas a nivel bachillerato que son Química I y II, tiene 17 años de experiencia docente y cuenta con estudios de maestría.

En el estudio de caso correspondiente al profesor Qu4, los resultados obtenidos con relación a la orientación hacia la enseñanza (A), muestran que el docente Qu4 indican un enfoque predominante tradicional (A3) como se observa en la siguiente respuesta: (a) *En los Programa de química 1 y 2 del CCH, hay algunos aprendizajes asociados a los contextos del agua, aire y suelo (B4), pero no se abordan desde una perspectiva de sostenibilidad, aunque se plantean aprendizajes encaminados a valorarlos y a cuidarlos ; lamentablemente en el Colegio ocurren dos visiones de enseñanza, los que nos enfocamos más a los aspectos disciplinarios sin perder de vista los contextos y de vez en cuando destacar la importancia de esos recursos y que además el tiempo no nos permite abundar en ello (A3); y los que se enfocan a enseñar el contexto y olvidan la parte disciplinaria. De acuerdo a lo anterior, declaro que le doy mediana importancia al tema si considero que le asigno una mayor a la disciplina (A3).*

Respecto al conocimiento del currículo (B) en el discurso del profesor Qu4 predomina el sub-componente (B1), como se puede reconocer en los siguientes párrafos: (a) *Se deben buscar mecanismos que nos permitan hacer uso de ellos, pero al mismo tiempo que podamos garantizar que sigan existiendo en calidad y cantidad para los que siguen (B1)* y (b) *Creo que este tema puede ser el más polémico y dónde hay más retos, creo que el debate se centra entre el uso de combustibles fósiles y la energía nuclear vs otras formas para obtener energía que a veces resultan con otro impacto negativo; entonces habría que valorar costos beneficios para cada uno (B1).*

También se presentan algunos subcomponentes (B4) como: *los Programa del CCH, los aprendizajes asociados al concepto, ojo, sin que éste se encuentre en los documentos, siempre se dejan al final de cada unidad, entonces, el tiempo también nos limita, porque generalmente los profesores (muchos) dejamos de lado esos aprendizajes fuera de las clases.* Por consiguiente, refleja que en la mayoría de los temas enseñados por el docente Qu4, prevalecen las ideas del profesor sobre los contenidos y objetivos de enseñanza (B1), así como los conocimientos del currículo y materiales relacionados al contenido que se enseña (B4).

Referente al conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C) el profesor C4 percibe lo siguiente: (a) *Que los alumnos y quizá muchos seres humanos no hemos tocado fondo sobre la necesidad de actuar en aras de cuidar los recursos naturales, los ecosistemas, las fuentes de energía con las que contamos; pues aunque en la escuela siempre nos hablan de cuidarlo porque se acaban, en los hechos, los alumnos los siguen viendo porque también el deterioro ha sido lento, entonces las comparaciones por ejemplo de una foto de los años 50 de la CU comparada con lo que vemos hoy, para ellos en lugar de ser un medio para hacer conciencia de lo que había antes; ellos piensan que lo moderno es mejor porque hay rutas de transporte bien trazadas, transporte, centros comerciales, en fin, para ellos la modernidad es mejor que ver una reserva (REPSA) cada vez disminuida. Y pueden manifestar que lamentan mucho que los tlacuaches de CU mueren aplastados por los autos, pero en breve se olvidan del asunto y siguen con su vida (C4).* Es decir, prevalece mayoritariamente el sub-componente (C4) que se refiere a las creencias del docente relacionadas al conocimiento que los estudiantes pueden o no poseer; o el conocimiento que el docente piensa que los estudiantes deberían aprender (Figura 28).



**Figura 28.** Diagrama Sankey sobre el perfil docente del profesor Qu4. Los componentes y subcomponentes del PCK se representan con líneas de los siguientes colores: A (naranja), B (azul), C (rojo), D (verde) y E (amarillo), el ancho de las líneas representa la frecuencia de los códigos. Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

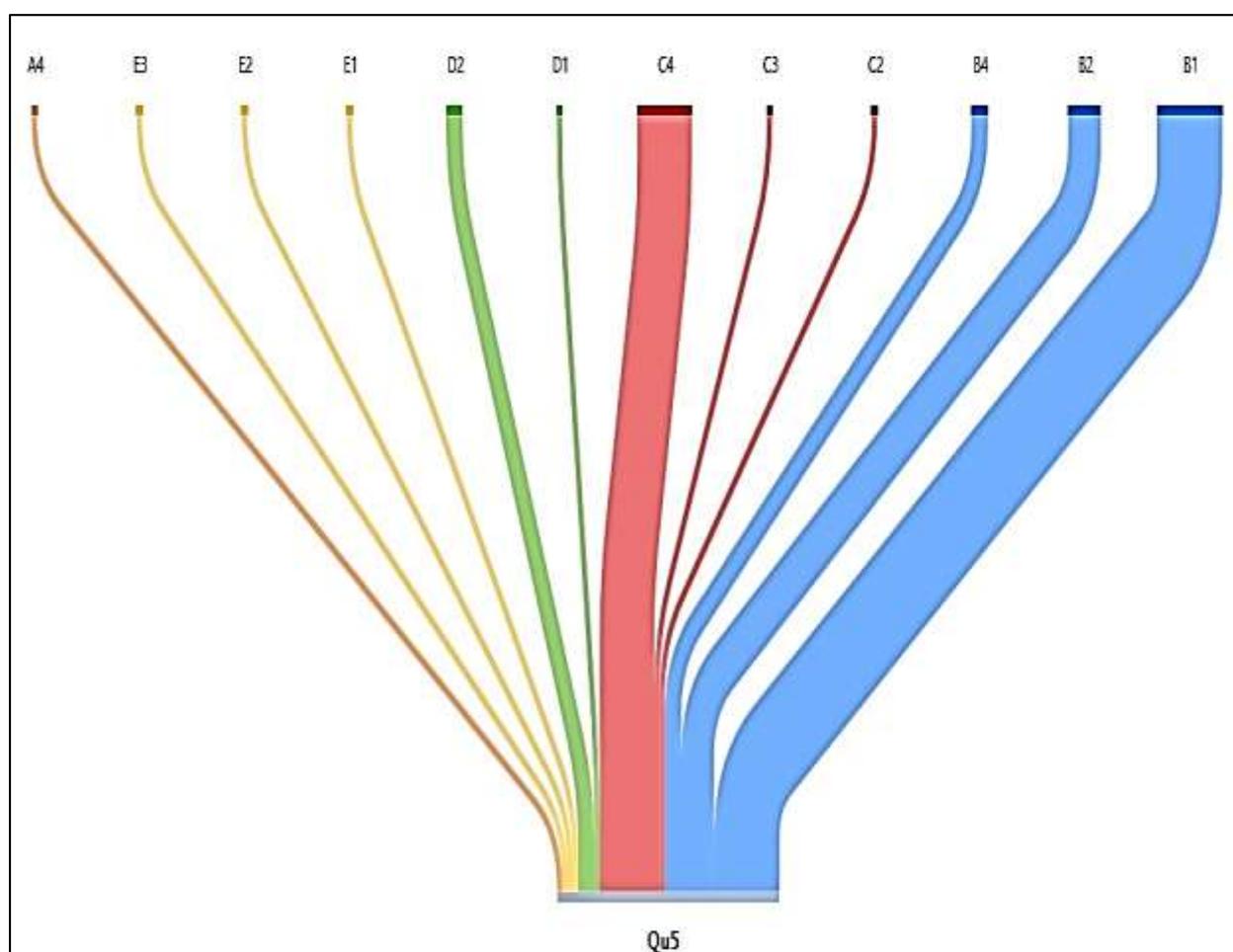
Con relación al conocimiento de la evaluación (D), el docente Qu4 presenta mayoritariamente el subcomponente (D2) como se puede ver en la siguiente respuesta: (a) *Ninguna, justo porque la mayor parte de las veces, por falta de tiempo, no llego a esos aprendizajes. Quizá durante las clases cuando expreso estos tópicos, escucho sus participaciones (D2), lo interesante es que siempre expresan preocupación, compromisos, respeto; pero en los hechos, valdría la pena valorar qué tanto de lo que expresan lo llevan a la práctica.* Estos resultados muestran el tipo de estrategia de evaluación que el docente emplea es la participación de sus estudiantes en clase (ver Figura 28).

Finalmente, referente a conocimiento de las estrategias instruccionales (E), el docente Qu4 presenta mayoritariamente el subcomponente (E2), como se puede observar en la siguiente frase: (a) *Rara vez le he dedicado un tiempo específico al tema; más bien es anecdótico entre clases, usando ejemplos reales (E2): Chernóbil, Fukushima, Minamata, pozo Ixtoc, pasta de conchos,*

*silicosis, saturnismo, contaminación de suelos, etc. Como podrás darte cuenta me enfoco incluso más a tópicos negativos sobre desastres asociados a la actividad humana (E2). Las estrategias mencionadas implican que el docente utiliza son mayoritariamente estrategias específicas y ejemplos de problemáticas ambientales reales para enseñar los tópicos seleccionados (Figura 28).*

### 3.4.7. Componentes y subcomponentes del PCK profesor Qu5.

El docente Qu5 forma parte del Colegio Madrid, en donde imparte diferentes asignaturas a nivel bachillerato que son Química I, II, III y IV, tiene 32 años de experiencia docente y cuenta con estudios de maestría.



**Figura 30.** Diagrama Sankey sobre el perfil docente del profesor Qu5. Los componentes y subcomponentes del PCK se representan con líneas de los siguientes colores: A (naranja), B (azul), C (rojo), D (verde) y E (amarillo), el ancho de las líneas representa la frecuencia de los códigos. Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

En el estudio de caso correspondiente al profesor Qu5, se analizaron los componente y subcomponentes de PCK de las respuestas vertidas en la CORE resuelta por él. Los resultados obtenidos con relación a la orientación hacia la enseñanza (A), muestran un enfoque del docente Qu5 predominante hacia el cambio conceptual (A4), como se puede observar en los siguientes comentarios: (a) *La metacognición es la vía más confiable para que se alcance esta reflexión, la mayoría de los estudiantes pueden establecer un cambio actitudinal antes y después del conocimiento de los temas (Minería, por ejemplo, es una de las que más les impactan (A4).*

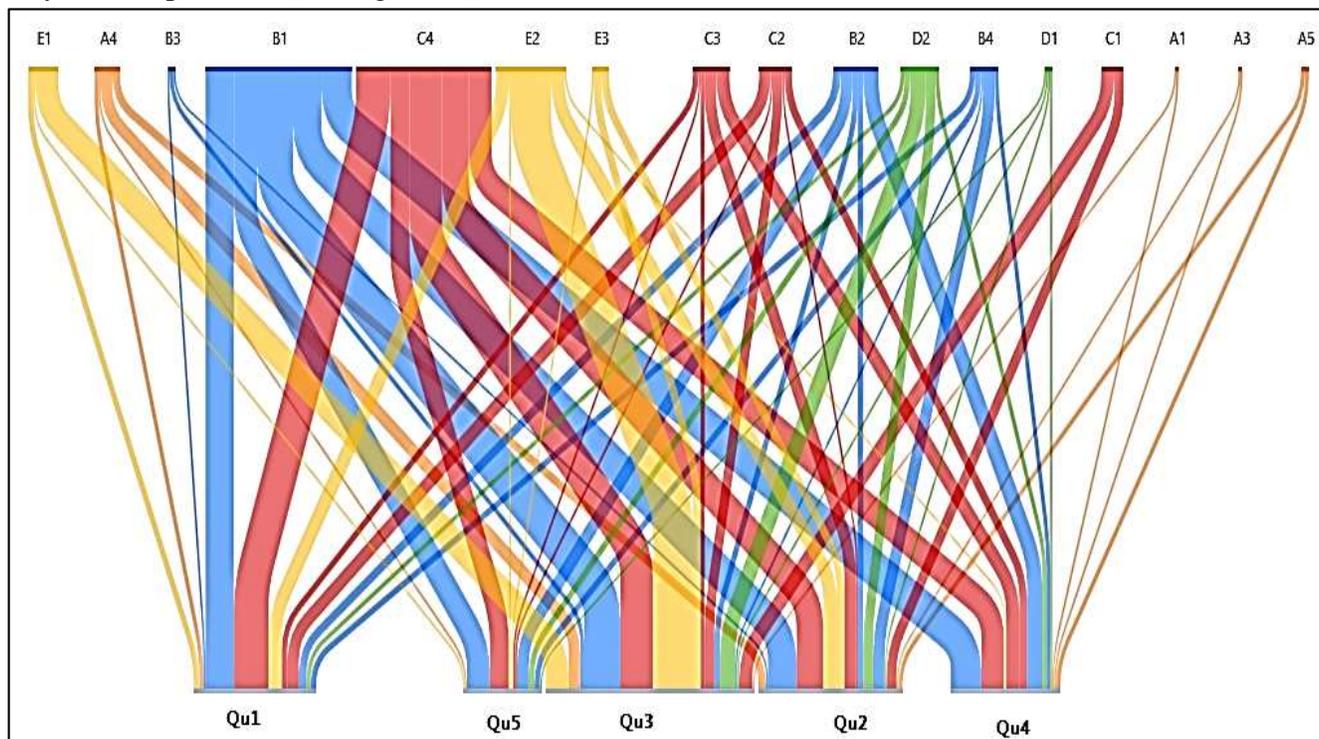
Respecto al conocimiento del currículo (B) predomina el sub-componente (B1), como se puede reconocer en los siguientes párrafos: (a) *Se refiere específicamente al uso sostenible de recursos por cada generación, sin poner en riesgo la disponibilidad de los mismos (o buscando alternativas de reciclaje o reemplazo) para las nuevas generaciones y (b) Que el cuidado del medio ambiente es responsabilidad de todos, todos los días de nuestra vida (B1).* Por lo anterior, se identifica que la mayoría de los temas enseñados prevalecen las ideas del docente sobre los contenidos y objetivos de enseñanza (ver Figura 29).

Referente al conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C), el profesor Qu5 menciona lo siguiente: *El abuso y eventual desaparición de un recurso natural no renovable como los minerales o el petróleo pueden amenazar la sostenibilidad por falta de desarrollo en áreas estratégicas como industria, salud, comercio, tecnología, etc. (C4).* Es decir, prevalece mayoritariamente el subcomponente (C4) que se refiere a las creencias del docente relacionadas al conocimiento que los estudiantes pueden o no poseer; o el conocimiento que el docente piensa que los estudiantes deberían aprender. Referente a la evaluación (D), prevalece el subcomponente D2, un ejemplo es: *Los ensayos finales y otras evidencias reflexivas tal vez contengan hasta cierto punto esta reflexión, pero no me he detenido a identificarlo (D2).*

Finalmente, respecto al conocimiento de las estrategias instruccionales (E), el docente comenta mayoritariamente el subcomponente (E2 y E3) como se observa en las siguientes frases: (a) *los procedimientos se enfocan en la elaboración de modelos (E2), (b) trabajos experimentales de bajo impacto ambiental (E2) y demostraciones (videos o presenciales) cuando este recurso es el idóneo por seguridad y costo (E3).* Esto refiere que el docente Qu5 utiliza mayoritariamente estrategias específicas y representaciones para enseñar los tópicos centrales (Figura 29).

### 3.4.8. Variación de Componentes PCK utilizados por todos los profesores de química: *cPCK*

Cuando analizamos todas las respuestas dadas por los profesores de química, es posible notar que tienen un perfil de enseñanza muy similar, pero diferentes frecuencias de componentes y subcomponentes (ver Figura 30).



**Figura 30.** Diagrama Sankey de perfiles docentes que sobre sostenibilidad poseen los profesores de química. Los componentes y subcomponentes del PCK se representan con líneas de los siguientes colores: A (naranja), B (azul), C (rojo), D (verde) y E (amarillo), el ancho de las líneas representa la frecuencia de los códigos con relación a los docentes de química. Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

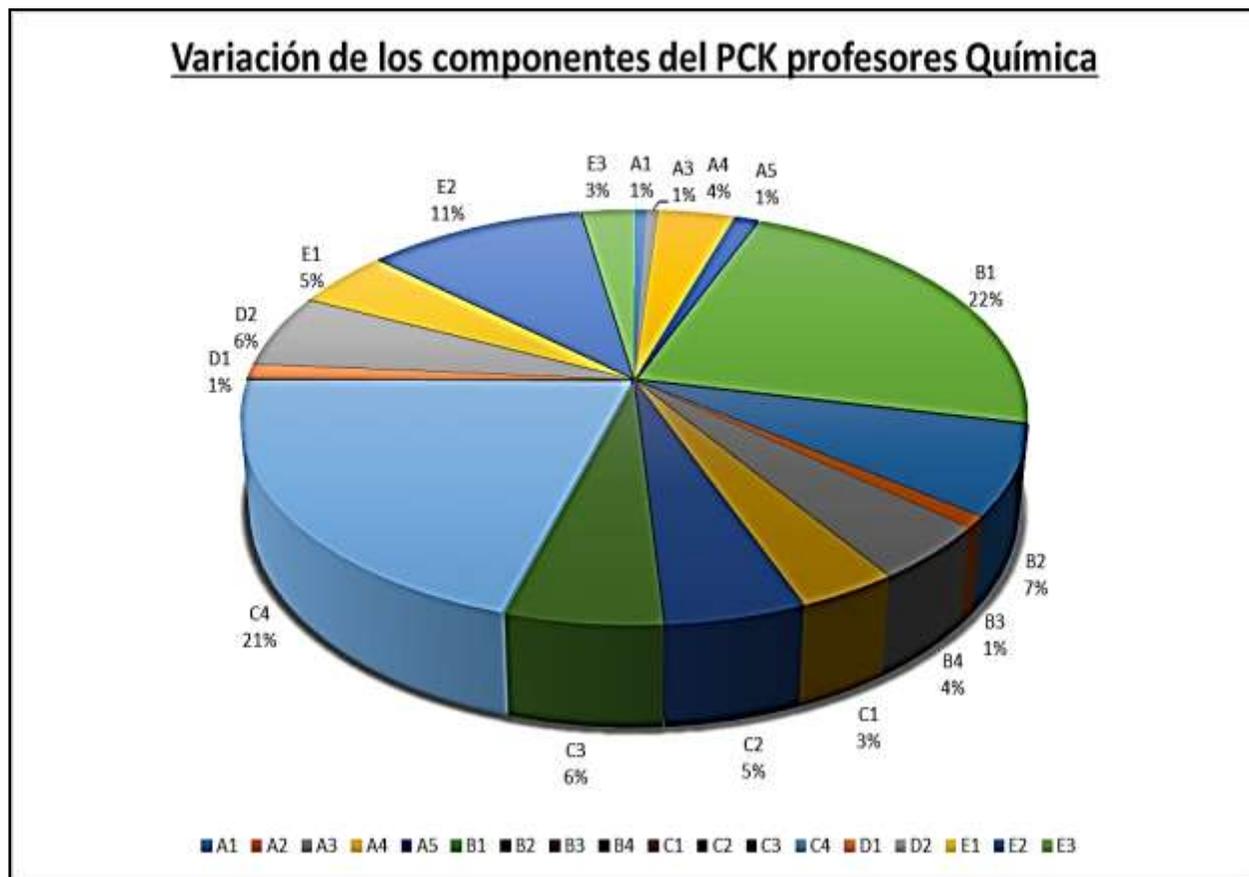
En la figura 30 se muestran las relaciones entre los perfiles docentes obtenidos al analizar y codificar los componentes y subcomponentes del PCK en las matrices de representación de contenido de los profesores de química estudiados Qu1, Qu2, Qu3, Qu4 y Qu5. En donde podemos enfatizar que los componentes y subcomponentes del PCK más frecuentes son C4, B1 y E2.

Es decir, al igual que el caso del docente Qu3, las creencias personales son las que permean en la enseñanza de la sostenibilidad. Es importante señalar cómo varían los perfiles docentes, por ejemplo, el docente Qu3 muestra un perfil más robusto que el docente Qu5 y esto es bastante visible en el diagrama de Sankey, ya que muestra una mayor variedad de subcomponentes en su PCK, e incluso más gruesos, lo que indica que se presentaron en mayor medida en su CORE. A diferencia del profesor Qu5, en donde se evidencia en menor grosor en el origen de su perfil, e incluso una ramificación menor en los subcomponentes utilizados.

### 3.4.8.1. Porcentajes globales de componentes y subcomponentes del PCK: perfil colectivo de los docentes de química.

En la Figura 31 se muestran los porcentajes globales que, en general, presentaron todos los docentes de química, lo que permite perfilar un PCK colectivo (Carlson y Daehler, 2019), que en términos generales es muy similar a los PCK personales.

Es importante notar, que en general, los componentes que tienen un mayor porcentaje de presencia en el perfil colectivo son B (conocimiento de los docentes sobre los objetivos, metas y programas curriculares) y C (conocimiento sobre cómo aprenden los estudiantes y cuáles son sus requerimientos y dificultades), estos componentes representan casi el 70% del conocimiento de los docentes, a pesar de que el modelo de Magnusson et al. (1999) propone que es el enfoque el que predetermina el resto del conocimiento del docente, en este caso parece que son estos otros conocimientos los que definen el resto. Incluso los enfoques seleccionados, que casi no aparecen en las respuestas, de hecho, este conocimiento es sólo el 6% del perfil colectivo, lo que nos hace pensar que los docentes o son muy tradicionales en su práctica docente o tienen muy poca formación en la didáctica de las ciencias o ciencias de la sostenibilidad (ver Figura 31).



**Figura 31.** Variación de componentes PCK utilizados por profesores de química (porcentajes).

El siguiente componente con mayor porcentaje es el E (conocimiento de estrategias instruccionales) con un 19%, lo que también nos llama la atención, porque dichas estrategias no están definidas por el enfoque, sino por los conocimientos y creencias de los docentes sobre el currículo y sobre cómo aprenden los estudiantes (ver figura 31).

Finalmente, el componente que también aparece en menor proporción (7%) es el D, consideramos que es uno de los componentes más importantes debido a que es el conocimiento de las estrategias y métodos de evaluación, lo que no significa que no sea importante para los docentes estudiados, simplemente se enfocan más en señalar métodos sin mencionar la reflexión implícita en el proceso de la evaluación (ver figura 31).

A continuación, se discutirán los subcomponentes que más porcentaje de aparición presentan en el PCK colectivo.

Orientación hacia la enseñanza de las ciencias (A4, 4%). Se refiere a cambio conceptual, por ejemplo: *Espero generar un cambio real en su comportamiento, un cambio que lleven a su casa y a su día a día* (Qu1) Este componente relacionado con el enfoque utilizado por los docentes, ya que reconocen a la sostenibilidad como parte de su cultura científica y la consideren útil en el contexto de enseñanza para lograr un cambio real de hábitos en los estudiantes, generar conciencia, reflexionar sobre las problemáticas ambientales en su vida cotidiana y plantear posibles soluciones.

Conocimiento del currículo científico (B1, 22%). Conocimiento de los docentes sobre las metas y objetivos del curso. En el discurso de los profesores predomina el sub-componente (B1). Por consiguiente, en la mayoría de los tópicos enseñados, prevalecen sus ideas, sobre los contenidos y objetivos de enseñanza respecto a la sostenibilidad y los tópicos centrales analizados. Por ejemplo, para señalar la importancia de la sostenibilidad los docentes señalan: *Se refiere específicamente al uso sostenible de recursos por cada generación, sin poner en riesgo la disponibilidad de los mismos (o buscando alternativas de reciclaje o reemplazo) para las nuevas generaciones* (Qu5); *Menciono de manera enfática la importancia de este concepto tratando de lograr una conciencia* (Qu2); *coincidiendo con el Acuerdo de Paris y los ODS* (Qu5). Respecto al cambio climático el docente Qu4 menciona: *Primero para hacerlos conscientes de que la actividad humana también provoca problemáticas como el cambio climático, el uso de energía (quema de combustible, radiación), contaminación, y que debemos cuidar los recursos naturales y el medio ambiente.*

Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C4, 21%). Se refiere a las creencias del docente relacionadas al conocimiento que los estudiantes (pueden o no poseer); o los conocimientos que el docente piensa que los estudiantes deberían aprender como: cuidado del ambiente, manejo adecuado de los recursos naturales y la Por ejemplo, para abordar cambio climático el docente Qu1 menciona: *Todas las acciones que realicemos pueden generar un impacto al clima, por lo que tomar conciencia desde las pequeñas actividades hasta las más complejas es importante para los alumnos.* Referente a comprender las causas de contaminación el docente Qu2, dice: *Los alumnos comprende que la contaminación está directamente relacionada con el uso desmedido de algunos recursos.*

Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C3, 6%). Conocimiento de las áreas de dificultad de los estudiantes. Al respecto los docentes mencionan dificultades asociadas a la falta de interés real, ya que los estudiantes hablan de cuidar el ambiente y la sostenibilidad, pero no hay un compromiso real para hacerlo, lo consideran una moda. También destaca (C3) cuando los docentes expresan las limitaciones conectadas al aprendizaje de los tópicos centrales, por ejemplo, el docente (Qu1) es: *su realidad inmediata, todos viven en condiciones variadas que los hacen ver la problemática en diferentes grados de complejidad y daño.*

Conocimiento de evaluación en ciencias (D2, 6%). Conocimiento de las estrategias y métodos de evaluación. Referente a las estrategias de evaluación se mencionan los instrumentos de evaluación que emplean (con más regularidad) los docentes, que son: estudios de caso, cuestionarios, elaboración de carteles, portafolios y participación de los estudiantes. Por ejemplo, el profesor Qu2 menciona: *Suelo usar algunos cuestionarios que permitan evaluar lo que normalmente hacen y cuestionarios que reflejen el consumo de artículos de lujo y algunos de primera necesidad.*

Conocimiento de estrategias específicas para un tópico (E2, 11%). Se identificó que los docentes emplean muy diversas estrategias de enseñanza-aprendizaje, así como representaciones específicas para fortalecer su práctica docente y la enseñanza de la sostenibilidad. Un ejemplo es: *Los procedimientos se enfocan en la elaboración de modelos, trabajos experimentales de bajo impacto ambiental y demostraciones (videos o presenciales) cuando este recurso es el idóneo por seguridad y costo* (Qu5). Otras estrategias mencionadas fueron: uso de ejemplos de la vida real, análisis de artículos, videos, estudios de caso, analogías, exposiciones, elaboración de infografía, recursos digitales y cálculos de huella ecológica.

En la siguiente Tabla 13, se muestran la variación de componentes y subcomponentes del PCK empleados por los docentes de química estudiados. También se presentan a manera de resumen algunas reflexiones y ejemplos de los componentes y subcomponentes expresados por los docentes de química estudiados.

**Tabla 13.** Componentes y subcomponentes de PCK que más predominan en el discurso de los docentes de química.

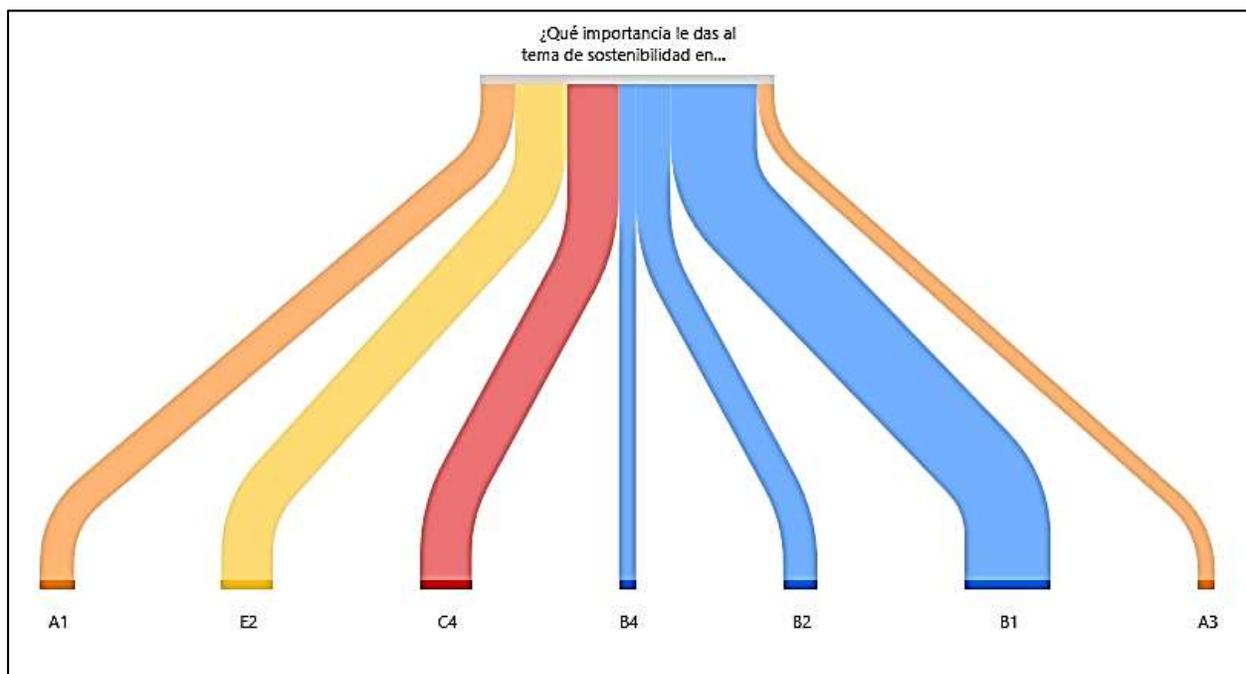
COMPONENTES DEL PCK	SUB-COMPONENTES		REFLEXIONES SOBRE LOS COMPONENTES DEL PCK DOCENTES DE QUÍMICA
Orientación hacia la enseñanza de la ciencias (A)	A4 4%	Cambio conceptual	Los docentes estudiados en su mayoría poseen un enfoque de cambio conceptual, ya que reconocen a la sostenibilidad como parte de su cultura científica y la consideran útil en el contexto de enseñanza para lograr un cambio real de hábitos y de actitudes en los estudiantes, posibilitándolos a dar sus puntos de vista y generar conciencia, reflexionar sobre las problemáticas ambientales en su vida cotidiana y plantear posibles soluciones.
Conocimiento del currículo científico (B)	B1 22%	Conocimiento de los docentes sobre las metas y objetivos del curso	En el discurso de los profesores predomina el subcomponente (B1). Por consiguiente, en la mayoría de los tópicos enseñados, prevalecen sus ideas, sobre los contenidos y objetivos de enseñanza respecto a la sostenibilidad y los tópicos centrales analizados que son recursos naturales, medio ambiente, cambio climático, energía y contaminación.
Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)	C4 21%	Creencias sobre lo que los estudiantes saben y no, o lo que deberían aprender	Los docentes emplean principalmente el subcomponente (C4), que se refiere a las creencias del docente relacionadas al conocimiento que los estudiantes (pueden o no poseer); o los conocimientos que el docente piensa que los estudiantes deberían aprender como: cuidado del ambiente y recursos naturales, el impacto de las actividades humanas sobre el planeta, así como adquirir conciencia de las problemáticas ambientales y de la importancia de adquirir estilos de vida más sostenibles.
Conocimiento de estrategias específicas para un tópico (E).	E2 11%	Conocimiento de estrategias específicas para un tópico	Se identificó que los docentes emplean las estrategias de enseñanza-aprendizaje muy diversas y así como representaciones específicas que para fortalecer su práctica docente y la enseñanza de la sostenibilidad: el uso de ejemplos de la vida real, análisis de artículos, videos, estudios de caso, analogías, experimentos, exposiciones, elaboración de infografía, recursos digitales, demostraciones y cálculos de indicadores como la huella ecológica.

Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)	C3 6%	Conocimiento de las áreas de dificultad de los estudiantes.	Respecto a dificultades asociadas a falta de interés real porque mencionan que todos hablan de cuidar el medio ambiente y la sostenibilidad pero no hay un compromiso real para hacerlo, ya que es una moda.
Conocimiento de evaluación en ciencias (D)	D2 6%	Conocimiento de las estrategias y métodos de evaluación	Respecto a las estrategias de evaluación se presenta principalmente el sub-componente, que se refiere a los instrumentos de evaluación que emplean (con más regularidad) los docentes, que son: estudios de caso, cuestionarios, elaboración de carteles, portafolios y participación de los estudiantes.

A continuación, como reflexión final se presenta una compilación de las ideas más sobresalientes para la enseñanza de las sostenibilidad y tópicos asociados, expresadas en los resultados de las CoRes correspondientes de los docentes de química estudiados.

### 3.4.9. Recopilación de ideas útiles para la enseñanza de la sostenibilidad y los tópicos centrales analizados en los CoRe de profesores de química.

En este apartado se presentan el análisis de los componentes del PCK respecto a la importancia que los profesores de química dan a la enseñanza de la sostenibilidad. Después se muestran los enfoques con que los docentes abordan la sostenibilidad con relación con los tópicos centrales.



**Figura 33.** Componentes del PCK respecto a la importancia que dan los profesores de química a la enseñanza de la sostenibilidad. Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

Como se puede observar en la Figura 33, el subcomponente del PCK que sobre sale es el B1, que se refiere a los conocimientos de los docentes acerca de las metas y los objetivos del curso relacionados con la sostenibilidad. Por consiguiente, podemos concluir de forma general, que cuando los docentes de química estudiados enseñan sostenibilidad (como tópico central), prevalecen sus ideas sobre los contenidos y los objetivos de enseñanza. A continuación, se presentan una recopilación de ideas útiles para la enseñanza de la sostenibilidad extraídas de los CoRe resueltos por los profesores de química.

Respecto lo expresado por los docentes de química sobre la importancia de la sostenibilidad, se muestra un resumen en la Tabla 14, con algunos extractos de lo expresado en las CoRe por los profesores de química.

**Tabla 14.** Extracto de las CoRe sobre la importancia de la sostenibilidad, docentes de química.

<b>CORE:</b>	<b>¿Qué importancia le das al tema de sostenibilidad en el curso que impartes?</b>
<b>Qu1</b>	<i>En la actualidad he considerado más relevante el tema de sostenibilidad ya que se pueden ver los resultados más inmediatos en nuestro entorno, por lo que a lo largo del ciclo escolar abordo los temas específicos del cuidado del medio ambiente mediante ejemplos de noticias actuales, revisando notas periodísticas y videos.</i>
<b>Qu2</b>	<i>Menciono de manera enfática la importancia de este concepto tratando de lograr un conciencia en los alumnos respecto a los productos que consumen.</i>
<b>Qu3</b>	<i>Es muy importante, debe ser parte de la cultura científica de todos los ciudadanos, de esa manera tenemos esperanza de mitigar los problemas ambientales.</i>
<b>Qu4</b>	<i>En los Programa de química 1 y 2 del CCH hay algunos aprendizajes asociados a los contextos del agua, aire y suelo, pero no se abordan desde una perspectiva de sostenibilidad, aunque se plantean aprendizajes encaminados a valorarlos y a cuidarlos.</i>
<b>Qu5</b>	<i>Desde 2015, y coincidiendo con el acuerdo de París y los ODS, todas las unidades que se imparten en las diferentes unidades semestrales en los que doy clases incluyen contextos que favorecen abordar el enfoque de sostenibilidad con profundidad y con gran aceptación por parte de los alumnos (Agua, Aire, Suelo, Alimentos, Minería, Petróleo, etc.) Es decir le doy mucha importancia.</i>

A partir del análisis del discurso dado por los docentes se identificaron los enfoques con que los docentes abordan la importancia de la sostenibilidad en el curso que imparten: a través del cuidado del ambiente y el entorno; para generar conciencia; la sostenibilidad con relación a los ODS, agua, aire, suelo, alimentos, minería y petróleo. Un profesor expresó que no aborda este tema en su práctica docente.

A continuación, en la Tabla 15, se pueden observar algunos extractos de las CoRe de los profesores de química en donde expresan algunas ideas con relación de los tópicos centrales y la sostenibilidad.

**Tabla 15.** Extracto de CoRe de profesores de química sobre sostenibilidad y su relación con los tópicos centrales.

<b>CORE:</b>	<b>De los conceptos que se muestran indica ¿cuál es la relación que tienen con la sostenibilidad?</b>				
Tópicos	<b>Medio Ambiente</b>	<b>Recursos naturales</b>	<b>Energía</b>	<b>Cambio Climático</b>	<b>Contaminación</b>
<b>Qu1</b>	<i>Conservar recursos naturales en general (B1)</i>	<i>Cuidado de los recursos no renovables (B1)</i>	<i>Alternativas de energía con menor impacto ambiental (B1)</i>	<i>Manejo de fuentes alternas de energía (B1)</i>	<i>Conciencia de los desechos de diferentes fuentes industriales y urbanos (B1)</i>
<b>Qu2</b>	<i>Calidad de vida de los seres vivos (B1)</i>	<i>Cantidad de recursos disponibles y explotación de estos (B1)</i>	<i>Generación de energías limpias (B1)</i>	<i>Exceso de los recursos naturales (B1)</i>	<i>Mala disposición de los residuos generados (B1). Tratamiento inadecuado de la basura (B1)</i>
<b>Qu3</b>	<i>Si no somos sostenibles hay daños ambientales severos (B1)</i>	<i>Necesitamos ser sostenibles para evitar su agotamiento (B1)</i>	<i>Las fuentes renovables ayudan a la sostenibilidad (B1)</i>	<i>La sostenibilidad ayuda a tener patrones de consumo más racionales, por lo que demandamos menos mercancías (B1) y energía mitigando el cambio climático (B1)</i>	<i>La mayor demanda de mercancías genera mayor contaminación, al ser sostenibles generamos menos contaminantes (B1)</i>
<b>Qu4</b>	<i>Es un derecho de todo ser humano contar con una Planeta Tierra que le permita vivir con calidad, contar con agua potable, alimentos de calidad, un suelo fértil, un aire limpio (B1).</i>	<i>Se deben buscar mecanismos que nos permitan hacer uso de ellos pero al mismo tiempo que podamos garantizar que sigan existiendo en calidad y cantidad para los que siguen (B1)</i>	<i>El debate se centra entre el uso de combustibles fósiles y la energía nuclear vs otras formas para obtener energía que a veces resultan con otro impacto negativo; entonces habría que valorar costos beneficios para cada uno (B1).</i>	<i>Hoy sabemos que las actividades humanas lo han ocasionado, pero veo muy complicado que los países que más contaminen se sumen a una regulación real para hacer más sostenible la vida en el Mundo (B1).</i>	<i>Para mí son conceptos muy contrarios, lo ideal sería que las actividades humanas generen menos contaminantes y que las acciones estén más encaminadas a ser sostenibles (B1).</i>
<b>Qu5</b>	<i>Medio ambiente y sostenibilidad van completamente de la mano en el sentido de que si no hay un desarrollo sostenible lo que se ha visto es que hay un abuso tanto de recursos físicos (bióticos y abióticos) como humanos (B2).</i>	<i>Se refiere específicamente al uso sostenible de recursos por cada generación, sin poner en riesgo la disponibilidad de los mismos (o buscando alternativas de reciclaje o reemplazo) para las nuevas generaciones (B1).</i>	No hubo respuesta.	No hubo respuesta.	No hubo respuesta.

Después de analizar la tabla, se presenta lo expresado por los docentes de química, señalando las ideas más importantes respecto a la relación de los tópicos centrales y la sostenibilidad (ver Tabla 15).

Con relación a la **sostenibilidad** y el **medio ambiente** los docentes de química señalan que su relación tiene que ver con: conservar y manejar adecuadamente los recursos naturales; preservar el planeta y preservar la calidad de vida; además de la idea de que sí somos sostenible no habrá daño ambiental.

Respecto a la **sostenibilidad** y los **recursos naturales** los docentes de química comentan que su relación es en: el uso y explotación responsable de los recursos naturales (disponibles y no renovables). El manejo sostenible de los recursos garantiza que no se agoten y no pongan en riesgo la disponibilidad de los mismos para generaciones futuras.

Referente a la **sostenibilidad** y su relación con la **energía** los docentes de química comentan que da en algunos temas como: fuentes renovables de energía, generación de energía con menor impacto ambiental o energías limpias.

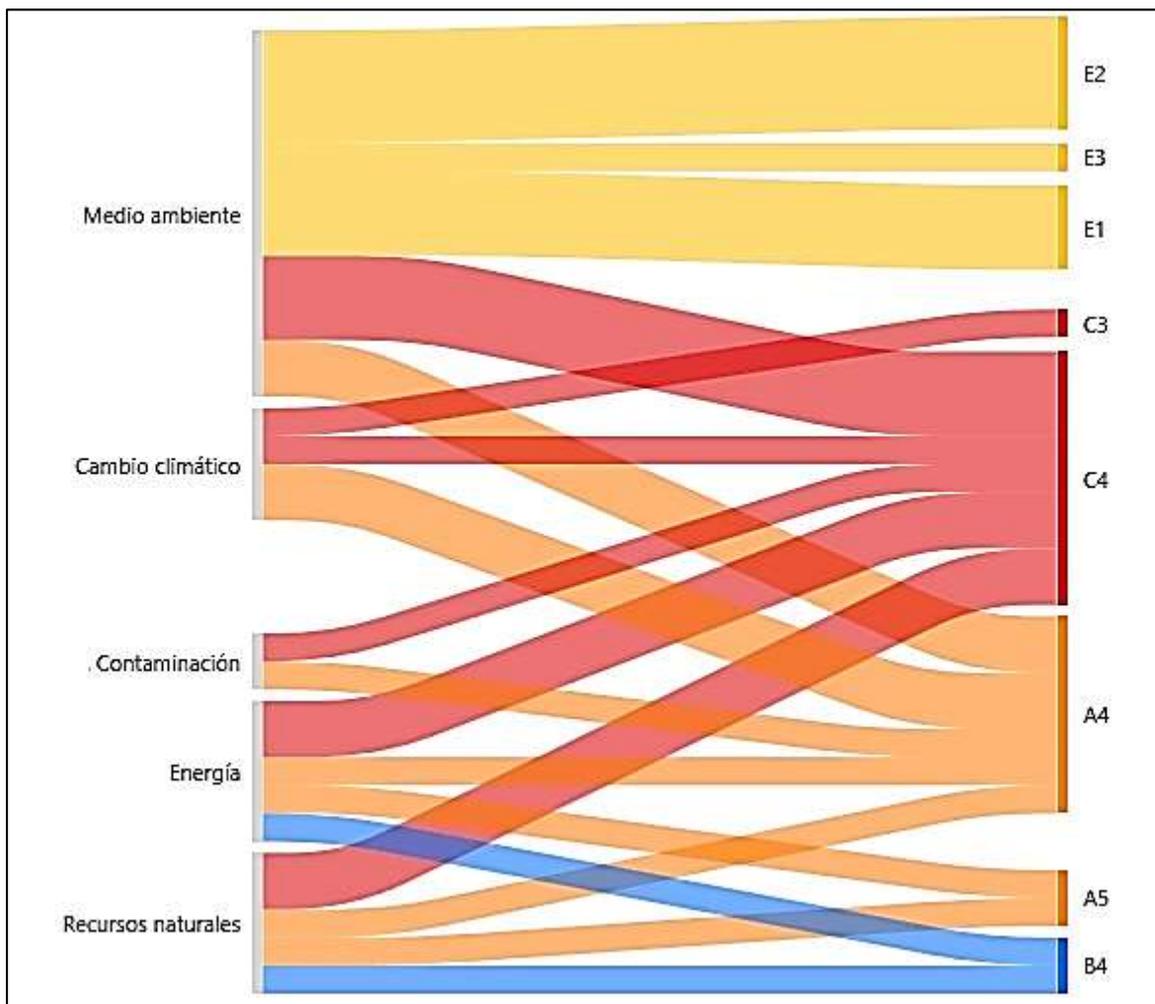
En proporción a la **sostenibilidad** y su vínculo con el **cambio climático** los docentes de química señalan que se debe tomar en cuenta: las fuentes alternativas de energía, analizar los patrones de consumo, mitigación del cambio climático y el impacto de las actividades humana sobre el planeta.

Alusivo a la **sostenibilidad** y su relación con la **contaminación** los docentes de química plantean que es importante: generar conciencia sobre los diferentes tipos de residuos y su manejo, la disminución de contaminantes y la integración de enfoques sostenibles al tratarlos.

Por otra parte, en la figura 34, se pueden observar los componentes del PCK respecto a la relación que tienen con la sostenibilidad con los tópicos estudiados en los CORES que son: medio ambiente, recursos naturales, energía, cambio climático y contaminación de los profesores de química.

Al ver la figura 34, se pueden analizar los resultados de componentes y subcomponentes del PCK presentes para cada tópico estudiado. Al observar la relación de la sostenibilidad y el tópico de medio ambiente sobre sale el componente E2 que es sobre conocimientos de estrategias específicas. Por consiguiente, podemos concluir de forma general, que cuando los docentes de química estudiados enseñan sostenibilidad y lo relacionan con el medio ambiente, prevalecen sus

ideas, sobre representaciones específicas del tema como ilustraciones, ejemplos, modelos y analogías.



**Figura 34.** Componentes del PCK respecto a la relación que tienen con la sostenibilidad con los tópicos medio ambiente, recursos naturales, energía, cambio climático y contaminación de los profesores de química. los componentes de PCK se representan con A (naranja), B (azul), C (rojo), E (amarillo). Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

Al examinar la conexión de la sostenibilidad con el cambio climático y la contaminación, el subcomponente más significativo es A4, que es sobre la orientación de la enseñanza de las ciencias. Por lo que, podemos concluir de forma general, que cuando los docentes de química estudiados enseñan sostenibilidad con relación a estos tópicos, prevalecen sus ideas, sobre el cambio conceptual.

Al revisar la correspondencia de la sostenibilidad con la energía y los recursos naturales, el subcomponente más relevante es el C4, que es sobre las creencias de los docentes sobre lo que estudiantes saben o lo que deberían aprender. Por lo tanto, podemos concluir de forma general, que

cuando los docentes de química estudiados enseñan sostenibilidad con relación a estos tópicos, prevalecen sus creencias relacionadas al conocimiento que ellos piensan que los estudiantes deberían aprender.

A continuación, en la Tabla 16, se presenta una recopilación de varias ideas útiles para la enseñanza de la sostenibilidad y los tópicos centrales enseñados, expresadas en las CORES por los profesores de química estudiados.

**Tabla 16.** Recopilación de ideas útiles para la enseñanza expresadas por los profesores de química estudiados en los CORES.

<b>Componentes del PCK</b>	Extractos de los CORES sobre ideas útiles para la enseñanza expresadas por los profesores de química
<b>Qué aprendizajes de la sostenibilidad, esperas que impacte en la vida cotidiana de los estudiantes.</b>	<p><i>-Espero generar un cambio real en su comportamiento, un cambio que lleven a su casa y a su día a día (Qu1).</i></p> <p><i>-Explicar la relación que hay entre la producción de lo que usan en su vida cotidiana (celular, zapatos de moda, los productos de importación) y el efecto de los GEI que se generan, así como su impacto en la temperatura del planeta (Qu2).</i></p> <p><i>-Que haya conciencia sobre el cuidado del medio ambiente y los recursos naturales, que al menos participen en alguna campaña de reforestación, que hagan un uso racional de la energía y que sus acciones vayan encaminadas en disminuir la contaminación (Qu4).</i></p>
<b>Dificultades de aprendizaje.</b>	<p><i>- Su realidad inmediata, todos viven en condiciones variadas que los hacen ver la problemática en diferentes grados de complejidad y daño (Qu1).</i></p> <p><i>-No identifican propiamente los componentes de los ecosistemas y no diferencian los recursos renovables y los no renovables (Qu2).</i></p> <p><i>-Los medios de comunicación difunden información errónea, todos hablan de cuidar el medio ambiente pero no hay un compromiso real para hacerlo, es una moda (Qu3).</i></p> <p><i>-Quizá la dificultad que noto es que durante la clase aceptan que serán responsables, respetuosos, que buscarán maneras para disminuir la contaminación que éste en sus manos, usarán la energía mínima necesaria, cuidarán los recursos naturales y el medio ambiente; pero en los hechos, hay pocos cambios en su forma de vivir (Qu4).</i></p>
<b>Dificultades de enseñanza.</b>	<p><i>-En ocasiones los espacios físicos y tecnológicos que no permiten realizar una clase con mejor diseño, así como la dificultad de poder realizar visitas guiadas a sitios que podrían generar un mayor impacto a los alumnos para ejemplificar las problemáticas. Mis limitaciones es que es un tema que he dejado mucho de lado, pues he privilegiado más la disciplina (Qu1).</i></p> <p><i>-Se me dificulta porque el tiempo que se dedica es poco y en el caso de los programas de quinto (ENP) ya no está implícito este contenido (Qu2).</i></p> <p><i>- Tener conocimiento más interdisciplinario, como conectar bien lo biológico con lo químico (Qu3).</i></p> <p><i>-En los Programa del CCH, los aprendizajes asociados al concepto, siempre se dejan al final de cada unidad, entonces, el tiempo también nos limita (Qu4).</i></p> <p><i>-Los contextos en los que se han concentrado las temáticas "tradicionales" de un curso de química son muy complejos y extensos. La sostenibilidad plantea retos que deberían abordarse de manera integrada con otras asignaturas y la realidad es que siempre nos concentramos en los contenidos de química dura (Qu5).</i></p>

<b>Concepciones alternativas</b>	<p>- La concepción alternativa tales como sentirse ajenos a la problemática ambiental, y de sobrexplotación de recursos (Qu2).</p> <p>-Tienen conocimientos previos, pero no saben cómo aplicarlos en el tema de la sostenibilidad (Qu3).</p> <p>-Los estudiantes tienen una visión muy poco cercana al uso de recursos que afecte directamente al medio ambiente. Más allá del uso del automóvil asociados a la contaminación del aire, o a no separar residuos en casa, creo que es una visión muy limitada de los efectos reales que hemos causado como especie dominante (Qu5).</p>	
<b>Evaluación y retroalimentación.</b>	<p>- Considero elaboración de infografías, videos y discusión de artículos(Qu1).</p> <p>- Los pongo analizar información que hagan gráficas, que se den cuenta que son problemas reales y medibles, les piden que piensen que son parte de un equipo que debe dar soluciones (Qu3).</p> <p>-Quizá durante las clases cuando expreso estos tópicos, escucho sus participaciones, lo interesante es que siempre expresan preocupación, compromisos y respeto; pero en los hechos, valdría la pena valorar qué tanto de lo que expresan lo llevan a la práctica (Qu4).</p> <p>-Meta cognición, ensayos finales y actividades reflexivas (Qu5).</p>	
<b>Estrategias específicas.</b>	<b>Estrategias didácticas:</b>	<p>-Por ahora solo la elaboración de trabajos de clase y principalmente investigación para desarrollar algunos productos que se socializan en el grupo de trabajo (Qu1).</p> <p>-Simuladores, demostraciones y cálculo de la huella ecológica (Qu2).</p> <p>- Discusiones, investigaciones de campo y casos (Qu3).</p> <p>-Enseñar con el ejemplo. Por ejemplo: si quiero que sepan todo lo que implica contar con alimentos en el plato, les enseño o los motivo a sembrar o plantar cultivos (tomateras) y cuidarlos. Y vinculo temas como equilibrio químico y termodinámica (ciclo de Haber), fertilizantes, contaminación por exceso de nutrientes, etc. (Qu5).</p>
	<b>Materiales didácticos:</b>	<p>-Lecturas de noticias actuales que los mismos alumnos deben de investigar, desde información nacional hasta internacional (Qu1).</p> <p>-Recursos digitales como fotografías de algunos escenarios actuales y algunos pasados para revisar el contraste entre estos (Qu2).</p> <p>- Elaboran carteles, he aplicado cuestionarios de opción múltiple y portafolios (Qu3).</p> <p>-Mediante ejemplos de noticias actuales, revisando notas periodísticas y videos (Qu4).</p> <p>-Videos o presenciales (Qu5).</p>
	<b>Uso de modelos:</b>	<p>-Uso de algunos minerales, y algunos objetos que sirven de ejemplo de transformación de recursos naturales (Qu2).</p> <p>-Analogías y ejemplos (Qu3)</p> <p>-Los procedimientos se enfocan en la elaboración de modelos, trabajos experimentales de bajo impacto ambiental y demostraciones (Qu5).</p>

Al analizar la tabla podemos concluir que los profesores de química estudiados expresan varios aspectos importantes que pueden ayudar a mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la sostenibilidad y también señalan algunas dificultades. Respecto a los aprendizajes de la sostenibilidad, que esperan desarrollar los docentes que impacten en la vida cotidiana de los

estudiantes, les gustaría lograr: un cambio real en su comportamiento cotidiano y generar conciencia respecto el cuidado del medio ambiente y los recursos naturales, el uso racional de la energía y la disminución de la contaminación, cuestionar el consumismo y disminuir la generación de GEI, etc.

Referente a las dificultades de aprendizaje, los docentes de química señalan que son: Que los estudiantes no identifican la complejidad de los fenómenos estudiados y no comprenden algunos conceptos importantes como los componentes de un ecosistema o los recursos no renovables, etc.; hablan sobre el cuidado del medio ambiente pero no hay un compromiso real para hacerlo; durante la clase aceptan que serán responsables, pero en los hechos, hay pocos cambios en su forma de vida.

Alusivo a las dificultades de enseñanza, los docentes comentan que son: la faltan espacios físicos y tecnológicos que les permiten realizar mejor su práctica docente; como docentes también privilegian más la disciplina y se concentran en las temáticas "tradicionales" de un curso de química; también señalan la falta de conocimiento interdisciplinario (biología y química); en los programas no está implícito este contenido de sostenibilidad y los aprendizajes asociados al concepto, también dicen que siempre se dejan al final de cada unidad estos contenidos, entonces, el tiempo también los limita.

En proporción a las actividades de evaluación los docentes promueven: la elaboración de infografías, videos y discusión de artículos, analizar información, que hagan gráficas, sus participaciones, meta cognición, ensayos finales y actividades reflexivas, etc.

Con relación a las estrategias didácticas los docentes realizan: elaboración de trabajos de clase, investigación, exposiciones, simuladores, demostraciones, cálculos de la huella ecológica, discusiones, investigaciones de campo, estudios de casos, enseñar con el ejemplo, experimentos y cultivo en huertos.

Respecto a los materiales didácticos los docentes utilizan: noticias actuales, recursos digitales, fotografías, elaboración de carteles, cuestionarios de opción múltiple y portafolios, etc.

Finalmente, concerniente al uso de modelos los docentes utilizan: algunos minerales, objetos que sirven de ejemplo, analogías, procedimientos que se enfocan en la elaboración de modelos, trabajos experimentales de bajo impacto ambiental y demostraciones, etc.

A continuación, se presenta el análisis de resultados sobre el análisis de las CORES realizados para los profesores de biología.

### 3.5. RESULTADOS DE LAS MATRICES DE REPRESENTACIÓN DE CONTENIDO (CoRe) PARA PROFESORES DE BIOLOGÍA.

#### 3.5.1. Muestra Profesores de Biología: aplicación de las Matrices de Representación de Contenido (CoRe).

La muestra consistió en cinco profesores de biología de diferentes instituciones de bachillerato de la (CDMX) dos docentes son de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP), UNAM, otros dos docentes del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), UNAM y un docente del Instituto de Educación Media Superior (IEMS) de la CDMX. Los profesores activos imparten diferentes asignaturas de biología a nivel medio superior: Biología I, II, IV, V y Etología. Todos ellos tienen entre 1 y 23 años de experiencia docente. Algunos cuentan con maestría y otros con licenciatura (ver Tabla 17).

Para preservar el anonimato de cada docente se usaron pseudónimos basados en una clasificación de letras y números, presentando a los participantes como profesor Bi1, Bi2, Bi3, Bi4 y Bi5, independientemente si se trata de profesor o profesora.

**Tabla 17.** Características de los docentes de biología que respondieron las CoRe.

Docentes de Biología	Bi1	Bi2	Bi3	Bi4	Bi5
Genero	Mujer	Mujer	Mujer	Mujer	Hombre
Grado Académico	Maestría	Maestría	Maestría	Licenciatura	Licenciatura
Nivel al que imparte cursos	Bachillerato	EMS	Bachillerato	EMS	Bachillerato
Asignatura que impartes	Biología IV	Biología y Etología	Biología IV y V	Biología	Biología
Edad	40	47	48	26	25
Experiencia Docente	12 años	15 años	18 años	1 año	3 años
Bachillerato de la CDMX	ENP	IEMS	ENP	CCH	CCH

#### 3.5.2. Componentes y subcomponentes de PCK identificados en profesores de biología.

En esta etapa del estudio, las CORES aplicadas a los profesores de biología de bachillerato, tiene el objetivo de analizar el pensamiento docente, a partir de caracterizar los componentes y subcomponentes del PCK (Padilla y Van Driel, 2011), en torno a la enseñanza de la sostenibilidad con relación a los siguientes tópicos centrales: equilibrio ecológico, los recursos naturales, biodiversidad, ecosistemas y el medio ambiente. A continuación, se presentan los resultados

obtenidos después de codificar los componentes y subcomponentes PCK para cada profesor de química (Bi1, Bi2, Bi3, Bi4 y Bi5).

Para el profesor Bi3 presenta un PCK más robusto de los cinco docentes de biología estudiados. A continuación, se presentan diagramas Sankey con bandas de colores señalando la diversidad de los componente y subcomponente del PCK para cada profesor. Después se presentarán resultados generales y comparativos de todos los profesores participantes de biología.

### **3.5.3. Componentes y subcomponente del PCK profesor Bi1**

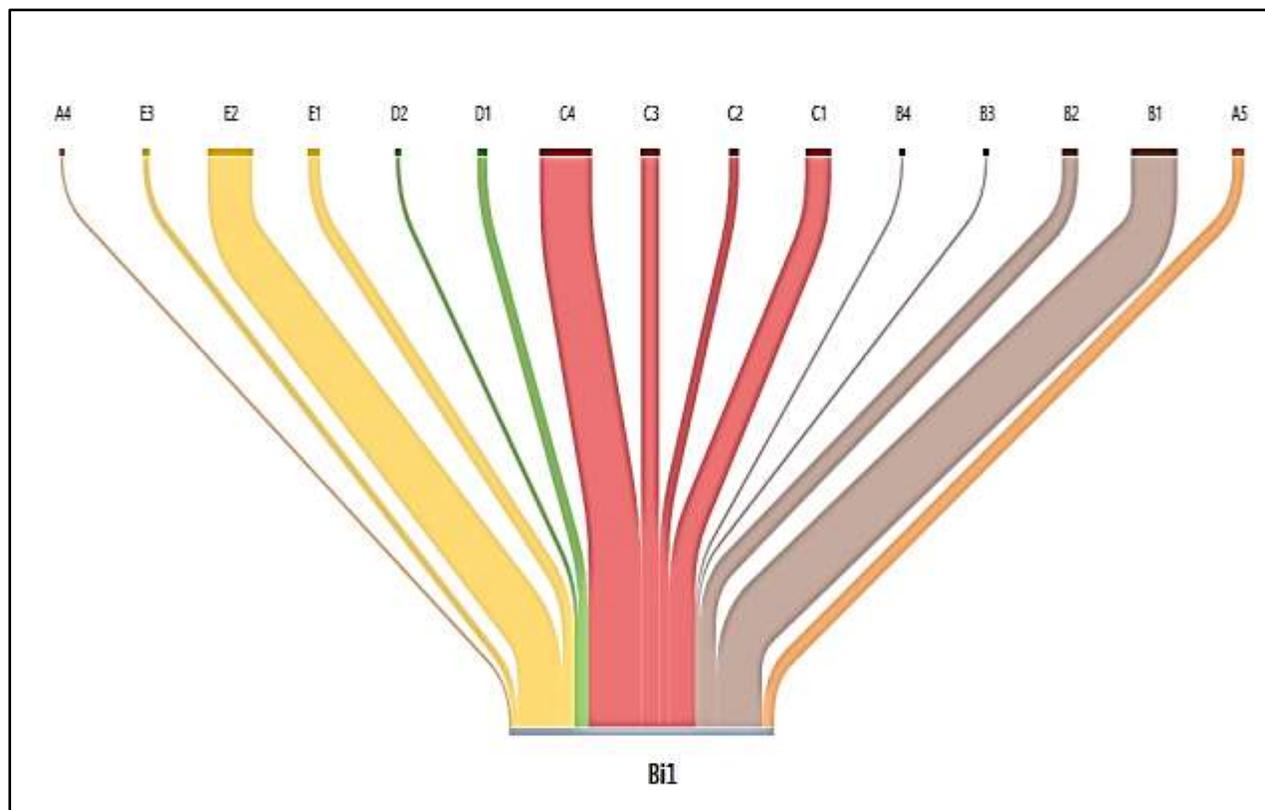
El docente Bi1 forma parte de la Escuela Nacional Preparatoria de la UNAM, en donde imparte la asignatura de Biología IV a nivel bachillerato, tiene 12 años de experiencia docente y cuenta con estudios de maestría.

En el estudio de caso correspondiente al profesor Bi1, los resultados obtenidos con relación a la orientación hacia la enseñanza (A), muestran que el docente señala principalmente un enfoque de actividades dirigidas (A5) como se observa en la siguiente respuesta: (a) *Mi percepción es de integrar todos estos conceptos en un cambio de hábitos. Les propongo hacer su huella ecológica, ver su impacto y conocer las acciones que pueden llevar a cabo para disminuir su huella ecológica (A5).*

Respecto al conocimiento del currículo (B) en el discurso del profesor predomina el subcomponente (B1), como se puede reconocer en los siguientes párrafos: (a) *quiero que los alumnos comprendan la importancia de contribuir al desarrollo sostenible para su vida actual y futura, que se sientan parte de este proceso y que no son ajeno al desarrollo sostenible (B1) y (b) Permite hacer conciencia a los ciudadanos de que son parte del medio ambiente, y que su participación es importante para su conservación (B1).* Por consiguiente, refleja que en la mayoría de los temas enseñados por el docente B1, prevalecen las ideas del profesor sobre los contenidos y objetivos de enseñanza (ver figura 35).

Referente al conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C) el profesor Bi1 percibe lo siguiente: (1) *Considero que este es uno de los aspectos más importante que se debe de abordar, ya que para que los alumnos reconozcan la importancia de la sostenibilidad, ellos deben de conocer cuáles son las especies de seres vivos que conforman los ecosistemas, porque muchos de ellos los desconocen y por lo tanto no es de su interés, pero al ir conociendo la gran*

cantidad de especies que los conforman, su curiosidad se incrementa, favoreciendo su interés en conservarlos (C4) y (2) Este concepto permite que los alumnos se sientan parte del mundo natural que los rodea, y que sus acciones hacia él, aunque no lo vean de manera inmediata, los afectará de alguna manera (C4). Es decir, prevalece mayoritariamente el sub-componente (C4) que se refiere a las creencias del docente relacionadas al conocimiento que los estudiantes pueden o no poseer; o el conocimiento que el docente piensa que los estudiantes deberían aprender.



**Figura 35.** Diagrama Sankey sobre el perfil docente del profesor Bi1. Los componentes y subcomponentes del PCK se representan con líneas de los siguientes colores: A (naranja), B (café), C (rojo), D (verde) y E (amarillo), el ancho de las bandas representa la frecuencia de los códigos. Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

Con relación al conocimiento de la evaluación (D) se presenta mayoritariamente el subcomponente (D2) como se puede ver en la siguiente respuesta: (1) *Normalmente les pido que expliquen, ya sea con un ejemplo (D2), historieta o comic el concepto con sus propias palabras (D2), considero que cuando uno comprende el concepto tiene la capacidad de explicarlo de diferentes maneras. De esa manera identifico si comprendieron de manera correcta el concepto, y ellos buscan, inventan, investigan y ejercen creatividad para explicar el concepto (D2).* Estos

resultados muestran el tipo de estrategia de evaluación que el docente emplea es que expliquen con sus propias palabras o desarrollando un comic (ver Figura 35).

Finalmente, referente a conocimiento de las estrategias instruccionales (E), el docente Bi1 presenta mayoritariamente el subcomponente (E2), como se puede observar en la siguiente frase: (1) *Analogías con su cuerpo (E2), que necesita estar en homeostasis con el medio que lo rodea para sobrevivir, de igual manera con el medio ambiente. Ejemplos (E2) de sobreexplotación de recursos y perdida de especies (E2). Demostraciones con una torre de naipes (E3) o tarjetas de especies de México, que al mover una, la torre se cae (E2), video (E2) para discusión (E2) y lluvia de ideas (E2).* Las estrategias mencionadas implican que el docente utiliza son mayoritariamente estrategias específicas y representaciones de problemáticas ambientales reales para enseñar los tópicos seleccionados (ver Figura 35).

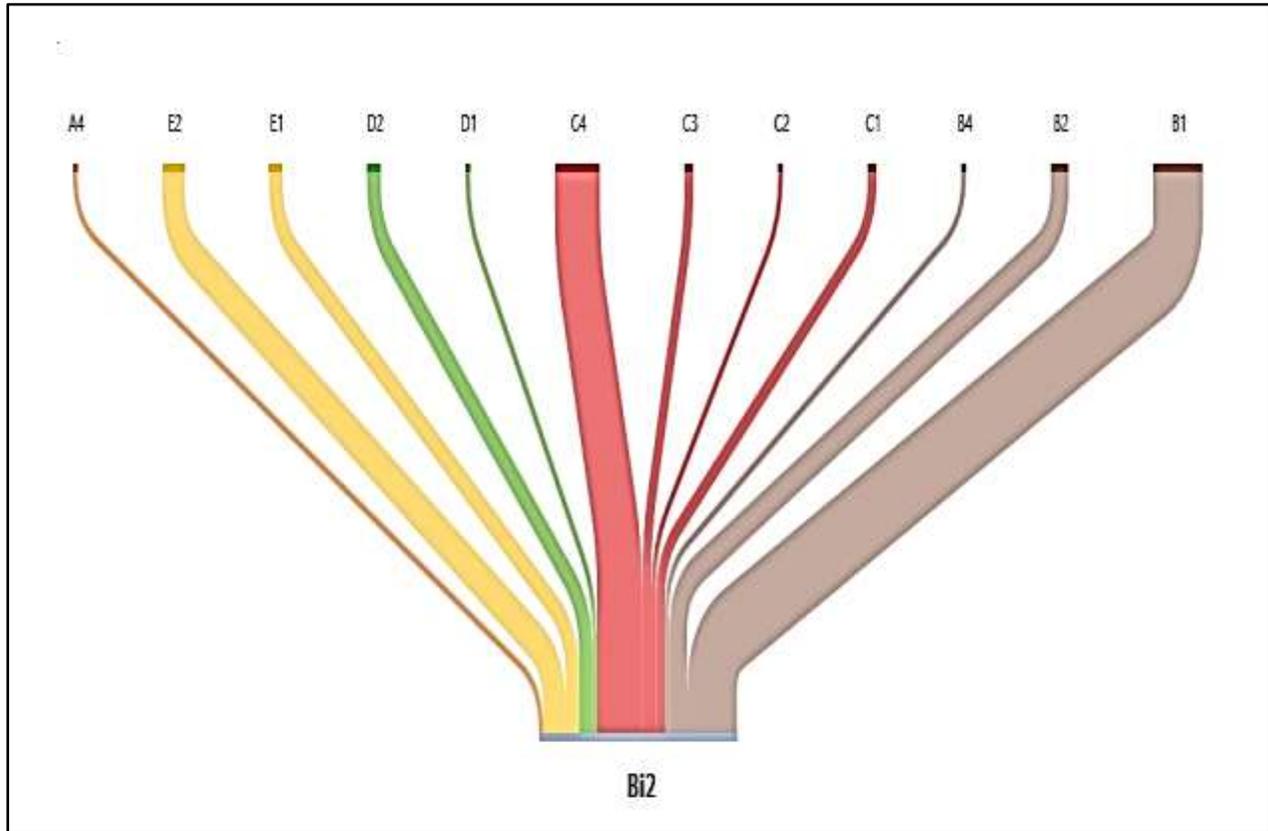
#### **3.5.4. Componentes y subcomponente del PCK profesor Bi2.**

El docente Bi2 forma parte del Instituto de Educación Media Superior (IEMS) de la CDMX, en donde imparte la asignatura de Biología y etología a nivel bachillerato, tiene 15 años de experiencia docente y cuenta con estudios de maestría.

En el estudio de caso correspondiente al profesor Bi2, los resultados obtenidos con relación a la orientación hacia la enseñanza (A), como lo expresa en las siguientes frases: (a) *Qué consideren el daño del consumismo al medio ambiente, pero que además existen formas de conservar nuestro entorno sin afectar la económica y que la Biología no solo es un tema de conservación, sino que impacta hasta en el alimento diario y en muchos ámbitos que no creen de manera inmediata pudiera ser posible (A4); (b) Desato su creatividad y motivación. ¿Y qué espero? que tengan una visión diferente de lo que es la biología, la conservación y el impacto económico de esto (A4), lo que indica un enfoque de cambio conceptual.*

Respecto al conocimiento del currículo (B) en el discurso del profesor predomina el subcomponente (B1), como se puede reconocer en los siguientes párrafos: (a) *Protección al ambiente limitando la explotación de recursos naturales, pero dejando en beneficio a las generaciones futuras (B1) y (b) Proteger el uso de la biodiversidad bajo ciertos requerimientos, pero sin descuidar a las personas que necesitan vivir de ella cuidando el desarrollo económico (B1).* Por

consiguiente, refleja que en la mayoría de los temas enseñados por el docente Bi2, prevalecen las ideas del profesor sobre los contenidos y objetivos de enseñanza (Figura 36).



**Figura 36.** Diagrama Sankey sobre el perfil docente del profesor Bi2. Los componentes y subcomponentes del PCK se representan con líneas de los siguientes colores: A (naranja), B (café), C (rojo), D (verde) y E (amarillo), el ancho de las bandas representa la frecuencia de los códigos. Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti. Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

Referente al conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C) el profesor Bi2 percibe lo siguiente: (1) *Qué consideren el daño del consumismo al medio ambiente, pero que además existen formas de conservar nuestro entorno sin afectar la económica y que la Biología no solo es un tema de conservación, sino que impacta hasta en el alimento diario y en muchos ámbitos que no creen de manera inmediata pudiera ser posible (C4)*. Es decir, prevalece mayoritariamente el sub-componente (C4) que se refiere a que se imponen las creencias del docente relacionadas al conocimiento que los estudiantes pueden o no poseer; o el conocimiento que el docente piensa que los estudiantes deberían aprender (Figura 36).

Con relación al conocimiento de la evaluación (D) se presenta mayoritariamente el subcomponente (D2) como se puede ver en la siguiente respuesta: (1) *Uso exámenes (D1), lluvia*

*de ideas (D2) y exponen su proyecto (D2) y todos lo comentamos y de ahí evaluó pues yo hago preguntas en relación al tema (D2).* Estos resultados muestran el tipo de estrategia de evaluación que el docente emplea es aprendizaje basado proyectos y exámenes (ver Figura 36).

Finalmente, referente al conocimiento de las estrategias instruccionales (E), el docente Bi2 presenta mayoritariamente el subcomponente (E2), como se puede observar en la siguiente frase: *(1) Visual (E1), ejemplos (E2) y la aplicación en un proyecto donde este es un tema, el proyecto es el que ellos gusten hacer y aplicado a su entorno (E2).* Las estrategias mencionadas implican que el docente utiliza son mayoritariamente estrategias y representaciones específicas sobre aprendizaje basado proyectos aplicados a su entorno inmediato (ver Figura 36).

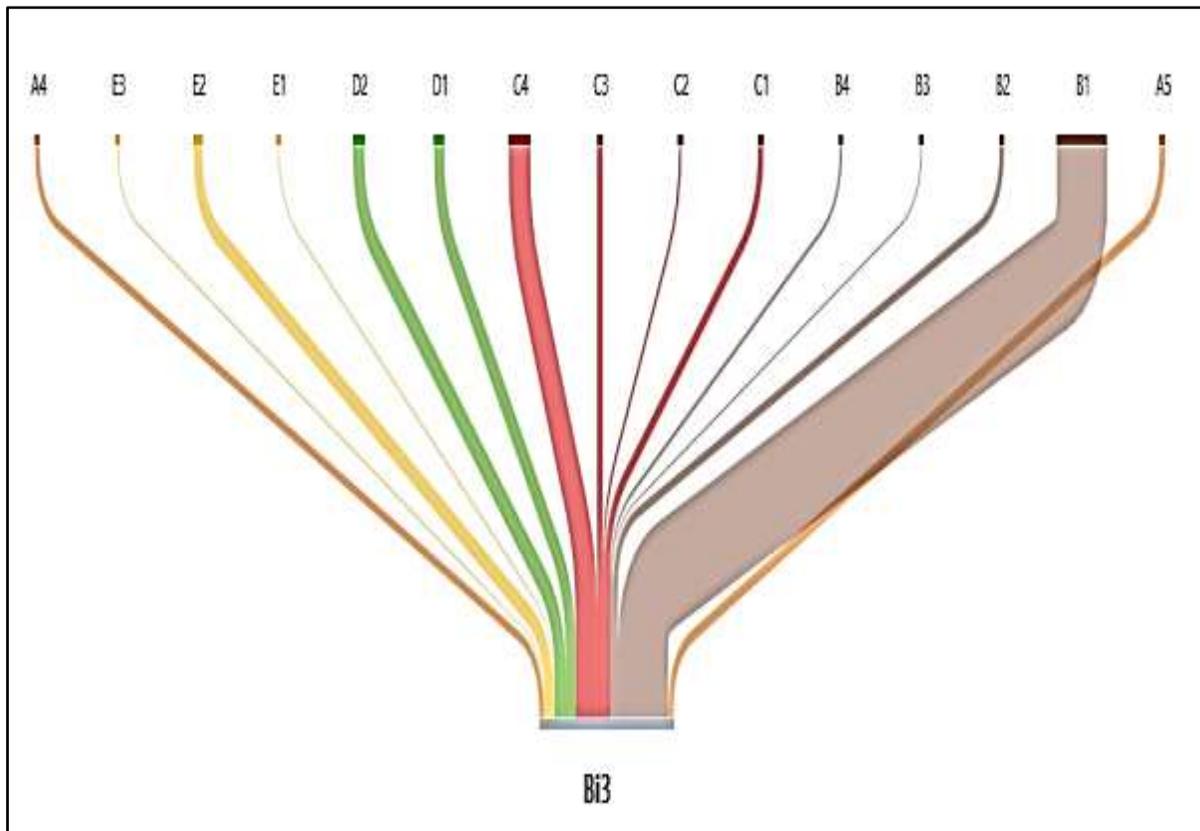
### **3.5.5. Componentes y subcomponente del PCK profesor Bi3.**

El docente Bi3 pertenece a la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) de la UNAM, imparte diferentes asignaturas a nivel bachillerato que son Biología IV y V, tiene 23 de experiencia docente y cuenta con estudios de maestría.

En el caso del profesor Bi3, con relación a la orientación hacia la enseñanza (A), el docente muestra predominantemente, un enfoque de cambio conceptual (A4), por ejemplo: *para que cada uno de ellos haga un cambio en su estilo de vida que pueda ayudar a mitigar esta problemática (A4).* También sobresale un enfoque de actividades dirigidas (A5) como se observa en la siguiente frase: *Debido a que se debe inculcar en ellos, primero el conocimiento de lo delicado que es el equilibrio ecológico y segundo, que ellos identifiquen las actitudes y acciones a tomar para mantener el equilibrio ecológico de su entorno dentro de la sustentabilidad (A5).*

Respecto al conocimiento del currículo (B) en el discurso del profesor predomina el subcomponente (B1), como se puede reconocer en los siguientes párrafos: *El equilibrio ecológico es la relación entre el subsistema humano, natural y construido, donde el hombre desarrolle sus actividades y proyectos de forma sostenible con los recursos del medio ambiente. Es reducir y minimizar los impactos ambientales que modifican los entornos y producen desequilibrios en el planeta como los fenómenos naturales que repercuten en la calidad del ambiente (B1).* Por consiguiente, refleja que en la mayoría de los temas enseñados por el docente Bi3, prevalecen las ideas del profesor sobre los contenidos y los objetivos de enseñanza (Figura 37).

Referente al conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C) el profesor Bi3 percibe lo siguiente: *Debido a que se debe inculcar en ellos, primero el conocimiento de lo delicado que es el equilibrio ecológico y segundo, que ellos identifiquen las actitudes y acciones a tomar para mantener el equilibrio ecológico de su entorno dentro de la sustentabilidad (C4)* Es decir, prevalece mayoritariamente el sub-componente (C4) que se refiere a que el docente impone sus creencias relacionadas al conocimiento que los estudiantes pueden o no poseer; o el conocimiento que el docente piensa que los estudiantes deberían aprender (ver Figura 37).



**Figura 37.** Diagrama Sankey sobre el perfil docente del profesor Bi3. Los componentes y subcomponentes del PCK se representan con bandas con los siguientes colores: A (naranja), B (café), C (rojo), D (verde) y E (amarillo), el ancho de las líneas representa la frecuencia de los códigos. Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

Con relación al conocimiento de la evaluación (D) se presenta mayoritariamente el subcomponente (D1) como se puede ver en la siguiente respuesta: *La evaluación consiste en la elaboración de una investigación dentro de un área natural protegida (D2) y se solicitan diferentes criterios que abarcan varios tópicos entre ellos los de la sustentabilidad (D1) y equilibrio ecológico, así como los servicios eco sistémicos(D1).* Estos resultados muestran el tipo de

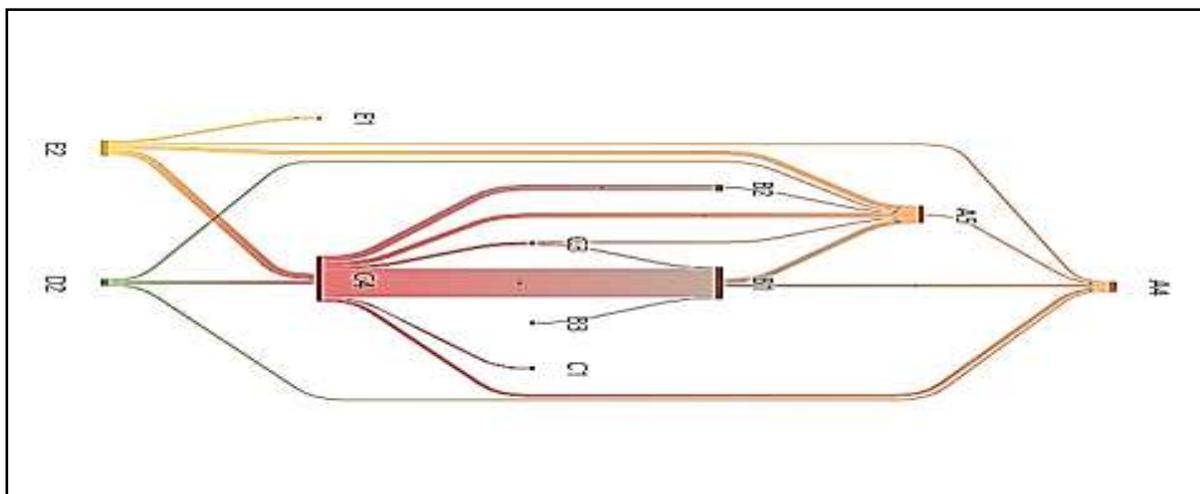
estrategia de evaluación que el docente emplea y el conocimiento de aquellos conceptos que son más importantes (ver Figura 37).

Finalmente, referente al conocimiento de las estrategias instruccionales (E), el docente Bi3 presenta mayoritariamente el subcomponente (E2), como se puede observar en la siguiente frase: *Revisamos videos (E2) y algunos artículos primero (E2) y luego les pido que busquen el nicho ecológico de tres animales diferentes, al hacer esto se dan cuenta qué importante es una especie dentro del equilibrio ecológico de un ecosistema (E2); Se lleva a cabo investigación (E1) y exposición (E2), de un área natural protegida de la Ciudad de México, remarcando el tipo de ecosistema al que pertenece, los servicios eco sistémicos que proporciona (D1), de qué manera ha sido afectado por la sociedad en general y las posibles propuestas de recuperación del área de manera sustentable.* Las estrategias mencionadas implican que el docente utiliza son mayoritariamente estrategias y representaciones específicas, empleando metodologías de investigación contextualizada y exposición de soluciones.

En la figura 37, se puede observar que los conocimientos dominantes en este docente son B1 y C4, es decir que sus propios conocimientos y creencias sobre el currículo son los que definen y permean sobre el resto del perfil docente. A través del diagrama de Sankey de este docente de biología se observa que también la evaluación es un parámetro importante, a diferencia del enfoque ya que sólo usa el A4 y A5 en donde el docente hace énfasis en el cambio conceptual y en actividades dirigidas para implementar la enseñanza de la sostenibilidad. Este enfoque impacta principalmente el tipo de estrategias utilizadas, destacando las representaciones particulares de la disciplina. Vale la pena notar que a pesar de que los perfiles docentes de Qu3 y Bi3 son parecidos, si se observa que el del docente de química es más robusto en cuanto a los tipos de conocimientos que lo forman.

Posteriormente, en la Figura 38, son mostradas las relaciones entre los componentes del PCK más frecuentemente mencionados por Bi3 (co-ocurrencias).

Como podemos ver, componente A4 está fuertemente relacionado con B1, pero al mismo tiempo está relacionado con C4. Estas co-ocurrencias muestran que el docente Bi3 presenta un enfoque de orientación hacia la enseñanza de las ciencias hacia el cambio conceptual, que está relacionado con sus conocimientos sobre las metas y objetivos del curso (B1), y que a su vez están fuertemente relacionadas con sus propias creencias acerca de lo que los estudiantes deben o no debe aprender (C4).



**Figura 38.** Diagrama de Sankey donde se presentan las interrelaciones (co-ocurrencias) entre los subcomponentes mostrados por Bi3. Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

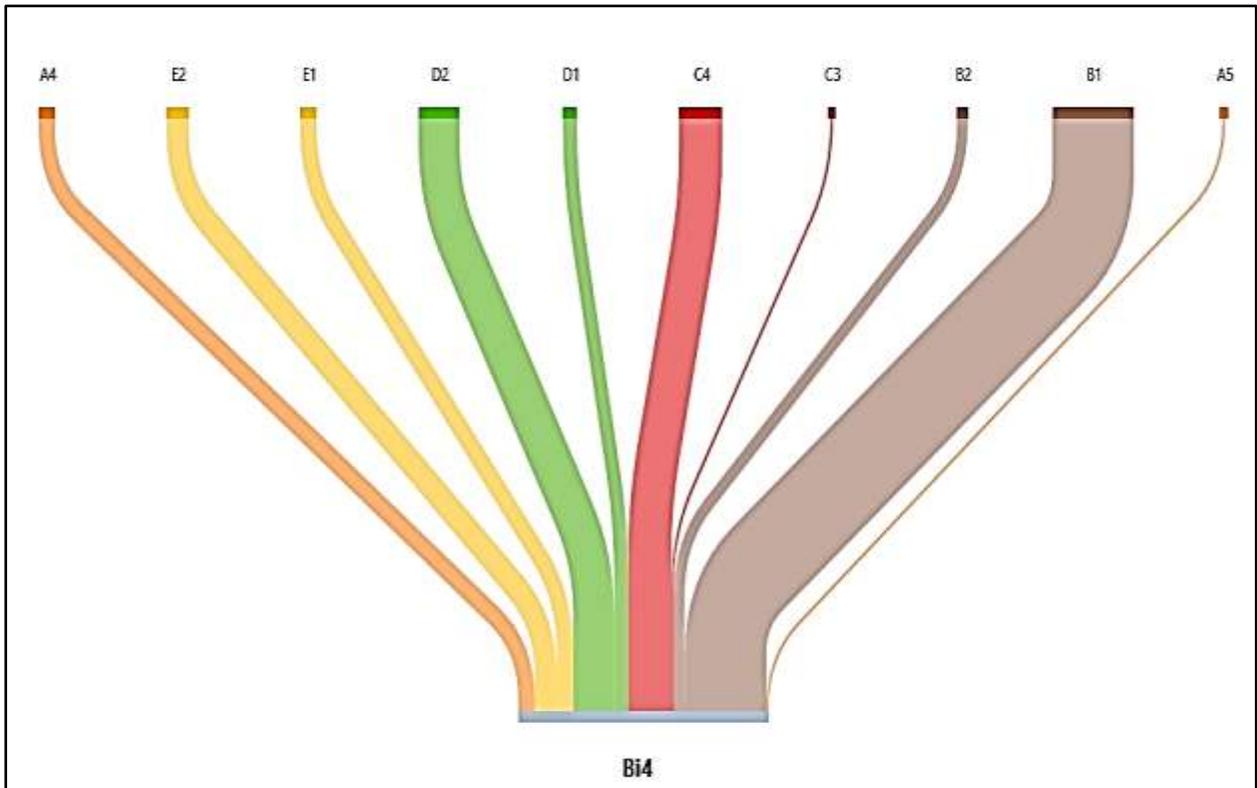
Por consiguiente, estas ideas (B1) tienen relación con las metas de los docentes y directrices sobre el tema, que está relacionado con C4 y A5 que es enfoque de orientación hacia la enseñanza de las ciencias hacia las actividades dirigidas. En esta figura, es más fácil visualizar cómo se dan las interrelaciones entre los subcomponentes del PCK y podemos entender que las correlaciones pueden ser más complicadas que el análisis de una sola relación. Por ejemplo, en la figura 38 también se muestra de forma clara esta otra relación B1/B2/C4/E2.

### 3.5.6. Componentes y subcomponente del PCK profesor Bi4.

El docente Bi4 pertenece al Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM, imparte diferentes asignaturas a nivel bachillerato que son Biología, tiene 1 año de experiencia docente y cuenta con estudios de licenciatura.

En el caso del profesor Bi4, con relación a la orientación hacia la enseñanza (A), el docente muestra mayoritariamente, un enfoque de cambio conceptual (A4) como se observa en las siguientes frases: *(a) Yo esperarí que independientemente de la carrera que elijan, siempre contemplen a la sostenibilidad como una opción viable para realizar algún proyecto en su vida profesional (A4). Procuero despertar su interés con diferentes estrategias y utilizando ejemplos que conozcan(A4).* Respecto al conocimiento del currículo (B) en el discurso del profesor predomina el sub-componente (B1), como se puede reconocer en los siguientes párrafos: *(a) Considero que le*

doy una gran importancia, esto para que los alumnos tengan un panorama actual de la biología es fundamental integrar a los procesos de enseñanza-aprendizaje la parte de la sostenibilidad (B1); (b) La sostenibilidad contempla al humano dentro de los ecosistemas, y con ello a las interacciones que establece con otras especies igual de importantes(B1). Por consiguiente, refleja que en la mayoría de los temas enseñados por el docente Bi4, prevalecen las ideas del profesor sobre los contenidos y objetivos de enseñanza (ver figura 39).



**Figura 39.** Diagrama Sankey sobre el perfil docente del profesor Bi4. Los componentes y subcomponentes del PCK se representan con bandas con los siguientes colores: A (naranja), B (café), C (rojo), D (verde) y E (amarillo), el ancho de las líneas representa la frecuencia de los códigos. Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

Referente al conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C) el profesor Bio4 percibe lo siguiente: (a) *A través de la empatía y la curiosidad, que ellos logren integrar a sus vidas el respeto por la biodiversidad. Procuero escucharlos, hacer actividades que les parezcan atractivas y mostrarles datos increíbles de diferentes animales, inclusive del humano(C4).* Es decir, prevalece mayoritariamente el sub-componente (C4) que se refiere a que se imponen las creencias del docente relacionadas al conocimiento que los estudiantes pueden o no poseer; o el conocimiento que el docente piensa que los estudiantes deberían aprender. Con relación al conocimiento de la

evaluación (D) se presenta mayoritariamente el subcomponente (D2) como se puede ver en la siguiente respuesta: *(a) El método de casos (D2) incluye una hoja de resolución de casos, a partir de la cual es posible hacer una evaluación de los procesos de entendimiento y reflexión. Esta estrategia permite la organización de equipos, la retroalimentación y la aclaración de dudas entre los miembros del equipo (D2). Posterior a la resolución de los casos, se realiza una discusión grupal y dirigida por el profesor (D2).* Estos resultados muestran el tipo de estrategia de evaluación que el docente emplea es estudio de caso y discusión grupal (Figura 39).

Finalmente, referente al conocimiento de las estrategias instruccionales (E), el docente Bio4 presenta mayoritariamente el subcomponente (E2), como se puede observar en la siguiente frase: *(1) Método de caso (E2), mostrar videos (E2) y discusiones grupales(E1).* Las estrategias mencionadas implican que el docente utiliza son mayoritariamente estrategias y representaciones específicas sobre aprendizaje basado proyectos. Aplicados a su entorno inmediato (ver figura 39).

### **3.5.7. Componentes y subcomponente del PCK profesor Bi5.**

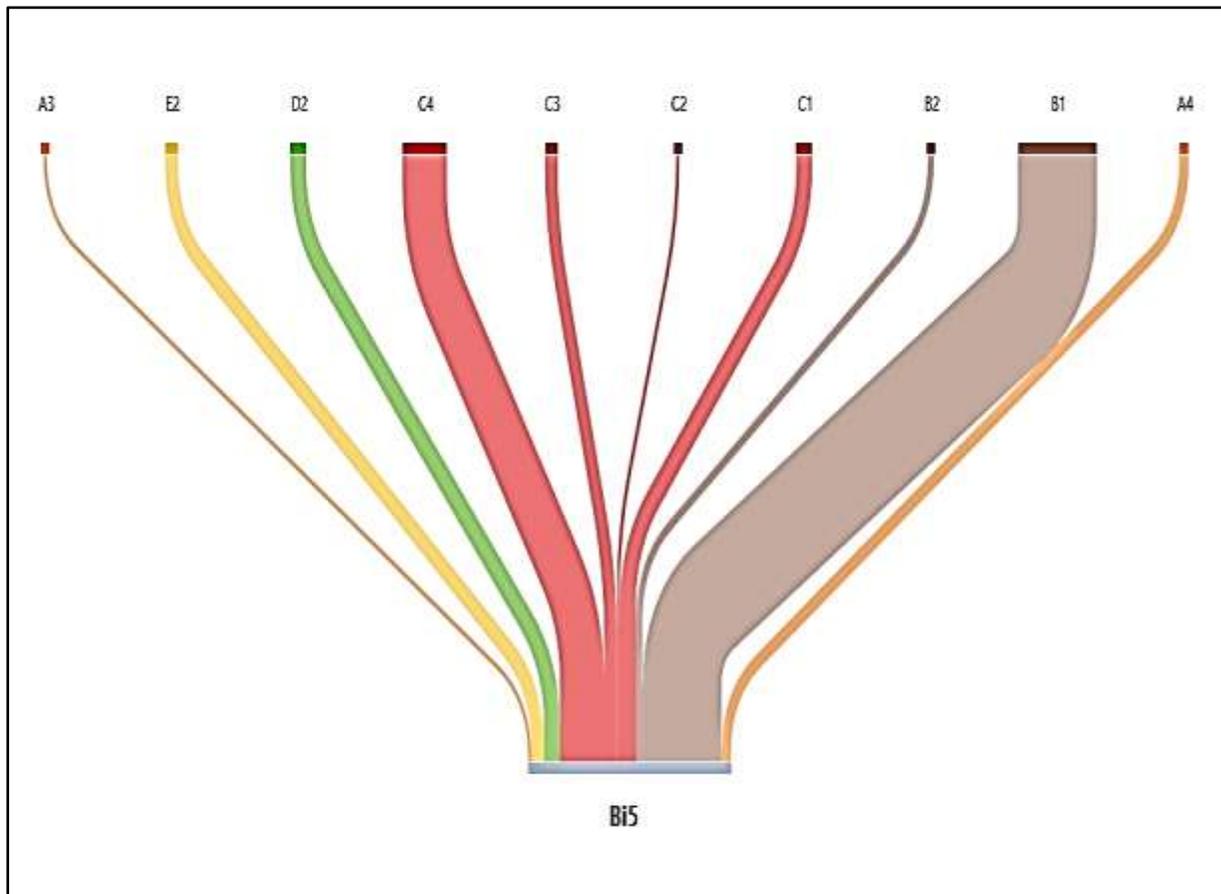
El docente Bi5 pertenece al Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM, imparte diferentes asignaturas a nivel bachillerato que son Biología, tiene 3 de experiencia docente y cuenta con estudios de licenciatura.

En el caso del profesor Bi5, con relación a la orientación hacia la enseñanza (A), el docente indica mayoritariamente, un enfoque de cambio conceptual (A4) como se observa en la siguiente frase: *(a) Que sea capaz de reflexionar sobre el impacto que tiene sus acciones en la vida diaria (A4).*

Respecto al conocimiento del currículo (B) en el discurso del profesor predomina el subcomponente (B1), como se puede reconocer en los siguientes párrafos: *(a) Considero es uno de los temas que tienen mayor relevancia en mi curso, dedico más tiempo a la planeación de las actividades y no escatimo en tiempo por horas clase a su reflexión (B1).* Por consiguiente, refleja que en la mayoría de los temas enseñados por el docente Bi5, prevalecen las ideas del profesor sobre los contenidos y objetivos de enseñanza (Figura 40).

Referente al conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C) el profesor B5 percibe lo siguiente: *(a) Mi premisa en todos los temas que se plantean en este cuestionario es: la concepción que el estudiante tiene respecto al entorno es resultado, en gran medida, de cómo*

lo entiende; su entendimiento determina su solides, relación y compromiso con el mismo (C4). Al menos desde mi ejercicio docente, con cada concepto pretendo configurar una "nueva visión" respecto al compromiso individual con el impacto al ambiente y cómo éste es crucial para un futuro menos áspero para con las generaciones venideras (C4). Es decir, prevalece mayoritariamente el sub-componente (C4) que se refiere a que se imponen las creencias del docente relacionadas al conocimiento que los estudiantes pueden o no poseer; o el conocimiento que el docente piensa que los estudiantes deberían aprender (Figura 40).



**Figura 40.** Diagrama Sankey sobre el perfil docente del profesor Bi5. Los componentes y subcomponentes del PCK se representan con bandas con los siguientes colores: A (naranja), B (café), C (rojo), D (verde) y E (amarillo), el ancho de las líneas representa la frecuencia de los códigos. Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

Con relación al conocimiento de la evaluación (D) se presenta mayoritariamente el subcomponente (D2) como se puede ver en la siguiente respuesta: (a) *Su capacidad para ofrecer explicaciones ante determinados fenómenos (D2): considerando su articulación de conceptos en sus argumentos, claridad (D2). Su capacidad para ofrecer ejemplos (D2). Creatividad en*

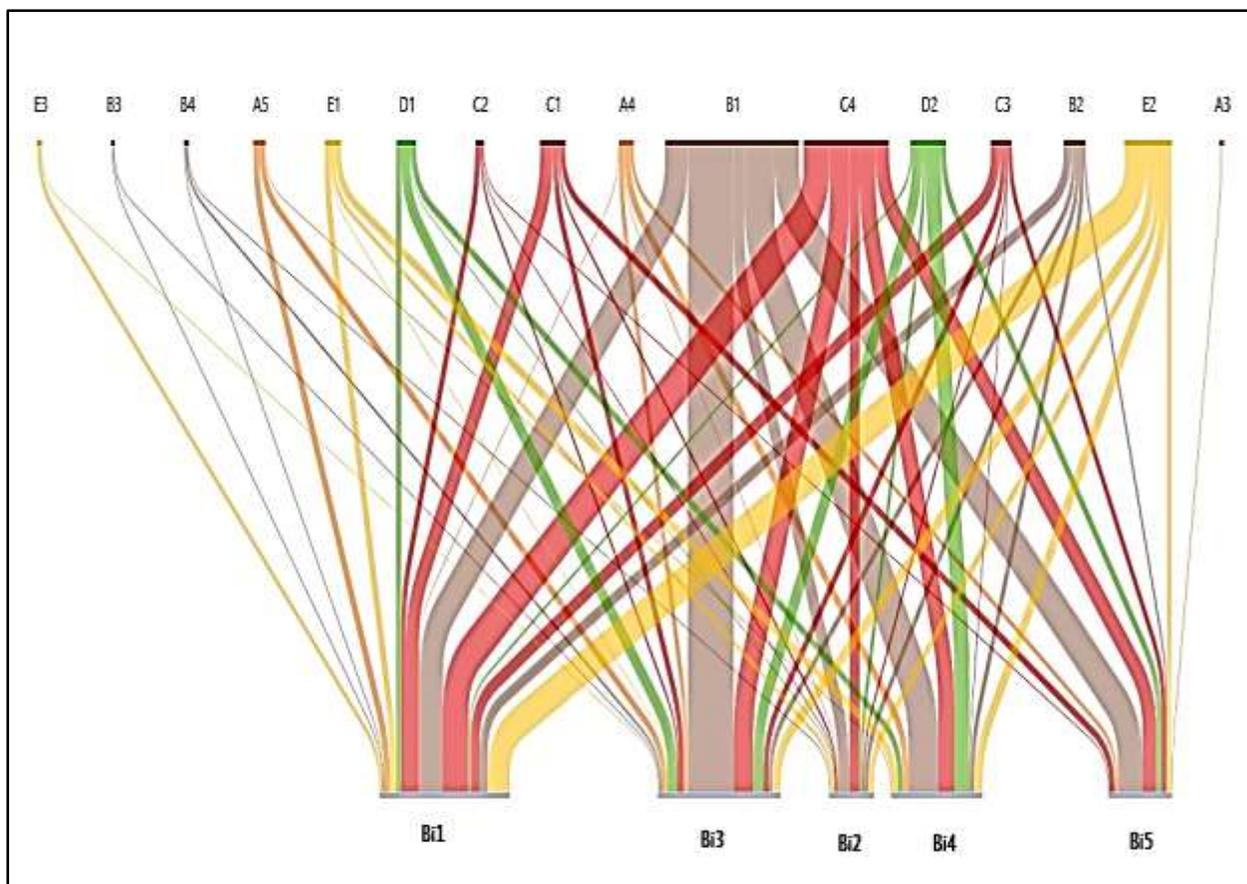
propuestas como la actividad antes mencionada "Postal biodiversa"(D2). Considero que mis actividades demandan y promueven algunos aprendizajes, lo que si no estoy seguro es si éstos son de larga duración o si tienen sentido en sus sistemas de creencias. Estos resultados muestran el tipo de estrategia de evaluación que el docente emplea es estudio de caso y discusión grupal (ver figura 40).

Finalmente, referente al conocimiento de las estrategias instruccionales (E), el docente B4 presenta mayoritariamente el subcomponente (E2), como se puede observar en la siguiente frase: (a) *Tengo una actividad que intitulé "Visualizando el impacto humano"; ésta se fundamenta en la capacidad de percibir problemas en el entorno ante determinadas imágenes (E2) y tener la capacidad de describir lo que está sucediendo. Tengo otra actividad que intitulé "Postal biodiversa" que solicita reflexiones personales sobre la conservación de la diversidad (E2). Entre otras actividades. Predominan los ejemplos(E2).* Las estrategias mencionadas implican que el docente utiliza son mayoritariamente estrategias y representaciones específicas sobre aprendizaje basado proyectos. Aplicados a su entorno inmediato (Figura 40).

### **3.5.8. Variación de Componentes PCK utilizados por todos los profesores de biología: cPCK.**

A continuación, en la figura 41 se presenta el análisis comparativo de los perfiles docentes de los cinco profesores de biología Bi1, Bi2, Bi3, Bi4 y Bi5. En el diagrama de Sankey presentado se observa que los conocimientos más utilizados por los docentes, aquellos que permiten construir su perfil docente son A4, B1, C4, D2 y E2.

También es posible observar que los perfiles docentes más robustos son de Bi1 y Bi3, teniendo el de Bi3 muchos más conocimientos que Bi1. Otro aspecto importante, es que se generaliza la tendencia de que no es el enfoque lo que permea sobre los demás conocimientos, sino B, C y E; es decir el conocimiento que sobre el currículo y sobre los estudiantes posee el profesor, además de las estrategias instruccionales, principalmente para el caso del docente Bi1. De acuerdo con el análisis el docente con un perfil menos robusto es el Bi2, aunque tiene variedad las líneas de flujo son más delgadas que para los otros docentes.



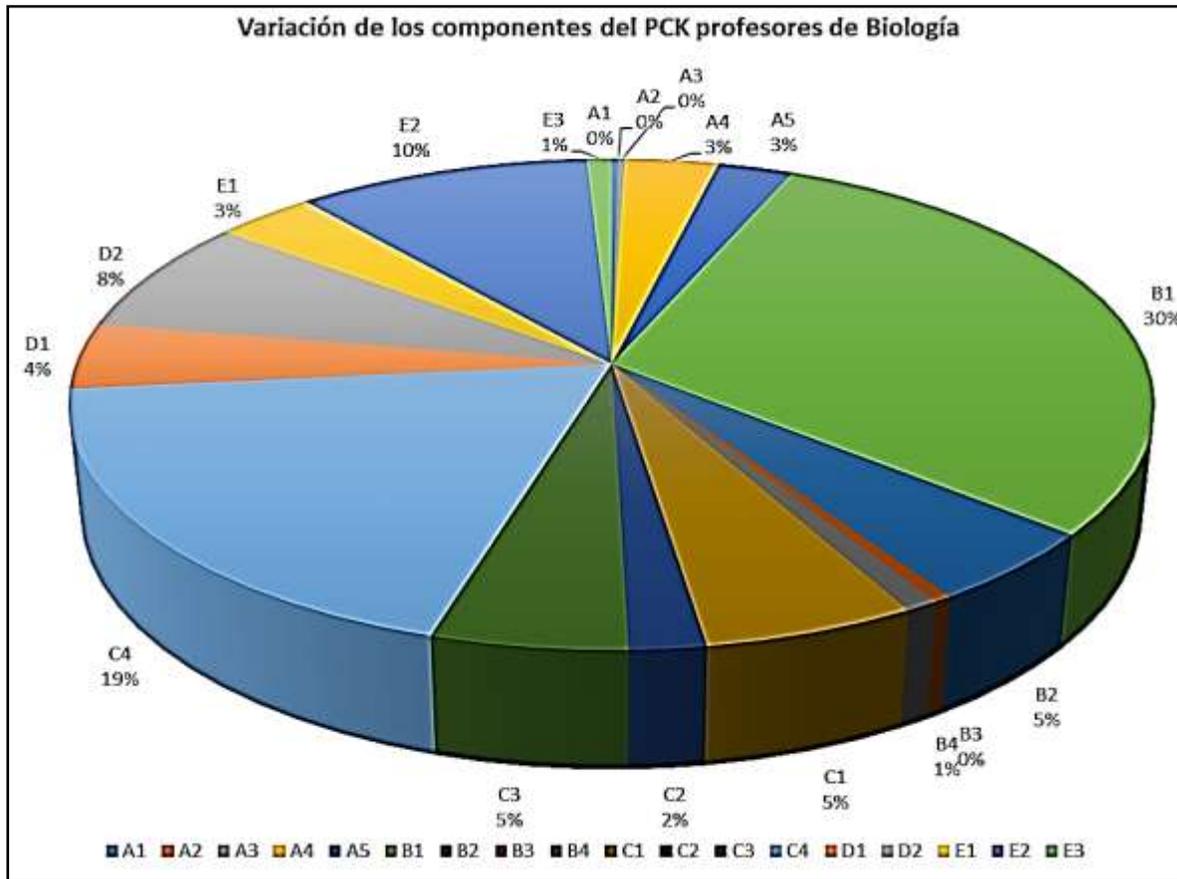
**Figura 41.** Diagrama Sankey de variación de componentes PCK utilizados por profesores de biología. Los componentes y subcomponentes del PCK se representan con líneas de los siguientes colores: A (naranja), B (café), C (rojo), D (verde) y E (amarillo), el ancho de las líneas representa la frecuencia de los códigos con relación a los docentes de biología. Fuente: Elaboración propia con ATLAS. Ti.

### 3.5.8.1. Porcentajes globales de componentes y subcomponentes del PCK: perfil colectivo de los docentes de biología.

Posteriormente, se muestran algunos ejemplos de componentes del PCK empleados por los docentes de biología estudiados.

Respecto al componente A del PCK que es sobre orientación hacia la enseñanza de las ciencias (A4, 3%) Cambio conceptual. Donde encontramos ideas como: Incentivan a los estudiantes para ser críticos, muestren un rol activo, reflexionen, planteen cuestionamientos personales, den sus puntos de vista, sean partícipes de las problemáticas ambientales locales, actúen con creatividad y motivación, desarrollen proyectos en su entorno directo y promuevan cambios

de hábitos sostenibles (Figura 43). Un ejemplo: *Que sea capaz de reflexionar sobre el impacto que tiene sus acciones en la vida diaria (Bi5).*



**Figura 43.** Visión general del cómo varía el PCK colectivo de los docentes de biología.

Dentro del rubro de las orientaciones, aparece con el mismo porcentaje (A5, 3%) Actividades dirigidas. Un ejemplo es: *Los estudiantes participan en actividades prácticas utilizadas para la verificación o descubrimiento, un ejemplo es: calcular su huella ecológica, ver su impacto y conocer acciones que puedan llevar a cabo para disminuir su huella ecológica (Bi1).*

Conocimiento del currículo científico (B1, 30%) Este es uno de los conocimientos que más aparecen y tiene que ver con el conocimiento de los docentes sobre las metas y objetivos del curso. Algunos ejemplos son: *quiero que los alumnos comprendan la importancia de contribuir al desarrollo sostenible para su vida actual y futura, que se sientan parte de este proceso y que no son ajeno al desarrollo sostenible (Bi1); Considero es uno de los temas que tienen mayor relevancia en mi curso, dedico más tiempo a la planeación de las actividades y no escatimo en tiempo por horas clase a su reflexión (Bi5).* Otros aspectos mencionados por los docentes son: que

comprendan la relación hombre naturaleza; Generar conciencia y protección al ambiente; Conozcan y manejen de forma responsable los ecosistemas y especies endémicas de México; Adquieran un panorama amplio de las causas y efectos de la pérdida de Biodiversidad en México; El equilibrio ecológico puede verse alterado por las acciones humanas.

Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C4, 19%) Creencias sobre lo que estudiantes saben y no, o lo que deberían aprender, un ejemplo: *Al menos desde mi ejercicio docente, con cada concepto pretendo configurar una "nueva visión" respecto al compromiso individual con el impacto al ambiente y cómo éste es crucial para un futuro menos áspero para con las generaciones venideras* (Bi5). Otras ideas mencionadas por los profesores son: Que los estudiantes integren a sus vidas el respeto y compromiso del cuidado de la naturaleza; Reconozcan la importancia de la sostenibilidad; La biodiversidad es esencial para lograr el desarrollo sostenible y mejorar la calidad de vida; Que sean conscientes de las consecuencias de sus acciones; Los ecosistemas naturales de México proporcionan muchos servicios cruciales para el desarrollo del país, entre ellos la captación de agua de lluvia, la polinización y la regulación del clima; Los recursos naturales y los ecosistemas se deben gestionar de manera sostenible en parte para satisfacer las necesidades de las poblaciones (ver Figura 34).

Conocimiento de evaluación en ciencias (D2, 8%) Conocimiento de las estrategias y métodos de evaluación. Un ejemplo expresado por el docente (Bi1): *Su capacidad para ofrecer explicaciones ante determinados fenómenos: considerando su articulación de conceptos en sus argumentos, claridad. Su capacidad para ofrecer ejemplos.* Otras ideas expresadas por los docentes de biología son: Estudios de caso, discusiones grupales, lluvia de ideas, desarrollo de proyectos, investigaciones dirigidas, elaboración de mapa conceptual, exposiciones, exámenes y resolución de problemas.

Conocimiento de estrategias específicas para un tópico (E2, 10%) Conocimiento de estrategias específicas para un tópico, un ejemplo expuesto por el docente (Bi4): *Método de caso, mostrar videos y discusiones grupales.* Otras estrategias mencionadas son: Analogía, ejemplos, juegos de clasificación, desarrollo de proyectos, uso de ejemplos de la vida real, análisis de imágenes y artículos, investigaciones, análisis de casos exitosos de desarrollo sustentable, trabajos escritos, elaboración de diagramas, cálculo de huella ecológica y exposiciones. En la figura 43, se observan los porcentajes generales obtenidos por los docentes, lo que permite identificar cómo sería el PCK colectivo, el cual es muy similar al PCK personal.

Por consiguiente, en la Figura 43. Se muestra el PCK colectivo, en ambos casos los conocimientos y creencias de los docentes sobre los objetivos del curso y sobre el programa curricular es lo que más permea sobre los otros conocimientos, además de su conocimiento y creencias sobre qué debe saber y cómo debe aprender el estudiante. A diferencia de lo que normalmente se plantea, de que es el enfoque el que debe permear sobre el resto de los conocimientos docentes. En la siguiente Tabla 18, se pueden observar los componentes y subcomponentes de PCK que más predominan (%) en el discurso de los docentes de biología.

**Tabla 18.** Componentes y subcomponentes de PCK que más predominan en el discurso de los docentes de biología.

COMPONENTES DEL PCK	SUB-COMPONENTES		REFLEXIONES SOBRE LOS COMPONENTES DEL PCK DOCENTES DE QUÍMICA
Orientación hacia la enseñanza de la ciencias (A)	A4 y A5 5%	Cambio conceptual Y participación de los estudiantes en actividades prácticas.	Los docentes estudiados en su mayoría poseen un enfoque de enseñanza de la sostenibilidad dirigida hacia el cambio conceptual (A4) y la participación de los estudiantes en actividades prácticas (A5). Debido a que los docentes, incentivan a que los estudiantes sean críticos, muestren un rol activo, reflexionen, planteen cuestionamientos personales, den sus puntos de vista, sean partícipes de las problemáticas ambientales locales, actúen con creatividad y motivación en el desarrollo de proyectos locales, así como promuevan cambios de hábitos sostenibles.
Conocimiento del currículo científico (B)	B1 30%	Conocimiento de los docentes sobre las metas y objetivos del curso	En el discurso de los profesores predomina el subcomponente (B1). Por consiguiente, prevalece los conocimientos de los docentes sobre las metas y objetivos del curso respecto a los tópicos centrales de sostenibilidad, ecosistemas, biodiversidad, recursos naturales y equilibrio ecológico.
Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)	C4 19%	Creencias sobre lo que los estudiantes saben y no, o lo que deberían aprender	Los docentes emplean principalmente el subcomponente (C4), que se refiere a que poseen un enfoque respecto a conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes en donde sobresalen la importancia de la sostenibilidad y el cuidado a la naturaleza, los recursos naturales, la biodiversidad y la enseñanza de los ecosistemas.
Conocimiento de evaluación en ciencias (D)	D2 8%	Conocimiento de las estrategias y métodos de evaluación	Respecto a las estrategias y métodos de evaluación más frecuentes empleadas por los profesores son: explicaciones coherentes sobre los fenómenos estudiados, estudios de caso, discusiones grupales, lluvia de ideas, desarrollo de proyectos,

			investigaciones dirigidas, exposiciones, exámenes y resolución de problemas.
Conocimiento de estrategias específicas para un tópico.	E2 10%	Conocimiento de estrategias específicas para un tópico	Se identificó que los docentes emplean las estrategias de enseñanza-aprendizaje muy diversas y así como representaciones específicas que para fortalecer su práctica docente y la enseñanza de la sostenibilidad: en donde sobre salen: estudios de caso, analogía, ejemplos, desarrollo de proyectos, análisis de artículos y videos, investigaciones dirigidas, cálculo de huella ecológica y exposiciones.

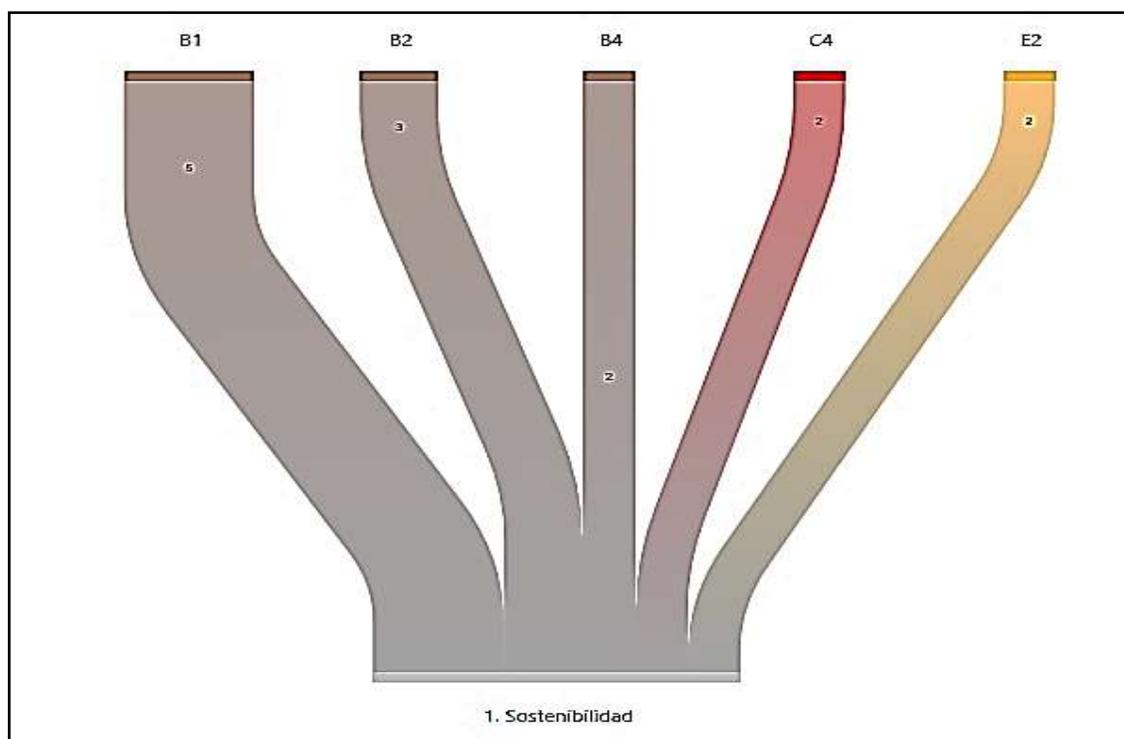
A continuación, como reflexión final se presentan varias ideas sobresalientes para la enseñanza de las sostenibilidad y tópicos asociados, derivados de los resultados de las CoRe de los docentes de Biología estudiados.

### **3.5.9. Recopilación de ideas útiles para la enseñanza de la sostenibilidad y los tópicos centrales analizados en los CoRe de profesores de biología.**

En este apartado se presentan el análisis de los componentes del PCK respecto a la importancia que los profesores de biología dan a la enseñanza de la sostenibilidad. Después se muestran los enfoques con que los docentes abordan la sostenibilidad con relación con los tópicos centrales asociados a la sostenibilidad identificado para el contexto de la enseñanza de la biología. Posteriormente, se presentan una recopilación de ideas útiles para la enseñanza de la sostenibilidad extraídas de los CoRe resueltos por los docentes de biología.

Como se puede observar en la figura 44, el subcomponente del PCK que sobre sale es el B1, que se refiere a los conocimientos de los docentes acerca de las metas y los objetivos del curso relacionados con la sostenibilidad. Por consiguiente, podemos concluir de forma general, que cuando los docentes de biología estudiados, enseñan sostenibilidad (como tópico central), prevalecen sus ideas sobre los contenidos y los objetivos de enseñanza. Este resultado es similar al obtenido con los profesores de química.

Por otro lado, respecto lo expresado sobre la importancia de la sostenibilidad y los tópicos centrales se muestra las siguientes Tablas 19 con algunos extractos de las CORE con lo expresado por los profesores de biología respecto a la importancia de la sostenibilidad y la relación de la sostenibilidad con los tópicos centrales.



**Figura 44.** Componentes del PCK respecto a la importancia que los docentes de biología dan a la enseñanza de la sostenibilidad.

**Tabla 19.** Extracto de CoRe de profesores de biología sobre la importancia de la sostenibilidad.

CORE:	¿Qué importancia le das al tema de sostenibilidad en el curso que impartes?
<b>Bi1</b>	<i>Mucha, quiero que los alumnos comprendan la importancia de contribuir al desarrollo sostenible para su vida actual y futura, que se sientan parte de este proceso y que no son ajeno al desarrollo sostenible (Bi1).</i>
<b>Bi2</b>	<i>Yo le doy la relevancia, pues en el programa de estudio no está como tal, entonces la incluyo como parte del objetivo 2, de Biología considerado para impacto ambiental. Vemos los objetivos y un poco de la historia y ejemplos. Así como también por qué a veces no funciona. También lo abarcan como parte de un proyecto saben que tienen que abarcar este tema (Bi2).</i>
<b>Bi3</b>	<i>Tiene gran importancia en el curso de Biología IV, ya que da a los alumnos una visión real del impacto que tiene el cambio climático en el mundo y cuáles serían las posibles medidas a tomar para mitigarlo. Así, la sustentabilidad cobra un sentido profundo en el quehacer ambiental, ya que debe este tema cubrir el ámbito, social, ambiental y económico del mundo (Bi3).</i>
<b>Bi4</b>	<i>Considero que le doy una gran importancia, esto para que los alumnos tengan una panorama actual de la biología es fundamental integrar a los procesos de enseñanza-aprendizaje la parte de la sostenibilidad (Bi4).</i>
<b>Bi5</b>	<i>Considero es uno de los temas que tienen mayor relevancia en mi curso, dedico más tiempo a la planeación de las actividades y no escatimo en tiempo por horas clase a su reflexión (Bi5).</i>

Es importante el tema de sostenibilidad en el curso de biología, porque posibilita que los estudiantes comprendan la importancia de contribuir al desarrollo sustentable en la actualidad y en futuro. También mencionan que es importante para que los estudiantes tengan un panorama actual de la biología porque permite ver el impacto ambiental y el cambio climático, así como las medidas de mitigación de este. Además, es un tema que implica involucrar aspectos ambientales, económicos y sociales. Respecto a planeación y tiempo los profesores expresan tener interés en promover la enseñanza de este tema en sus clases.

A continuación, en la Tabla 20, se pueden observar algunos extractos de las CoRe de los docentes de biología en donde expresan algunas ideas con relación de los tópicos centrales y la sostenibilidad.

**Tabla 20.** Extracto de las CoRe de profesores de biología sobre Sostenibilidad y su relación con los tópicos centrales.

<b>CO RE</b>	<b>De los conceptos que se muestran indica ¿cuál es la relación que tienen con la sostenibilidad?.</b>				
	<b>Equilibrio ecológico</b>	<b>Recursos naturales</b>	<b>Biodiversidad</b>	<b>Ecosistema</b>	<b>Medio ambiente</b>
<b>Bi1</b>	<i>Comprender que los cambios drásticos en el ambiente puede dañar la función y estructura del ecosistema, ya que son sistemas complejos que tienen la capacidad de mantenerse estables, pero sobrepasada esa capacidad ya no pueden regenerarse.</i>	<i>Para llevar a cabo un manejo sostenible se deben de conocer los recursos naturales que están presentes en un área.</i>	<i>El conocimiento de la biodiversidad que integra un ecosistema permitirá diseñar un plan de aprovechamiento sostenible de esos recursos.</i>	<i>Para realizar un correcto manejo sostenible de los recursos es necesario conocer el ecosistema en el cual se encuentran.</i>	<i>Permite hacer conciencia a los ciudadanos de que son parte del medio ambiente, y que su participación es importante para su conservación.</i>
<b>Bi2</b>	<i>Protección al ambiente limitando la explotación de recursos naturales pero dejando en beneficio a las generaciones futuras.</i>	<i>Son los elementos que necesitamos los seres vivos para sobrevivir. Por tanto tenemos que asegurarnos de su permanencia de una manera apropiada a través del Desarrollo sustentable.</i>	<i>Proteger el uso de la biodiversidad bajo ciertos requerimientos pero sin descuidar a las personas que necesitan vivir de ella cuidando el desarrollo económico.</i>	<i>Equilibrio entre redes alimenticias y factores abióticos para evitar efecto domino de extinción.</i>	<i>Biosfera y equilibrio ecológico.</i>

<b>Bi3</b>	<i>El equilibrio ecológico es la relación entre el subsistema humano, natural y construido, donde el hombre desarrolle sus actividades y proyectos de forma sostenible con los recursos del medio ambiente.</i>	<i>Los RN son los bienes o servicios que proporciona la naturaleza sin la intervención del hombre. Los recursos naturales incluyen a todos los productos animales, vegetales, minerales, aire, temperaturas, vientos, etc..</i>	<i>Los cambios en la biodiversidad pueden influir en el suministro de servicios eco sistémicos. La biodiversidad, al igual que los servicios eco sistémicos, ha de protegerse y gestionarse de forma sostenible.</i>	<i>Ecosistemas- elementos vivos que interaccionan entre sí y con sus entornos no vivos- que proporcionan beneficios, o servicios, al mundo.</i>	<i>El medio ambiente se define como el conjunto equilibrado de elementos que engloba la naturaleza, la vida, los elementos artificiales, la sociedad y la cultura que existen en un espacio y tiempo determinado.</i>
<b>Bi4</b>	<i>El equilibrio ecológico puede verse alterado por las acciones del humano y la sostenibilidad es una buena opción para mitigar un poco el impacto negativo en la naturaleza.</i>	<i>Para la sostenibilidad los recursos naturales son llamados "servicios eco sistémicos".</i>	<i>Se relaciona porque la sostenibilidad busca prácticas que promuevan la conservación y el respeto a la variedad existente en la naturaleza.</i>	<i>La sostenibilidad contempla al humano dentro de los ecosistemas y con ello a las interacciones que establece con otras especies igual de importantes.</i>	<i>Toma en cuenta a los recursos naturales, las interacciones y a las prácticas que son implementadas por las poblaciones.</i>
<b>Bi5</b>	<i>Está dentro de.</i>	<i>Está dentro de.</i>	<i>Está dentro de.</i>	<i>Está dentro de.</i>	<i>Está dentro de.</i>

Después de analizar la Tabla 20, se presenta lo expresado por los docentes de biología, señalando las ideas más importantes respecto a la relación de los tópicos centrales y la sostenibilidad.

Con relación a la **sostenibilidad** y el **equilibrio ecológico** los docentes de biología señalan que: el equilibrio ecológico es la relación entre el subsistema humano, natural y construido, donde el hombre desarrolla sus actividades, este equilibrio ecológico puede verse alterado por las acciones del humano y la sostenibilidad es una buena opción para mitigar un poco el impacto negativo. Por consiguiente, este enfoque nos ayuda a comprender que los cambios drásticos en el ambiente que pueden dañar la función y estructura del ecosistema y por otra parte proteger el ambiente y regular la explotación de los recursos naturales.

Respecto a la **sostenibilidad** y los **recursos naturales** los docentes de biología comentan que su relación es que: Los recursos naturales son los bienes o servicios que proporciona la naturaleza sin la intervención del hombre. Para llevar a cabo un manejo sostenible se deben de conocer los recursos naturales y para la sostenibilidad los recursos naturales son llamados "servicios eco sistémicos".

Referente a la **sostenibilidad** y su relación con la **biodiversidad** los docentes de química comentan que da en algunos temas como: La biodiversidad comprende tanto la diversidad dentro de una especie o un ecosistema como la diversidad entre especies o ecosistemas. El conocimiento de la biodiversidad que integra un ecosistema permitirá diseñar un plan de aprovechamiento sostenible de esos recursos. Por lo tanto, la sostenibilidad promueve la protección de la biodiversidad y prácticas de respeto a la naturaleza.

En proporción a la **sostenibilidad** y su vínculo con los **ecosistemas**, los docentes de biología señalan que se debe tomar en cuenta que: Para realizar un correcto manejo sostenible de los recursos es necesario conocer el ecosistema.

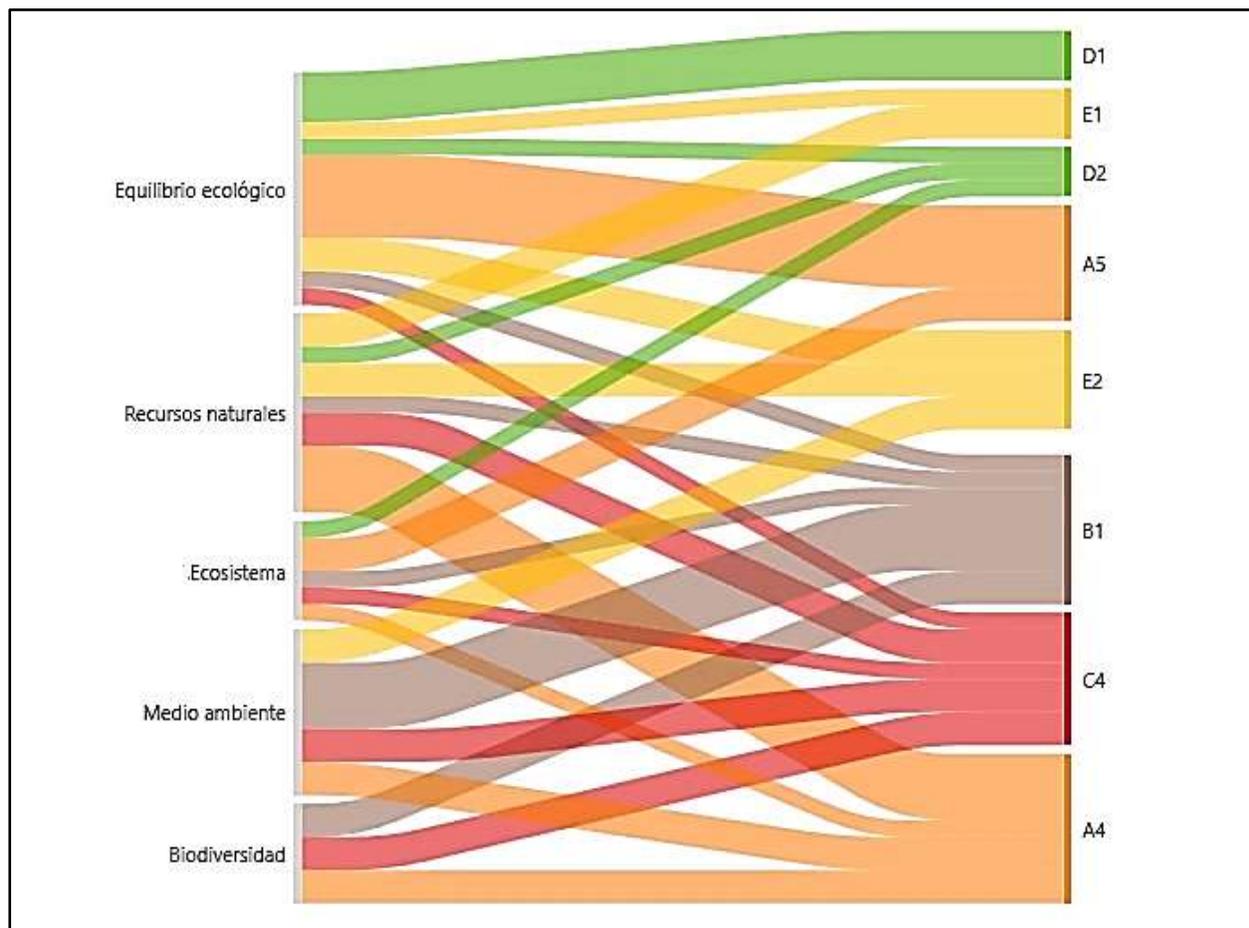
Alusivo a la **sostenibilidad** y su relación con el **medio ambiente** los docentes de química plantean que es importante porque: Permite hacer conciencia a los ciudadanos de que son parte del medio ambiente, y que su participación es importante para su conservación.

Por otra parte, en la Figura 45, se pueden observar los componentes y subcomponentes del PCK respecto a la relación que tienen con los tópicos estudiados por los profesores de biología en los CORES que son: equilibrio ecológico, recursos naturales, biodiversidad, ecosistemas y medio ambiente.

Al ver la Figura 45, se pueden analizar los resultados de componentes y subcomponentes del PCK presentes para cada tópico estudiado. Al observar la relación de la **sostenibilidad** y los tópicos de **equilibrio ecológico y ecosistema** sobre sale el componente A5 que tiene que ver con la orientación de la enseñanza de las ciencias es dirigida hacia la realización de actividades prácticas. Por consiguiente, podemos concluir de forma general, que cuando los docentes de biología enseñan sostenibilidad y lo relacionan con el equilibrio ecológico y ecosistemas, prevalecen sus ideas, sobre promover la participación de los estudiantes en actividades prácticas (manos a la obra) utilizadas para la verificación o descubrimiento. Un ejemplo es calcular la huella ecológica, ver su impacto y conocer acciones que puedan llevar a cabo para disminuir su huella ecológica (ver Figura 45).

Al examinar la conexión de la **sostenibilidad** con **recursos naturales y biodiversidad**, el subcomponente más significativo es A4, que es sobre la orientación de la enseñanza de las ciencias hacia el cambio conceptual. Por lo que, podemos concluir de forma general, que cuando los docentes de biología enseñan sostenibilidad con relación a estos tópicos, prevalecen sus ideas sobre el cambio conceptual. Es decir, incentivan a que los estudiantes a que sean críticos, muestren un

rol activo, reflexionen, planteen cuestionamientos personales, den sus puntos de vista, sean partícipes de las problemáticas ambientales locales, actúen con creatividad y motivación, desarrollen proyectos en su entorno directo y promuevan cambios de hábitos sostenibles. Un ejemplo: Que sea capaz de reflexionar sobre el impacto que tiene sus acciones en la vida diaria (ver Figura 45).



**Figura 45.** Componentes del PCK respecto a la relación que tienen con la sostenibilidad con los tópicos medio ambiente, recursos naturales, energía, cambio climático y contaminación de los profesores de química. los componentes de PCK se representan con A (naranja), B (café), D (verde), C (rojo), E (amarillo). Fuente: elaboración propia con ATLAS. Ti

Al revisar la correspondencia de la **sostenibilidad** con el **medio ambiente**, el subcomponente más relevante es el B1, que es sobre conocimiento del currículo de ciencias orientado a las ideas de los docentes sobre los objetivos de los estudiantes para aprender el tema.

A continuación, en la Tabla 21, se presenta una recopilación de varias ideas útiles para la enseñanza de la sostenibilidad y los tópicos centrales enseñados, expresadas en las CoRe por los profesores de biología estudiados.

**Tabla 21.** Recopilación de ideas útiles para la enseñanza expresadas por los profesores de biología en los CoRe.

<b>Componentes del PCK</b>	<b>Ideas útiles para la enseñanza expresadas por los profesores de biología.</b>
<b>Qué aprendizajes de la sostenibilidad, esperas que impacte en la vida cotidiana de los estudiantes.</b>	<p><i>-Mi percepción es de integrar todos estos conceptos en un cambio de hábitos (Bi1).</i></p> <p><i>-Qué consideren el daño del consumismo al medio ambiente, pero que además existen formas de conservar nuestro entorno sin afectar la economía y que la Biología no solo es un tema de conservación (Bi2).</i></p> <p><i>-Como mencioné antes hago a los estudiantes participes de la problemática que existe en su entorno directo, ya sea Xochimilco o cualquier área natural protegida de la Ciudad de México (Bi3).</i></p> <p><i>-Yo esperarí que independientemente de la carrera que elijan, siempre contemplen a la sostenibilidad como una opción viable para realizar algún proyecto en su vida profesional (Bi4).</i></p>
<b>Dificultades de aprendizaje.</b>	<p><i>-Que valoren la importancia de mantener la estabilidad o el equilibrio ecológico, ya que mucho no tiene interés en el futuro y solo se centran en sus necesidades inmediatas, lo cual en cierta forma es normal para su edad (Bi1).</i></p> <p><i>-Pues la limitación es que desconocen este tema y que hay poco tiempo (Bi2).</i></p> <p><i>-En este sentido los estudiantes ya presentan una vaga idea de lo que es un ecosistema, sin embargo, no lo ven como cercano a ellos (Bi3).</i></p> <p><i>-Su educación previa en el tema ha estado enfocado a la memorización de conceptos, y considera que son temas que demandan reflexión desde posturas humanistas. Vivir en un entorno urbanizado les aleja de experiencias personales con y en la naturaleza (Bi5).</i></p>
<b>Dificultades de enseñanza.</b>	<p><i>-Por limitación de presupuesto, grupos muy grandes, nivel económico de los propios alumnos, es complicado llevarlos a conocer la biodiversidad en campo (Bi1).</i></p> <p><i>-Es importante tomar en cuenta que dado que los estudiantes viven en zonas urbanas es difícil generar en ellos de manera más global y clara el concepto del equilibrio ecológico (Bi3).</i></p> <p><i>-Considero que me falta una mayor documentación y manejar un abanico más grande de casos de éxito (Bi4).</i></p> <p><i>-No tener la posibilidad de acercarse a ejemplos, como bosques, etc.(Bi5).</i></p>
<b>Concepciones alternativas.</b>	<p><i>-Mucho tiene la concepción de ser las especies superior, y por lo tanto el medio ambiente es ajeno a ellos o están sobre él, y que su único beneficio es verse bonito, así no expresan, pero no se siente parte del medio ambiente, ni reconocer su dependencia hacia él (Bi1).</i></p> <p><i>-Cuando se habla de medio ambiente no son incluidas las prácticas que realiza el humano (Bi4).</i></p>
<b>Evaluación y retroalimentación.</b>	<p><i>-Normalmente les pido que expliquen, ya sea con un ejemplo, historieta o comic el concepto con sus propias palabras, considero que cuando uno comprende el concepto tiene la capacidad de explicarlo de diferentes maneras (Bi1).</i></p> <p><i>-Uso exámenes, lluvia de ideas y exponen su proyecto y todos lo comentamos y de ahí evalúo pues yo hago preguntas en relación al tema (Bi2).</i></p> <p><i>-Después de realizar mapas cognitivos, la discusión permite el intercambio de ideas y la reflexión grupal e individual (Bi4).</i></p>

<b>Estrategias específicas</b>	<b>Estrategias didácticas:</b>	<p><i>-Visual, ejemplos y la aplicación en un proyecto donde este es un tema, el proyecto es el que ellos gusten hacer y aplicado a su entorno (Bi2).</i></p> <p><i>-Se lleva a cabo investigación y exposición, de un área natural protegida de la Ciudad de México (Bi3).</i></p> <p><i>-Utilizó el modelo de aprendizaje por investigación dirigida. Y hacer retroalimentaciones en todo momento (Bi4).</i></p> <p><i>-En mi caso todos los temas son desarrollados a partir de actividades desarrolladas por mí, que demanda un rol activado del alumno y la elaboración de cuestionamientos personales (Bi5).</i></p>
	<b>Materiales didácticos:</b>	<p><i>Los estudiantes desarrollan una secuencia didáctica de sustentabilidad y los recursos naturales que se centra en la realización de propuestas sustentables para la resolución de problemas que tienen que ver con el uso de recursos naturales (Bi3).</i></p> <p><i>-Procuró utilizar diagramas de flujo, mapas cognitivos y realizar discusiones grupales (Bi4).</i></p> <p><i>-Tengo una actividad que intitulé "Visualizando el impacto humano"; ésta se fundamenta en la capacidad de percibir problemas en el entorno ante determinadas imágenes (Bi5).</i></p>
	<b>Uso de modelos:</b>	<p><i>Revisamos videos y algunos artículos primero y luego les pido que busquen el nicho ecológico de tres animales diferentes, al hacer esto se dan cuenta qué importante es una especie dentro del equilibrio ecológico de un ecosistema (Bi3).</i></p>

Al analizar la tabla podemos concluir que los profesores de biología estudiados expresan varios aspectos importantes que pueden ayudar a mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la sostenibilidad y también señalan algunas dificultades. Respecto a los aprendizajes de la sostenibilidad, que esperan desarrollar los docentes que impacten en la vida cotidiana de los estudiantes, les gustaría lograr sobre todo cambio de hábitos y además: que los alumnos comprendan la importancia de contribuir al desarrollo sostenible para su vida actual y futura, comprendan la relación hombre naturaleza, que la sostenibilidad es una buena opción para mitigar el impacto negativo hacia la naturaleza, contribuir al desarrollo sustentable, reducir y minimizar el impacto ambiental, generar conciencia y protección al ambiente, cuestionar el consumismo y disminuir la generación de GEI, Que los estudiantes integren a sus vidas el respeto y compromiso del cuidado de la naturaleza, reconozcan la importancia de la sostenibilidad , que la biodiversidad es esencial para lograr el desarrollo sostenible y mejorar la calidad de vida, que sean conscientes de las consecuencias de sus acciones, etc.

Referente a las dificultades de aprendizaje, los docentes de biología señalan que los estudiantes poseen una vaga idea de los temas y los estudiantes poseen algunas concepciones alternativas.

Alusivo a las dificultades de enseñanza, los docentes de biología comentan que son: Por limitación de presupuesto, grupos muy grandes, nivel económico de los propios alumnos, tener la dificultad de viajar o visitar un ecosistema. Por lo que, los estudiantes viven en zonas urbanas y es difícil generar en ellos de manera más global y clara los conceptos, etc.

En proporción a las actividades de evaluación los docentes promueven: Elaboración de comics, mapas cognitivos, discusión grupal, explicaciones coherentes, argumentación, capacidad para ofrecer ejemplos, estudios de caso y hoja de resolución de casos, discusiones grupales, lluvia de ideas, desarrollo de proyectos, investigaciones dirigida, elaboración de mapa conceptual, exposiciones, exámenes y resolución de problemas.

Con relación a las estrategias didácticas los docentes realizan: Estudios de caso, desarrollo de proyectos, investigaciones, análisis de casos exitosos de desarrollo sustentable, trabajos escritos, elaboración de diagramas, cálculo de huella ecológica y exposiciones. También emplean diversos modelos como: Uso de analogías, ejemplos, juegos de clasificación, uso de ejemplos de la vida real, análisis de imágenes, artículos y videos.

Finalmente, en el apartado de conclusiones generales se presentan de forma detallada las conclusiones y reflexiones derivadas del análisis detallado de resultados sobre las matrices de representación de contenido (CoRe).

### **3.6. ENTREVISTAS SEMIESTRUCTURADAS**

#### **3.6.1. Diseño de Entrevistas Semiestructuradas.**

Esta etapa corresponde al objetivo OB2 de la investigación en donde se plante: Analizar el pensamiento docente a partir del conocimiento pedagógico de contenido (PCK) y las relaciones de sus componentes sobre el tema de sostenibilidad a Nivel Medio Superior. Por consiguiente, se abordará este apartado utilizando el enfoque denominado conocimiento pedagógico de contenido (Shulman, 1987) y el método cualitativo que se aplica a los docentes estudiados son las entrevistas semiestructuradas.

En el anexo A, se presentan los guiones de entrevista empleados para entrevistar a tres docentes de biología y los guiones de entrevista empleados para entrevistar a dos profesores de química. Es importante señalar que los guiones de entrevista se diseñaron de forma personalizada para cada docente con la intención de indagar y extender más la información expresada en las repuestas vertidas en las CoRes, ya que los cinco profesores entrevistados participaron en la etapa anterior de la investigación que tuvo que ver con la aplicación de los estos.

#### **3.6.2. Resultados y análisis de las entrevistas semiestructuradas**

En primer lugar, se presentarán y analizarán los resultados de las entrevistas semiestructuradas realizadas a los profesores de biología (docentes Bi2, Bi4 y Bi5), posteriormente se presentarán los resultados y análisis de las entrevistas semiestructuradas realizadas a los profesores de química (docentes Qu4 y Qu5). En segundo lugar, se presentará una recopilación de ideas útiles para la enseñanza de la sostenibilidad expresadas por los dos grupos de docentes entrevistados.

Cabe señalar que los docentes de biología y química que participaron en la entrevista, previamente desarrollaron una matriz de representación contenido (CoRe), en la etapa anterior de la investigación, por consiguiente, la entrevista tiene la finalidad de complementar la información que nos compartieron de su práctica docente y pensamiento sobre la enseñanza de la sostenibilidad. Por lo que, los aspectos evaluados en las entrevistas semiestructuradas fueron explorar con mayor detalle algunas de las ideas expresadas por los docentes en los CoRe antes estudiados. Por lo tanto, del análisis de cada entrevista se logró identificar los componentes y subcomponente del PCK

expresados por cada uno de los docentes entrevistados de acuerdo a la propuesta de Padilla y Van Driel, (2011).

Las entrevistas se codificaron empleando el programa Atlas.Ti versión (9.0), lo que permitió realizar diagramas Sankey y diagramas de coocurrencias sobre los componentes y subcomponentes del PCK identificados en el discurso de los docentes analizados. Cada fragmento expresado por los docentes en las entrevistas se encuentra integrado en el texto con letras cursivas.

A partir de la transcripción y codificación de cada entrevista se determinó la presencia y frecuencia de cada uno de los componentes y subcomponentes del PCK. Al final de cada estudio de caso analizado por docente, se integra una tabla con los resultados globales de la entrevista, dichos resultados se presentan a continuación de forma detallada.

#### **3.6.4. Análisis de resultados de la entrevista semiestructura: Docente de biología Bi2**

La entrevista con el docente Bi2 tuvo una duración aproximadamente de 27 min. Como ya se mencionó el docente Bi2 forma parte del Instituto de Educación Media Superior (IEMS) de la CDMX, en donde imparte las asignaturas de Biología y Etología a nivel bachillerato, tiene 15 años de experiencia docente y cuenta con estudios de maestría. A continuación, se presentan algunas preguntas y respuestas relevantes de la entrevista. También en la Tabla 18 se muestra un extracto de las preguntas de la entrevista, la relación de los aspectos del PCK evaluados en la entrevista y algunos ejemplos de lo expresado por el docente Bi2. Las letras cursivas presentes en el análisis corresponden textualmente a lo dicho por el profesor Bi2 durante la entrevista.

El docente Bi2 expresa en la entrevista que el constructo que utiliza relacionado con la sostenibilidad es “*desarrollo sustentable*”, entendido como: *el de desarrollo que satisfaga las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras.*

Por otra parte, el docente Bi2 expresa en la entrevista algunos conceptos centrales para la enseñanza de la sostenibilidad que son: ecosistemas, biodiversidad y ecología. Además, el profesor menciona la importancia del desarrollo sustentable, así como las conexiones entre otros tópicos que considera claves para abordar este tema que son: servicios eco-sistémicos, ciclos biogeoquímicos, mega diversidad en México, manejo de los recursos naturales, impacto ambiental, impacto de las acciones humanas y conservación (ver en Tabla 18).

El profesor Bi2 al hablar sobre los **ecosistemas** expresa lo siguiente: *Entonces lo más inmediato que tienen son los ecosistemas mexicanos, entonces parto de enseñarles cómo son estos ecosistemas y estos territorios, trató de impactar precisamente por esta edad que ellos tienen con algunas imágenes de las áreas naturales protegidas más bonitas y que precisamente tienen esta diversidad eco sistémica.*

Respecto a la conexión entre **ecosistemas** y **servicios eco sistémicos**: *a partir de ahí, entonces abordó la importancia de los servicios eco sistémicos, que es todo el beneficio que obtenemos de esos ecosistemas.*

Sobre la conexión entre **ecosistemas** y **biodiversidad**: *Entonces de alguna manera también hacerles conscientes de la importancia de la conservación de estos ecosistemas y de la responsabilidad que ellos tienen al ser mexicanos y ser México un país mega diverso.*

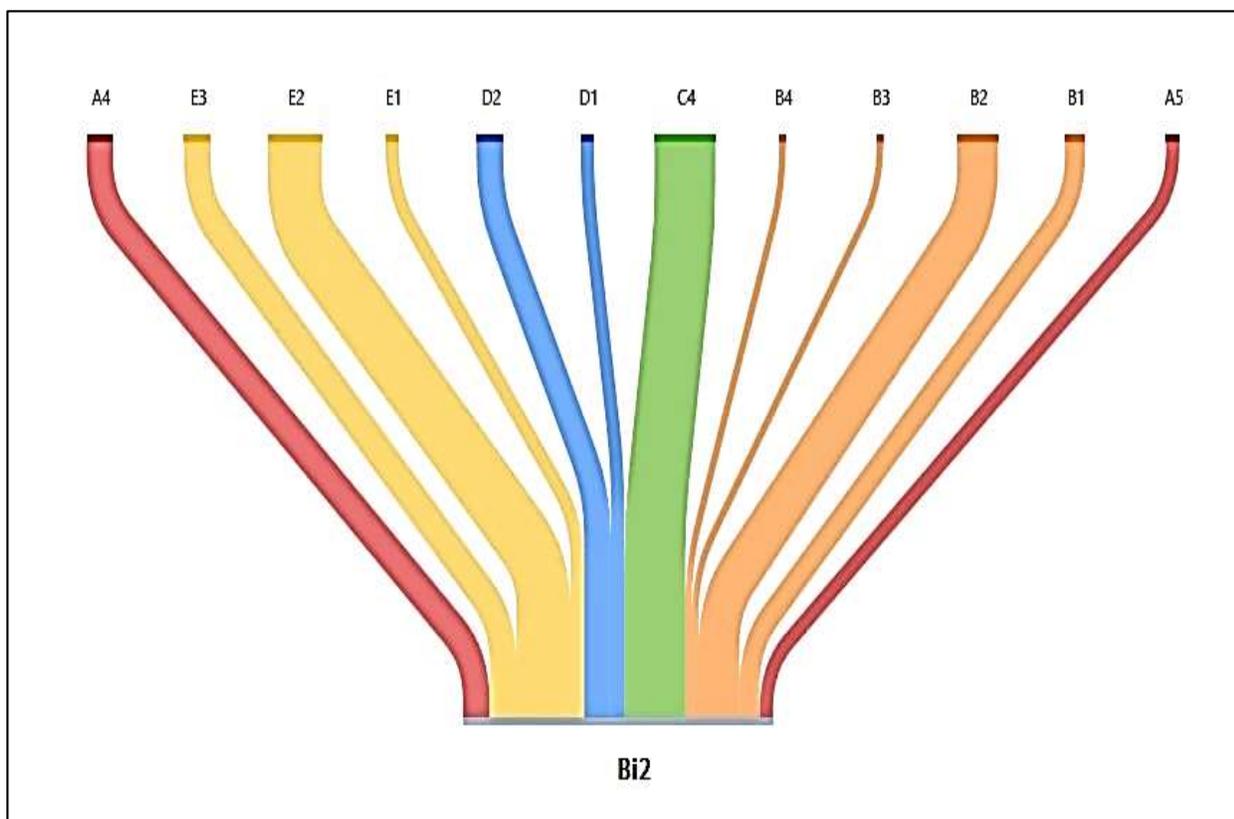
Referente al tópico de **ecología** y la conexión entre **biodiversidad**, **ciclos biogeoquímicos** e **impacto ambiental** el profesor Bi2 expresa lo siguiente: *Por ejemplo, en mi primer objetivo yo casi me llevo la mitad del semestre, porque pues parte de lo que es la ecología población es lo que eso es lo que es la biodiversidad, abarcó los reinos y grupos principales y, de ahí me salto precisamente a los ecosistemas, a los ciclos biogeoquímicos. ¿sabes? es como que mucho trabajo antes de poder abordar este segundo objetivo, que es precisamente el de impacto ambiental.*

Mientras que sobre el **impacto de las acciones humanas** y la **conservación** menciona: *Bueno, ellos tienen que entender que estamos ya a un grado de degradación de nuestro planeta muy importante. Porque al final de cuentas se viene todo un cambio climático, el estrés hídrico, por ejemplo, que ahorita tenemos en México, por la ausencia de lluvias. Entonces, pues es importante abordar, porque también dentro de los objetivos del desarrollo sustentable, pues está la conservación y cuando yo lo abordé también les comentó que esto no es un tema solamente de biología.*

En otro orden de ideas, con relación a los componentes y subcomponente del PCK podemos observar que en las respuestas del docente Bi2, prevalece el subcomponente A4 referente a las orientaciones de la enseñanza de la ciencia (A), como se presenta en el siguiente párrafo: *a) Entonces de alguna manera también hacerles conscientes de la importancia de la conservación de estos ecosistemas y de la responsabilidad que ellos tienen al ser mexicanos y ser México un país mega diverso (A4). b) tienen que entenderlo porque es una necesidad debido, pues a esta*

degradación que prácticamente estamos en un límite planetario e incluso ya desde hace 4 años se habla de que ya nos gastamos hasta cuatro planetas, no entonces pues sí, hacerles conciencia de la temática y por eso lo abordó de esta manera (A4). Este enfoque implica que los estudiantes son presionados para dar sus puntos de vista sobre el mundo, reflexionar sobre la conservación de los ecosistemas y ser conscientes de las repercusiones de las acciones humanas sobre el planeta (ver Figura 45).

Relativo al componente B del PCK, referente al conocimiento del currículo de ciencias, destaca el subcomponente B2, respecto a las ideas de los docentes sobre los objetivos de los estudiantes para aprender el tema, como se puede ver en la siguiente frase: a) *De hecho, dentro del primer tema cuando abordó ecología porque creo que el programa es muy general y les hago ese énfasis, aunque en biología 1 lo vemos como un área de la biología (B2).* b) *Me sirve para lo que les van a preguntar también en licenciaturas, si ellos quieren aplicar para un examen UNAM y poli, entonces pues me enfocó en esos temas y voy trabajando las guías con ellos (B2).*



**Figura 45.** Diagrama Sankey sobre los componentes y subcomponentes del PCK en el perfil docente Bi2.

Concerniente al componente C del PCK sobre la comprensión científica de los estudiantes, en las respuestas podemos observar que predomina el subcomponente C4: a) *La Biología es una*

*ciencia que también se va a respaldar de otras ciencias, por ejemplo, la matemática, la química, obviamente la biología, la geografía y que éste a su vez, pues va a tener un impacto con otras áreas que no son ciencia, sino que son más de contextos sociales cómo sería la sociología, cómo sería la economía, cómo sería el derecho para abrirles un panorama y quitarles esa idea de que la biología, pues solamente se encarga de conocer a los seres vivos y de conservar, pues a los animales y las plantas (C4). b) También les manejó el círculo, no de que es un equilibrio entre lo económico, lo político, lo ambiental y lo social. Entonces a lo mejor me lo pueden describir de esta manera para ellos, a lo mejor es más gráfico, más visual y lo hacen, pero otra forma de cómo ellos me lo explican (C4). Como se puede analizar el subcomponente C4 tiene que ver con las creencias de los docentes relacionados al conocimiento que ellos asumen o creen que los estudiantes pueden o no poseer; o el conocimiento que los profesores piensan los estudiantes deberían aprender (Figura 45).*

Alusivo al componente D que es sobre el conocimiento de la evaluación en la entrevista domina el subcomponente D2, como se puede examinar en los siguientes comentarios: *a) Como tal en este objetivo, a ellos les dejó la propuesta como una evaluación de que ellos busquen un tema. ¿Cómo aplicar una eco-tecnología?, pero enfocada al desarrollo sustentable. Entonces la idea es que ellos lo hagan en su localidad, no, porque al final de cuentas ellos tienen que voltear a mirar lo que tienen de manera inmediata y a partir de sus deficiencias que ven eco-sistémicas en su área, pues entonces que propongan (D2). b) Bueno trabajo una guía, una guía que, es como mi base, tienen esquemitas diagramas y la verdad es que tiene cuadritos muy pequeñitos, porque a mí lo que me gusta es que la pongan sus palabras más importantes, no las palabras clave, entonces utilizó la guía que tiene diagramas, tiene búsqueda de páginas (D2). Como se puede analizar el subcomponente D2 tiene que ver con el tipo de estrategias que son empleadas por los docentes para evaluar la comprensión de los estudiantes (Figura 45).*

Relacionado con el componente E del PCK, que es sobre las estrategias instruccionales, sobresale el subcomponente E2, como se puede notar en los siguientes ejemplos: *a) Entonces pues voy dependiendo también de cómo es el grupo, no porque hay grupos que son muy activos como el que ahorita me tocó y pues puede hacer muchas cositas, pero anteriormente pues me tocó un grupo como que hay que estarlos jalando más, entonces quedó con la guía y que desarrollen algún ensayo, entonces también depende mucho de cómo estén los estudiantes es como yo abordo estás técnicas o las estrategias (E2). Si esta chica quedó encantadísima, hizo su jardín de colibríes (E3),*

un calendario (E2) en donde expuso, pues todos los programas de cómo se movía el colibrí cuando no encontraba alguna foto o dibujo (E2). Como se puede analizar el subcomponente E2 tiene que ver con las representaciones específicas del tema (ejemplo: ilustraciones, ejemplos, modelos y analogías), aunque también sobresale el subcomponente E3 en la estrategia de construcción y guías de observación del jardín de colibrís (Figura 45).

A continuación, en la Tabla 22 se presenta las preguntas de la entrevista al docente Bi2, otros ejemplos de las frases expresadas y los componentes y subcomponente del PCK evaluados en la entrevista que no fueron presentados durante el análisis.

**Tabla 22.** Relación de otros aspectos del PCK evaluados en la entrevista del docente Bi2.

<b>Relación de los aspectos del PCK evaluados por la entrevista del docente Bi2</b>		
<b>Preguntas</b>	<b>Componentes del PCK</b>	<b>Ejemplos de lo expresado por el docente Bi2</b>
¿Qué quiere que los estudiantes aprendan en torno a la importancia de la sostenibilidad?	Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)	<i>Bueno, principalmente, quiero que conozcan los ecosistemas, no siempre parto de la enseñanza de ecosistemas mexicanos, porque al final de cuentas estamos trabajando con estudiantes que están en una edad entre 15 y 20 años y su cerebro de alguna manera no piensa a largo plazo o metas muy lejanas, ¿no? (C4).</i>
Dentro de la estructura curricular de las asignaturas de biología que impartes, ¿existen estos temas o es una iniciativa personal abordarlos?	Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B)	<i>-No, es una iniciativa personal porque bueno, la escuela, el modelo en donde yo trabajo, pues es un proyecto educativo, entonces el objetivo es muy general, nada más lo que nos pide es, pues es dar una explicación de lo que sería el manejo de los recursos, el impacto ambiental, pero no hay cómo que objetivos muy específicos que nos dirijan a qué temas aborda para llevar esta información (B4).</i>
Menciona el impacto de las acciones humanas al respecto, ¿por qué usted cree importante esta relación y cómo lo podríamos asociar con la enseñanza de la sostenibilidad?	Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)	<i>- Bueno, ellos tienen que entender que estamos ya a un grado de degradación de nuestro planeta muy importante, ¿no? Recientemente he visto o leído algunos artículos donde mencionan que la pandemia se va a quedar corta en relación al problema que tenemos hoy con la degradación del medio ambiente, ¿no? Porque al final de cuentas se viene todo un cambio climático, el estrés hídrico, por ejemplo, que ahorita tenemos en México, por la ausencia de lluvias (C4).</i>
¿Qué constructo es el que tú empleas?	Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B)	<i>Yo les hablo de desarrollo sustentable, pero también les hago hincapié que pueden encontrar otras variantes, porque esto es un término que ha sido traducido entonces donde ellos se encuentran, sustentabilidad es sustentable, pues vamos a estar dentro de la misma temática, aunque yo les manejé el término de la ONU (B2).</i>
Ahora, ¿respecto a las dificultades o limitaciones que has notado en los estudiantes para abordar estos temas?	Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B)	<i>-No yo creo que como tal, no más bien es que ellos desconocen el tema. - Sin embargo, yo también les hablé que esta es una ciencia que la ecología requiere matemáticas que se basa en muchos modelos matemáticos y que es una ciencia que se aplica de manera interdisciplinaria (B1).</i>

<p>Respecto a esta interacción de disciplinas ¿has implementado algún proyecto o alguna actividad en donde compartas con otros profesores de otras áreas, esta línea de interdisciplinaria para enseñar?</p>	<p>Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)</p>	<p><i>Entonces creo importante ahorita que ellos vean la importancia que tienen las áreas verdes, como éstas pueden ser barreras para evitar este contacto que pueda estar del ser humano a estos animales silvestres, ideal para los cuáles no tenemos defensas inmunológicos, entonces esto sí ha sido como más personal más de la asignatura y en el contexto de los jardines de los colibrís. Pues sí lo he llevado de manera interdisciplinaria (C4).</i></p>
	<p>Conocimiento de estrategias instruccionales (E)</p>	<p><i>- pues les propuse el tema de áreas verdes, porque precisamente trabajo y jardín de colibrís, que ahí sí lo he llevado a cabo como un trabajo interdisciplinario, pero no ha pegado tanto a la sustentabilidad, sino para hacer conciencia (E3).</i></p> <p><i>-De hecho, ahorita he estado trabajando el tema de colibrí terapia, que es un tema que me gusta mucho porque es tratar de que estos estudiantes se vuelvan empáticos con su fauna urbana, que en este caso pues yo elijo la de los polinizadores y en este caso ahorita distancia, pues me ha ayudado mucho (E3).</i></p>
<p>Entiendo qué en esta parte está el área de rúbricas, ¿no? ¿utilizas otro instrumento para evaluar?</p>		<p><i>- Por ejemplo, ¿que son los IMECAS?, no para que ellos también tengan este conocimiento, porque de repente hay días del no circula, entonces esa es una parte (D1).</i></p> <p><i>- Otra, pues que lean artículos, por ejemplo, este de PDF, no de los servicios eco sistémicos de CONABIO (D2).</i></p>
<p>En ese sentido, ¿tú creaste esos materiales didácticos, por ejemplo, esta guía que tú utilizas, tú la diseñaste?</p>	<p>Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)</p>	<p><i>Bueno trabajo una guía. Entonces, pues de alguna manera voy agarrando de todo, viendo ¿cuáles son estos puntos más importantes que deben de tener los estudiantes? Tampoco me gusta, así como que saturarlos de tanta información, porque al final de cuentas se llenan y ya no quieren hacer nada, no, entonces me enfocó hasta obtener lo más representativo para mí (C4).</i></p>
<p>¿Has identificado alguna concepción alternativa que sea como muy recurrente en tus estudiantes al abordar estos temas?</p>	<p>Conocimiento de evaluación en Ciencias (D)</p>	<p><i>De hecho, en el proyecto es una pregunta, porque el examen es que ellos, aparte del trabajo escrito que ellos también les voy a ir haciendo observaciones, objetivo, planteamiento, hipótesis, es que ellos me entregan el trabajo escrito. ¿Y hay una fecha para que ellos expongan, entonces llevan sus maquetitas y yo les voy haciendo como preguntas enfocadas al tema, por ejemplo, que es desarrollo sustentable como lo aplicas, y entonces ellos ya tienen que tener el panorama de decirme ¿cómo pueden manejar el desarrollo sustentable dentro de su proyecto? Entonces, así lo trabajamos y sus compañeros pueden hacer iguales cualquier pregunta (D2).</i></p>
<p>¿Qué habilidades consideras que deben poseer los profesores, digamos, de tu ámbito de la biología es la institución para poder desarrollar estos temas o contenidos?</p>	<p>Orientación hacia la enseñanza de las ciencias (A)</p>	<p><i>-Entonces creo, pero además de ser una parte teórica, también tiene que ser activa, o sea, el docente no se tiene nada más que quedar con dar el tema las problemáticas, lo que puede ser la solución es llevar a los estudiantes a que lo hagan y yo creo que con este proyecto y cómo lo he visto, también con los jardines de los colibrís que luego me ayudan (E3). Ósea involucrarlos en la problemática hace mucho más efectivo este conocimiento que al final de cuentas los lleva a un análisis (A5).</i></p> <p><i>-Entonces ahorita es un tema de certificaciones, precisamente los colibrís de la Ciudad de México. Entonces creo que aquí el involucrarlos hacen ellos un impacto que los lleva a esta conciencia y a conservarlos (A5).</i></p>

	Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B)	<i>-Pues yo creo que la actualización y más que nada en el área de educación ambiental, creo que la base es la educación ambiental para poder abordar el tema de la sustentabilidad, porque si no se queda en pura teoría y entonces hasta flojera luego ¿no?, porque son temas, que si no se sabe manejar a los a los estudiantes no les interesa, se quedan en lo mismo, no en la conservación del animalito y que no lo toques (B2).</i>
Y ahora, respecto a principios y valores que tú consideras que promueves en tus clases asociados a esta temática, ¿cuáles serían esos principios y valores?	Orientación hacia la enseñanza de las ciencias (A)	<i>Pues, de entrada, por mi formación y por el tema que a mí me gusta y manejo más, pues es la empatía con los seres vivos. Entonces, lo primero que hago es generar empatía, que sean solidarios con estas especies, que sean responsables, que tengan respeto por estas formas de vida (A4).</i>  <i>-Incluso yo creo que parte del feminismo y todas estas situaciones que suceden y que precisamente también es un objetivo del desarrollo sustentable, la equidad, pues no se va a lograr si no nos bajamos a este nivel de estar empáticos, solidarios con las demás especies. Creo que hay que llegar a esa sensibilidad a este nivel educativo (A4).</i>
¿Qué herramientas tecnológicas has empleado?	Conocimiento de estrategias instruccionales (E)	<i>- Lecturas (E2), videos (E2), PDFs (E2), internet (E3), nada más. Y el classroom (E1). Bueno, también Facebook (E1) y Messenger (E1), aunque después ya vi que era mejor el classroom, tenían como más inmediata la información.</i>

### 3.6.5. Análisis de resultados de la entrevista semiestructurada: Docente de biología Bi4

La entrevista con el docente Bi4 tuvo una duración aproximadamente de 20 min. Como ya se mencionó el docente Bi4 pertenece al Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM, imparte diferentes asignaturas a nivel bachillerato que son Biología, tiene 1 año de experiencia docente y cuenta con estudios de licenciatura. A continuación, se presentan algunas preguntas y respuestas relevantes de la entrevista. También en la Tabla 22, se muestra un extracto de las preguntas de la entrevista, la relación de los aspectos del PCK evaluados en la entrevista y algunos ejemplos de lo expresado por el docente Bi4. Las letras cursivas presentes en el análisis corresponden textualmente a lo dicho por el profesor Bi4 durante la entrevista.

El docente Bi4 expresa en la entrevista que el constructo que utiliza de forma superficial es **“sostenibilidad”**: *Pues yo la verdad no entró mucho como en esta parte, simplemente les comento que tienen que respetarse las tres esferas de la sostenibilidad que son la ambiental, ecológica y económica.*

Por otra parte, el docente Bi4 expresa en la entrevista algunos conceptos centrales para la enseñanza de la sostenibilidad que son: servicios eco sistémicos, equilibrio ecológico, biodiversidad y las tres esferas de la sostenibilidad. Además, el profesor menciona la importancia

de la “sostenibilidad”. También señala conexiones entre tópicos que considera claves para abordar este tema que son: el valor que tiene la naturaleza en nuestra vida cotidiana, el impacto con relación de las actividades humanas en la biodiversidad y en el equilibrio ecológico y políticas ambientales (ver en Tabla 23).

También el docente Bi4 establece una conexión entre **servicios eco sistémicos** y el **valor que tiene la naturaleza** en nuestra vida cotidiana: *Entonces aquí la idea es que los alumnos reconozcan que están estos servicios ecosistémicos. Pero sí que tengan un conocimiento general y que justamente, también se han reconocido de que la naturaleza tiene una es un valor dentro de dentro de nuestras escalas de valores.*

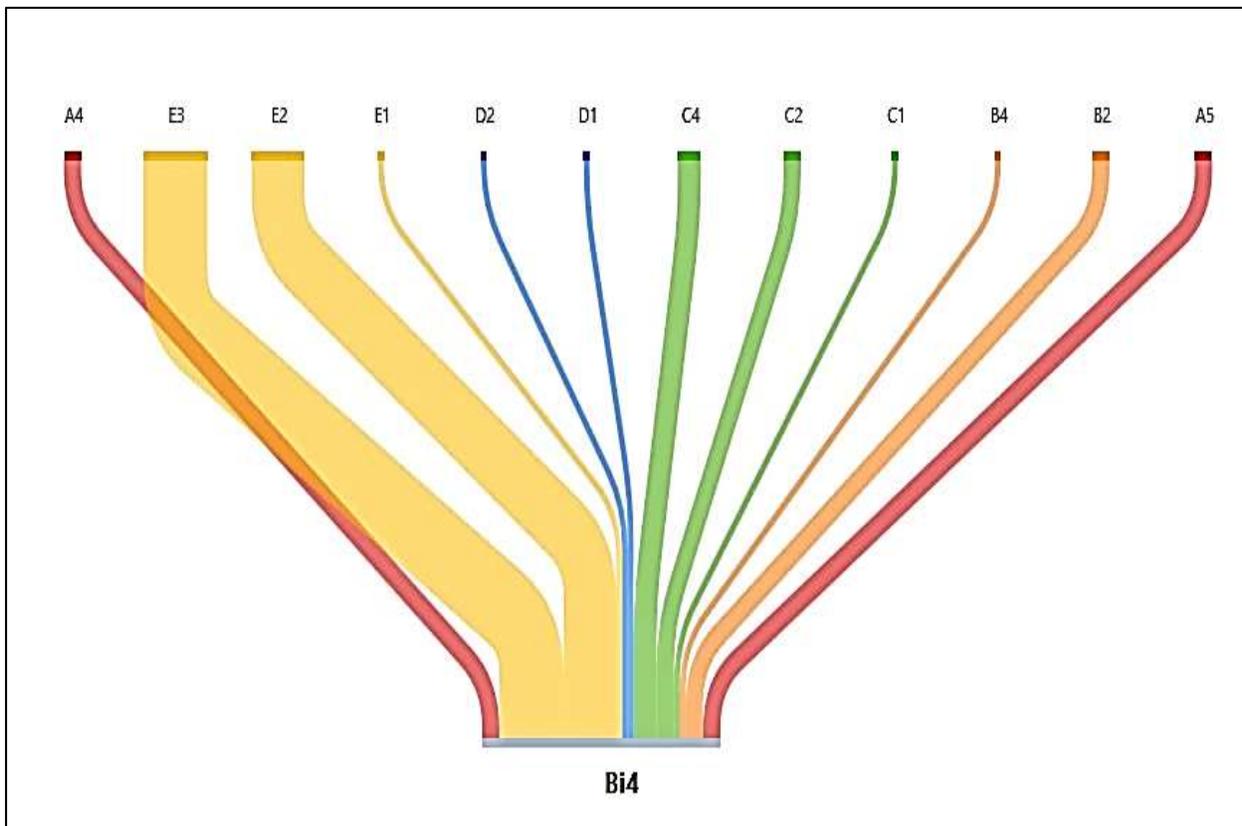
Con relación al tópico de **biodiversidad** dice: *Entonces, ya que se termina de verse aborda el de importancia de la biodiversidad, en donde se les menciona que una de las consecuencias que ha traído este desequilibrio ecológico, pues es que la biodiversidad se ha visto afectada. Por ejemplo, podemos ver que está, por ejemplo, la extracción de especies, también que está la inserción de especies que son invasoras y todo esto causa una afectación.*

El docente Bi4 también habla sobre la conexión entre **biodiversidad** y el **equilibrio ecológico**, expresando lo siguiente: *Entonces se parte de la idea que existen algunos factores que afectan a esta parte de la biodiversidad y, por ende, al equilibrio ecológico.*

El docente Bi4 también señala la relación entre **la sostenibilidad** y el **equilibrio ecológico**, expresando lo siguiente: *Y ahora se les plantea el punto de bueno, ¿cuáles son las alternativas que se pueden dar para abordar a este desequilibrio? Y ahí es en donde, en mi práctica docente yo les hablo de esta parte de la sostenibilidad como una nueva alternativa.*

El docente Bi4 también resalta un vínculo entre **la sostenibilidad** y las **carreras que los estudiantes van a estudiar**, diciendo lo siguiente: *Entonces lo que hago es qué les planteó la situación de que cuando se habla de un proyecto sostenible es para abordar situaciones que son complejas o que son complicadas y por lo tanto requiere de la ayuda de especialistas de diversas disciplinas ¿no? entonces. Entra como en juegos esta parte del rol, bueno yo quiero estudiar, no se diseñó a pues voy a hacer el especialista en diseño. A lo mejor voy a trabajar con un especialista en biología o a lo mejor con un médico no, entonces como que esa eh notado que ese planteamiento a ellos les genera interés y aparte compromiso, la verdad yo los veo muy propositivos.*

En otro orden de cosas, con relación a los componentes y subcomponente del PCK podemos observar que en las respuestas del docente Bi4, prevalece el subcomponente A4 referente a las orientaciones de la enseñanza de la ciencia (A), como se presenta en el siguiente párrafo: a) *Sí, bueno, yo tengo la concepción de que la creación de estos servicios eco sistémicos es justamente para evidenciar el valor que tiene la naturaleza en nuestra vida cotidiana (A4).* b) *Entonces esas preguntas las discuten ellos también, por ejemplo, cuando se habla sobre explotación de organismos o más bien nada más, más que explotación es como venta ilegal de organismos (A4).* Este enfoque implica que los estudiantes son presionados para dar sus puntos de vista sobre el mundo, reflexionar sobre su vida cotidiana y diversas problemáticas como la explotación de los organismos vivos (ver Figura 46).



**Figura 46.** Diagrama Sankey sobre los componentes y subcomponentes del PCK en el perfil docente Bi4

Relativo al componente B del PCK, referente al conocimiento del currículo de ciencias, destaca el subcomponente B2, respecto a las ideas de los docentes sobre los objetivos de los estudiantes para aprender el tema, como se puede ver en la siguiente frase: a) *Después de eso se les planteó una presentación que se titula “Soluciones basadas en la naturaleza”, no en donde se les empieza a hablar sobre, por ejemplo, Mario Molina, que más o menos por ahí de 1972 comenzó*

con algunos esfuerzos internacionales. b) También el poder en algún momento llegar a acuerdos, creo que eso es muy importante y también que constantemente se estén actualizando, ¿no? y no solamente en temas relacionados con la biología, sino con otras disciplinas (B2). Lo anterior implica un conocimiento de los docentes sobre metas, directrices y líneas que guía a través de los temas (tópicos).

Concerniente al componente C del PCK sobre la comprensión científica de los estudiantes, en las respuestas podemos observar que predomina el subcomponente C4: a) *Por ejemplo, podemos ver que está, por ejemplo, la extracción de especies, también que está la inserción de especies que son invasoras y todo esto causa una afectación. Y ahora se les plantea el punto de bueno, ¿cuáles son las alternativas que se pueden dar para abordar a este desequilibrio? Y ahí es en donde bueno, en mi práctica docente yo les hablo de esta parte de la sostenibilidad como una nueva alternativa (C4).* b) *Sí, sí, veo que influyen, yo creo que todos están muy familiarizados con este tema que es súper importante, ¿no? eh? No bueno, es que no sé qué tanto, obviamente cada grupo varía, pero yo he notado que todos los grupos que he atendido con esto con estos temas siempre están muy familiarizados y como son eh cuestiones que uno va observando en la cotidianidad, ellos vayan a ellos ya lo saben, ya están familiarizados con eso (C4).* Como se puede analizar el subcomponente C4 tiene que ver con las creencias de los docentes relacionados al conocimiento que ellos asumen o creen que los estudiantes pueden o no poseer; o el conocimiento que los profesores piensan los estudiantes deberían aprender (Figura 46).

Alusivo al componente D que es sobre el conocimiento de la evaluación en la entrevista están equilibrados los subcomponentes D1 y D2, como se puede examinar en los siguientes comentarios: a) *Los integrantes de su equipo también tenían que tomar en cuenta el factor que querían abordar e iban a tomar en cuenta este una rúbrica de evaluación no que les había proporcionado (D1).* b) *Y ya después de eso ya lo desarrollaban y al último ya se presentaba el, pues el producto final que era la presentación (D2).* Como se puede analizar el subcomponente D1 está relacionado con los conocimientos de aquellos conceptos que son importantes de evaluar a través una rúbrica. Respecto al subcomponente D2 tiene que ver con el tipo de estrategias que son empleadas por los docentes para evaluar la comprensión de los estudiantes a través de su exposición o desarrollo de proyectos (ver Figura 46).

Relacionado con el componente E del PCK, que es sobre las estrategias instruccionales, sobresale el subcomponente E3, como se puede notar en los siguientes ejemplos: a) *Y después de*

desarrollar la estrategia que yo implementó sobre estos proyectos sostenibles, lo que les pregunto es bueno ¿qué te qué te hace sentir después? ¿no?, por ejemplo, también, ¿cuál sería la ventaja de implementar un proyecto sostenible dentro de tu carrera? ¿No? Y ahí ya ellos se explayan (E3).

b) Por así decirlo, este lo que ellos hacen es que realizan una búsqueda a través de las redes sociales, como son Facebook, con palabras clave como especies exóticas ¿no? y ya ellos de las búsquedas que les arroje toman captura y la comparten en el muro de Microsoft teams. Entonces ahí vimos un montón de cosas, como, por ejemplo. Bueno como un jaguar un tigre así cosas tremendas, ¿no? Y entonces eso pues a ellos los, pues si los desmotivó, no un poco, pero esa misma discusión la retomamos en la siguiente sesión con la pregunta de ¿cómo te sentiste? y ¿cuáles son las alternativas o las estrategias que tú pudieras realizar para abordar algunos de estos factores?, ¿no? Y ya ellos empiezan a comentar ah, pues yo haría esto, haría una campaña (E3). Como se puede analizar el subcomponente E3 tiene que ver con el conocimiento de estrategias y actividades específicas como la resolución de problemas, demostraciones, simulaciones o experimentos (Figura 46).

A continuación, en la Tabla 23 se presenta las preguntas de la entrevista al docente Bi2, otros ejemplos de las frases expresadas y los componentes y subcomponente del PCK evaluados en la entrevista que no fueron presentados durante el análisis.

**Tabla 23.** Relación de otros aspectos del PCK evaluados en la entrevista del docente Bi4.

<b>Relación de los aspectos del PCK evaluados por la entrevista al docente Bi4</b>		
<b>Preguntas</b>	<b>Componentes del PCK</b>	<b>Ejemplos</b>
¿podría explicarnos con más detalle que quiere que los estudiantes aprendan en torno a los servicios eco sistémicos y cómo se relaciona con la sostenibilidad?	Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)	-Y de ahí que, por ejemplo, hay servicios eco sistémicos que son como ornamentales, hay otros que son propiamente para abastecimiento de agua. Entonces aquí la idea es que los alumnos reconozcan que están estos servicios eco sistémicos(C4).
¿Nos podría decir cómo relaciona el equilibrio ecológico con la sostenibilidad y por qué es importante para usted señalarlo?	Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B)	-Sí, claro, bueno, por ejemplo, dentro de la asignatura de biología cuatro están los subtemas que son factores que afectan a la biodiversidad, de importancia de la biodiversidad y el último que es conservación de la biodiversidad (B4).
¿Qué concepto, empleo, qué enfoque de sostenibilidad, porque sabemos que de repente variaciones en cuanto a los términos o los enfoques teóricos?	Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)	Bueno de ahí, por ejemplo, lo que yo hago en mi práctica docente es que trato de vincular también con las carreras que ellos desean estudiar, esto para generar en ellos una invitación, bueno no se van a dedicar a la biología, pero desde sus disciplinas pueden tener una alternativa como para poner este granito de arena, una cosa por el estilo (C4).

<p>¿Que más sabe usted sobre estos contenidos? ¿algo relevante o algo extra que usted sepa que quizás no se los enseña a sus estudiantes? ¿Pero que le ayude este conocimiento a su desempeño en práctica docente?</p>	<p>Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B)</p>	<p><i>Pues lo que se no es así como muy profundo de cada uno de estos, pero eh sí, sobre políticas ambientales no en donde eh. Estoy yo como como mencionan, no se lo comentó a los a los a los alumnos, pero si lo toma en cuenta para ¿Como para sustentar esta práctica? No porque digo, al final de cuentas tiene que tener un objetivo y si parto con este objetivo como central que vaya es intrínseco en la práctica (B2).</i></p>
<p>¿Ha notado alguna dificultad o limitación que se presenten los estudiantes al aprender estos temas?</p>	<p>Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)</p>	<p><i>Al inicio y si lo puedo entender, a ellos les genera incertidumbre, no porque, por ejemplo, cuando abordamos está parte de los factores que afectan a la biodiversidad, pues sí hay cosas que ellos ya lo saben, sí les causa conflicto no y también creo que un poco de preocupación porque piensan que a lo mejor estos no pueden tener un impacto directo para bueno como un impacto positivo que sea directo, no se puede ser una limitante (C2).</i></p>
<p>Relacionan con el pensamiento de los estudiantes, ¿usted qué cree que sea lo que influye en su aprendizaje? Ósea, ¿los nota e interesados motivados o son temas que quizás no influyen en el pensamiento del estudiante?</p>	<p>Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)</p>	<p><i>- Y yo veo que les llama mucho la atención ¿no? Por ejemplo, yo tenía un alumno que ya empezaba a utilizar esta parte de este, pues que los jabones sólidos, así como que tenía ese interés. Y creo que algo que decidí implementar en la práctica es justamente esta parte de vincularla con la carrera que ellos desean, estudiar cómo son alumnos de sexto semestre (C2).</i></p>
<p>Respecto ¿algunas concepciones alternativas que haya identificado en sus estudiantes? ¿habría alguna que le llame la atención o que sea como más recurrente?</p>	<p>Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)</p>	<p><i>Pues yo no he notado eso (C1).</i></p>
<p>En el sentido de los profesores, ¿qué habilidades piensa que deben tener los profesores de su institución, para poder abordar estos temas de la enseñanza de la sostenibilidad y los tópicos asociados?</p>	<p>Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B)</p>	<p><i>-Pues, por ejemplo, que sean habilidades relacionadas con el trabajo colaborativo ¿no? y esto tiene relación como con el respeto, tolerancia (B2).</i></p>
<p>Respecto a algunos valores que usted promueve en su clase respecto a este tema, ¿hay algunos?</p>	<p>Orientación hacia la enseñanza de las ciencias (A)</p>	<p><i>Pues sí, es el respeto, la tolerancia, también la honestidad. Sí, yo creo que eso es básicamente serían, pero aparte de los valores, lo que yo trato también es de ver a esta parte afectiva, no de bueno a ver ¿Qué sentiste cuando vimos estos factores? Bueno, pues me sentí este muy angustiado, ¿no? (A4).</i></p>
<p>Ahora que menciona las estrategias, ¿qué estrategias son las que más utiliza para enseñar estos temas?</p>	<p>Orientación hacia la enseñanza de las ciencias (A)  Conocimiento de estrategias instruccionales (E)</p>	<p><i>-Utilizó estrategias como, por ejemplo, la última que realicé fue una presentación que es interactiva, utilice genially (E3), entonces, yo les proporciono esta actividad y ellos a través de los puntos que se plantean en genially que son los factores que afectan a la biodiversidad (E3), ellos exploran una serie de videos (E2), los discuten (E3), hay unas preguntas que ya son dirigidas (E3). -Posteriormente se les planteó el análisis de un vídeo (E2) ¿qué rescatas 5 proyectos? Ellos lo analizaban y así como que iban desmenuzando hasta llegar a la parte de las 3 esferas de la sostenibilidad (E2). Y ya después se les</i></p>

		<i>planteó un proyecto de proyecto de la cooperativa de Tosepan Kali como un ejemplo en México (A5 y E3). - Y ya para la siguiente sesión, ahora sí se les planteaba el taller, no en donde ellos tenían que tomar en cuenta todas las carreras que querían estudiar (E3).</i>
Respecto a las herramientas tecnológicas, sobre todo ahora que estamos en tiempos de COVID que hemos tenido que fortalecer la enseñanza virtual, ¿qué herramientas ha empleado profesora?	Conocimiento de estrategias instruccionales (E)	<i>-He utilizado, por ejemplo, para lluvia de ideas (E3), para explorar las ideas previas, Mentimeter (E2). -He utilizado también la pizarra de zoom que está disponible también Microsoft teams (E2), también los formularios de Microsoft teams (E2), para hacer este, por ejemplo, ellos entregaban un borrador inicial y con estos formularios fueron con los que sé que trabajo.</i>
Por mi parte sería a todas las preguntas de la entrevista, ¿quiere agregar algún comentario más?	Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)	<i>Pues lo que sí quisiera agregar, es que yo la verdad, sí me siento motivada porque si veo que en general si tienen un interés y también una motivación por abordar esos esos temas, ya sería el único (C2).</i>

### 3.6.6. Análisis de resultados de la entrevista semiestructurada: Docente de biología Bi5

La entrevista con el docente Bi5 tuvo una duración aproximadamente de 32 min. Como ya se mencionó el docente Bi5 forma pertenece al Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM, imparte diferentes asignaturas a nivel bachillerato que son Biología, tiene 3 de experiencia docente y cuenta con estudios de licenciatura. A continuación, se presentan algunas preguntas y respuestas relevantes de la entrevista. También en la Tabla 24 se muestra un extracto de las preguntas de la entrevista, la relación de los aspectos del PCK evaluados en la entrevista y algunos ejemplos de lo expresado por el docente Bi5. Las letras cursivas presentes en el análisis corresponden textualmente a lo dicho por el profesor Bi5 durante la entrevista.

El docente Bi5 expresa en la entrevista que el constructo que utiliza relacionado con la sostenibilidad es “desarrollo sustentable”: *utilizó casi la que viene el del informe de Brundtland que hace referencia a la capacidad de haber desarrollado un sistema para satisfacer las necesidades del presente sin digamos, cómo se dice, sin comprometer las del futuro.*

Por otra parte, el docente Bi5 expresa en la entrevista algunos conceptos centrales para la enseñanza de la sostenibilidad que son: ecosistemas, equilibrio ecológico, biodiversidad y ecología. Además, el profesor menciona la importancia del desarrollo sustentable, así como las conexiones entre otros tópicos que considera claves para abordar este tema que son: recursos naturales, ciclos

biogeoquímicos, mega diversidad en México, derecho a un medio ambiente sano, metabolismo ecológico (ver en Tabla 24).

El profesor Bi5 al hablar sobre los **ecosistemas** expresa lo siguiente: *Allí hacemos, digamos, énfasis, por ejemplo, en esta parte de los ciclos biogeoquímicos y al menos desde mi ejercicio docente, intento allí incluir al ser humano, como digamos, elementos de un ecosistema entonces pues este esto lo revisamos en la primera unidad de biología 2.*

Respecto a la conexión entre **ecosistemas** y **servicios eco sistémicos** el docente señala: *Razones de todo lo que te aporta un ecosistema e involucramos también lo de servicios eco sistémicos, entonces, como de hecho se lo plantean como razones, entre razones están las de las de provisión, ahí vemos todos estos servicios eco sistémicos.*

Respecto al **equilibrio ecológico**: *Allí también intentó plantear estos aspectos de equilibrio ecológico. Pero sobre todo a partir de algo que un autor haya más como el este metabolismo social, entonces metabolismo ecológico, perdón, entonces este y aquí estamos ya involucrado estos aspectos de bueno, ¿cómo repercute en mis hábitos mis usos, mis consumos de ciertos elementos y además el descuido, por ejemplo, del ambiente.*

Sobre la conexión entre **desarrollo sustentable** y **recursos naturales**: *Entonces ese es ya en esta segunda unidad donde empezamos a hablar del desarrollo sustentable y allí intento de involucrar todo esto de los recursos naturales.*

Referente a los tópicos de **biodiversidad** y **México como país mega diverso** el profesor Bi5 expresa lo siguiente: *Ahí una de las cosas en las que se solicita como aprendizajes que reconozca el impacto que puede tener nuestras actividades sobre la biodiversidad. Entonces aquí es donde lo relacionamos, como por ejemplo temas de la pérdida de la biodiversidad y la importancia de la conservación de esta.*

*Ese específicamente la diversidad mexicana, no es para biología 2 y es para biología 4, ahí ya nos enfocamos a México como país mega diverso.*

Mientras que sobre el **equilibrio ecológico** y **tener derecho a un ambiente sano**, el docente menciona: *Otro aspecto, es ya digamos, ahí es donde más me involucro, es el aspecto ecológico, una razón ecológica, por ejemplo, considerar si partimos del hecho de que los y las ciudadanas tienen el derecho a un ambiente sano, pues bueno, en el aspecto ecológico me involucro sobre todo en, ¿qué pasaría si tuviésemos un ambiente no sano? cómo impacta en*

*nuestro día a día un ambiente desequilibrado por llamarlo de alguna forma, entonces ahí lo abordó desde las cuestiones de razones de salud.*

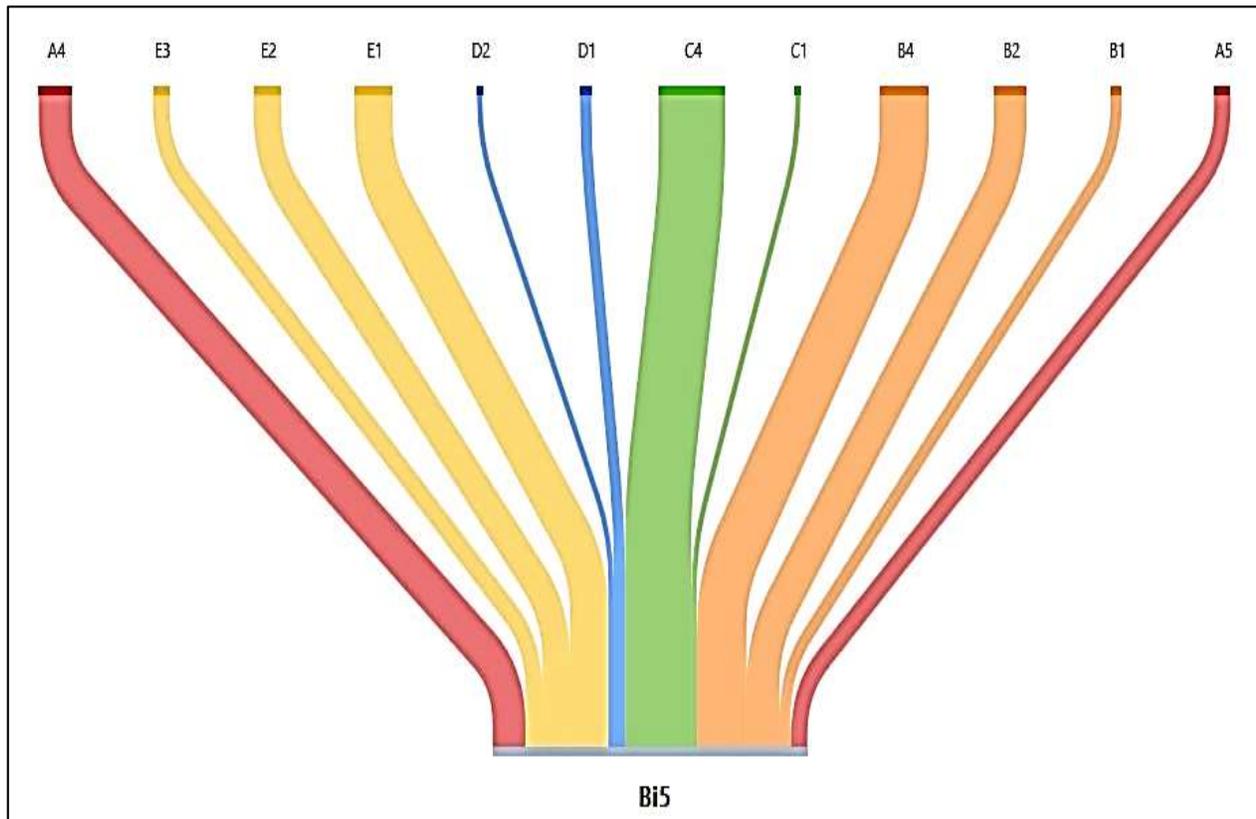
En otro orden de ideas, con relación a los componentes y subcomponente del PCK podemos observar que en las respuestas del docente Bi5, prevalece el subcomponente A4 referente a las orientaciones de la enseñanza de la ciencia (A), como se presenta en el siguiente párrafo: a) *Tengo otras actividades que son más de reflexión y una de ellas, que no me ha salido tan bien, pero creo que se debe más a mí, porque yo tengo que hondar más en el desarrollo de esta, la saque de un libro que se llama “¿tenemos derecho a un futuro?” en ese libro viene un capítulo sobre el eco-socialismo de los elfos, del Esmera, el Esmera es un lugar ficticio de una novela de ciencia ficción y entonces algo que ponemos énfasis que intenta poner énfasis en este ejercicio en esta actividad del eco-socialismo de los elfos es reconocer, por ejemplo, como en este escenario ficticio, los elfos del Esmera han establecido una relación ecológica, más bien está establecido, pues básicamente un equilibrio con su con su ambiente, entonces lo planteo como ejemplo ¿no? claro, es un ejemplo desde la ciencia ficción, pero creo que podemos esté abordar varios elementos entonces, en toda esta, básicamente mi estrategia es reconocer que conocemos y que no conocemos de la importancia del cuidado de estos temas Una vez que reconocemos algunas cosas, pues generar problemáticas (A4). b) *Tengo otra actividad, esa la aprendí, se llama los cinco ¿Por qué?, esta actividad la he aplicado y la estrategia es básicamente tratar de ahondar en alguna situación problemática por ejemplo ¿Por qué México es un país megadiverso? Entonces ahí podemos explicar por varias razones como diversidad de especies, ecosistemas, por territorio, por cultural, entonces lo interesante de esta estrategia, me acorde. Este que tienes que una vez que haces la respuesta a tu primera pregunta, tienes que plantear una nueva pregunta en función de esa respuesta anterior, entonces esto te va guiando como en ahondar en una razón, entonces este. Y allí es donde te das cuenta también una concepción es que ¿Como que se desvinculan las problemáticas? (A4). También el profesor Bi5 señala algunos aspectos A4 relacionados con la meta cognición como: *Hay una pregunta que siempre les hago ¿Qué significa para ti ser consciente? Porque estos temas siempre y nos vamos a topar con esto, hay que ser conscientes de, y ahí me voy al ejercicio como intentarme la metacognición, de bueno, no me digas, no me describas la conciencia sobre estos problemas, sino describe más bien ¿Cómo tú eres consciente de estos problemas? Entonces ahí lo meto como una reflexión, ya metacognitiva, de bueno, ¿cuándo yo***

*estoy consciente de algo? (A4).* Este enfoque implica que los estudiantes son presionados para dar sus puntos de vista sobre el mundo, reflexionar y ser conscientes sobre ecología, equilibrio ecológico y sobre México como país mega diverso (Figura 47).

Relativo al componente B del PCK, referente al conocimiento del currículo de ciencias, destaca el subcomponente B4, respecto a las ideas de los docentes sobre el conocimiento del currículo y materiales relacionados al contenido que se enseña y otros relacionados con este. como se puede ver en la siguiente frase: a) *Bueno, primero como que me gustaría ubicarlo en dos partes este porque nosotros en el CCH lo impartimos estos contenidos en dos unidades que es de biología 2 ésta se da en el este cuarto semestre, entonces, en la primera unidad es cuando revisamos, digamos, todos estos aspectos desde la ecología, entonces ahí hacemos una distinción entre, por ejemplo, cuáles son los distintos niveles que es un ecosistema, cómo está conformado sus componentes y cómo interactúan entre ellos (B4).* b) *Bueno, en cuanto a las a las razones de la importancia, digamos, de estos contenidos, los dividí a partir 4 puntos importantes: el primero tiene que ver con cultura general, no de este aspecto general de formación que están involucrados, digamos, en el programa del CCH. Entonces este, como parte de los contenidos fundamentales, pues este aspecto de ecosistema y medio ambiente, pues está incluido, eso en cuanto pensando en cuestiones técnicas de aproximación a un programa de estudios (B4).*

Concerniente al componente C del PCK sobre la comprensión científica de los estudiantes, en las respuestas podemos observar que predomina el subcomponente C4: a) *De hecho, una hay una actividad que esta no es original mío la extraje de hecho de estas guías de estudio de la Escuela Nacional preparatoria, tienen unas guías y en una de esas desarrolla el tema este de cambio climático, entonces ahí como que se problematizan sobre el cambio climático y de hecho es particularmente en biología 2 es de lo que más hablamos en esta unidad, el cambio climático y que tienen cómo impacta el cambio climático con la biodiversidad (C4).* b) *Otra que tiene que ver con cuestiones legales, por ejemplo, y es sobre todo pensando que en el diario oficial viene incluido este aspecto del equilibrio ecológico y tener derecho a un ambiente sano, entonces posicionándolo como un derecho de todas las y las ciudadanas, entonces allí intentamos entrar, claro no les hablo del diario oficial de la Nación, ni siquiera yo no he leído completo, pero es importante reconocerlo como un derecho y a la vez de como una obligación del cuidado del ambiente (C4).* Como se puede analizar el subcomponente C4 tiene que ver con las creencias de los docentes relacionados al conocimiento que ellos asumen o creen que los estudiantes pueden o no poseer; o el conocimiento

que los profesores piensan los estudiantes deberían aprender, en este caso el docente incluye los contenidos de cambio climático y derecho a un medio ambiente sano (Figura 47).



**Figura 47.** Diagrama Sankey sobre los componentes y subcomponentes del PCK en el perfil docente Bi5.

Alusivo al componente D que es sobre el conocimiento de la evaluación en la entrevista domina el subcomponente D1, como se puede examinar en los siguientes comentarios: a) *Entonces ahí está interesante esas últimas páginas, dos últimas páginas, porque siento que en este ejercicio se pone como tal en juegos algunos de los aprendizajes que estuvimos abordando en, por ejemplo, ¿cómo se organiza la biodiversidad? ¿Cuáles son algunos de los criterios para clasificar a estos organismos? (D1). Entonces, en esa página sí entendieron ¿cuál es el ejercicio?, por ejemplo, de la clasificación y de algunos criterios, pues se puede elaborar muy bien esa página y además generalmente ahí hacen su reflexión de bueno, yo incluía este organismo ¿por qué?, b) Entonces ahí ya es como me enfocó en lo cualitativo de creatividad en formato de entrega, entonces muchos, sobre todo estos contenidos, los evalúa a partir de lo cualitativo entonces como tal, pues me fijo, pues este ejercicio si se ve que hay mucha reflexión por esto y estas cosas que han hecho (D1).* Como se puede analizar el subcomponente D1 tiene que ver con los conocimientos de aquellos conceptos que son importantes de evaluar (Figura 47).

Relacionado con el componente E del PCK, que es sobre las estrategias instruccionales, sobresale el subcomponente E1, que tiene que ver con estrategias que son generales como se puede notar en el siguiente ejemplo: a) *En mi actividad docente yo tengo 3 tipos de actividades. Esas estos 3 tipos de actividades que tienen diferentes fines: la primera es, por ejemplo, explorar concepciones previas, la segunda es desarrollar como tal los contenidos y la tercera es como actividades de cierre o de reflexión.* b) *utilizó, por ejemplo, mucho de YouTube (E1), TEDx (E1) hay muchísimas charlas buenísimas de estos temas del cuidado del ambiente. Entonces YouTube (E1) podría ser una plataforma importante para el desarrollo de actividades, pues yo hago uso, por ejemplo, utilizo Facebook (E1) una última actividad que al final me estoy haciendo a las hace dos semanas fue como un ejercicio de votaciones a como una especie de cartel qué hicimos.* También sobresale el subcomponente E2 tiene que ver con las representaciones específicas del tema como el uso de ilustraciones, ejemplos, modelos y analogías, como se observa en la siguiente actividad: a) *Por ejemplo, tengo una actividad para intentar abordar este del aprendizaje de que reconozca la biodiversidad como elemento importante de no, pues bueno tengo todo ahorita me acuerdo de tus actividades. Una de ellas se llama álbum biodiverso, entonces desarrolló un material que lo que tienen que hacer en este álbum pues es práctica este álbum es básicamente como un álbum de estos de colección de estampillas, entonces en este álbum básicamente yo lo dividí por grupos de organismos vivos, plantas, animales, la verdad que me enfoqué más en los animales, pero bueno, es porque parte de mí, como de lo que está más cercano a nosotros no, y entonces en este álbum lo que tienen que hacer es ir llenándolo pues con sus propias estampillas y los organismos que yo les voy poniendo allí, sobre todo para reconocer estos, ¿no? que hay biodiversidad en el entorno (E2).* (ver Figura 47).

A continuación, en la Tabla 24 se presenta las preguntas de la entrevista al docente Bi5, otros ejemplos de las frases expresadas y los componentes y subcomponente del PCK evaluados en la entrevista que no fueron presentados durante el análisis.

**Tabla 24.** Relación de los aspectos del PCK evaluados por la entrevista al docente Bi5.

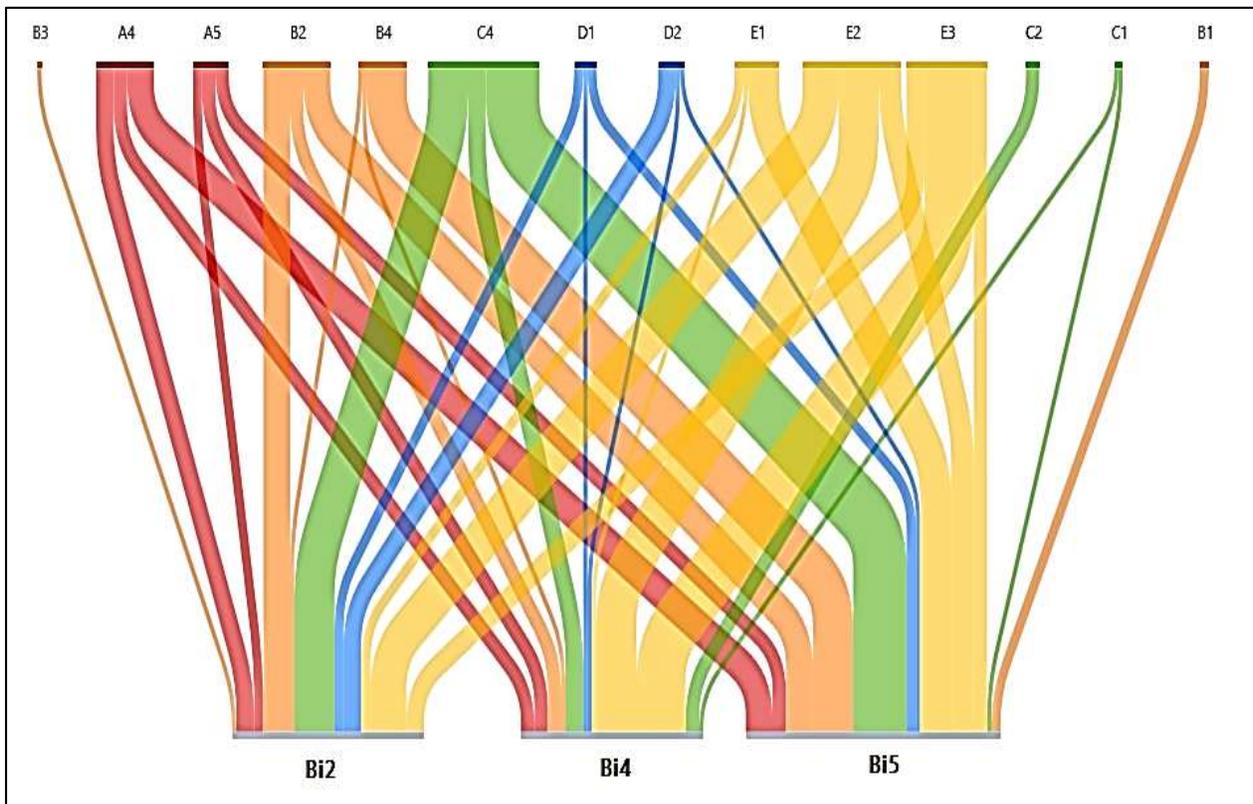
Relación de los aspectos del PCK evaluados por la entrevista al docente Bi5		
Preguntas	Componentes del PCK	Ejemplos
¿Cómo piensas la conexión de la sostenibilidad con estos	Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B)	-Y en la segunda unidad es donde ya se desarrolla como tal este tema del desarrollo sustentable, que de hecho como tal en el contenido este contenido viene, así como subtema de este desarrollo sustentable (B4), entonces es allí

tópicos para biología?		<i>donde incluimos sobre todo este aspecto de cómo se relaciona, por ejemplo, con el uso excesivo de los recursos naturales (B2).</i>
¿hay un objetivo para la biodiversidad en México?	Conocimiento del currículo de las ciencias (B)	<i>-En biología 2 si vemos esto de biodiversidad, pero sobre todo en esta parte como conceptual de ¿qué es la biodiversidad? ¿Cuáles son los elementos? y de hecho es en la unidad dos de biología 2 (B4). -Ya es en biología 4 donde vemos esto de México país mega diverso y ahí como que más local, pero no Biología 4 es optativa en realidad, intentamos ponerle énfasis en biología 2 (B4).</i>
¿cuáles crees que sean las razones para que los jóvenes aprendan medio ambiente?	Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)	<i>- Y la otra pues ética de partir de la premisa de la vida, la vida, como como una premisa moral (C4). No sé cómo llamarlo, pero este esas serían como mis cuatro razones por las cuales considero que es importante ver, abordar estos temas (C4).</i>
Ahora bien, ¿has notado alguna dificultad o limitación para enseñar estos temas?	Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B)	<i>-En ese asunto creo que lo he vivido igual en 3 puntos. El primero es en cuestión de tiempo, es como cuestiones técnicas, no, sobre todo porque, por un lado, yo creo que esto lo vamos a tener siempre para todos los temas, no depende de lo que nos interese, pero particularmente este tema se me hace como que tienen mucho las de perder porque están incluidos hasta el final del plan y programa (B2). Entonces si lo pensamos en cuestión de los programas de tanto de biología 2 como de biología 4, entonces si lo pensamos en cuestiones técnicas siempre es de lo último, queriendo o no de lo que menos tiempo nos queda para para dedicarlo (B4). Sobre todo, porque pues como en ejercicio docente, no pensamos que tenemos todo el tiempo del mundo, vamos y ahondando en otros temas y abordando todos los contenidos. Y al final, pues chin me quedan 3 semanas o dos y para abordar estas 40 horas ¿no? que vienen bueno 20 y 20 por cada unidad, entonces eso en cuanto a una dificultad de cuestiones técnicas (B1). - Y la otra tiene que ver con incluso, pero esto ya es como más personal, me he topado como con la dificultad de a veces de distinguir entre sustentable, sostenible y sostenibilidad y el uso de términos (B2).</i>
	Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)	<i>La otra es, por ejemplo, de los aprendizajes muchos de estos aprendizajes que competen este tema están relacionados con cuestiones actitudinales, por ejemplo, fomentar el respeto que el estudiante muestra, un respeto que el estudiante sea consciente de lo que el estudiante exprese valores de cuidado (C4).</i>
Respecto a las estrategias de enseñanza que utilizase, mencionaste algunas que tenían que ver con estos temas, pero ¿nos podrías este mencionar otras que utilices para para impartir estos temas?	Conocimiento de estrategias instruccionales (E)  Orientación hacia la enseñanza de la ciencias (A)	<i>-Bueno, una de las que ha sido como muy fuerte en mi actividad docente es que yo tengo 3 tipos de actividades. Esas estos 3 tipos de actividades que tienen diferentes fines: la primera es, por ejemplo, explorar concepciones previas, la segunda es desarrollar como tal los contenidos y la tercera es como actividades de cierre o de reflexión (E1). - Tengo otra que de hecho es como un ejercicio desde la ecología que es el transecto, entonces es un ejercicio que hacemos, bueno que ahorita no lo hemos hecho porque estamos aquí a distancia, pero cuando llegamos a estar en el colegio hacemos un ejercicio de transecto, pues bueno vamos a observar porque también vienen los aprendizajes ¿que observe este los elementos del entorno de un ecosistema? y entonces hacemos un ejercicio como si estuviéramos haciendo un estudio por transecto (A5). Entonces establecemos un área y a partir de esa área, ¿Qué identifico? ¿Que están esas plantas, ¿no sé qué? (E3).</i>

<p>¿En cuanto a los instrumentos de evaluación que utilizas, qué es lo que más empleas?</p>	<p>Conocimiento de evaluación en Ciencias (D) Conocimiento de estrategias instruccionales (E)</p>	<p>-Mis las actividades, por ejemplo, esta actividad del álbum biodiverso lo evaluó con una rúbrica. Esta rúbrica, como es un ejercicio más de hacer básicamente en la rúbrica, lo que incluye en este ejercicio del álbum es bueno. Primero que esté completo ¿no?, entonces ahí va estableciendo como los criterios y entre esos criterios, algo que es para mí es sumamente importante (D2). -Es que hay una página de ese álbum que está dedicado a crea, tu propio grupo, entonces en esa página tienen que crear y tienen que poner ahí los organismos a partir de ciertos criterios que ellos habían establecido (E2).</p>
<p>¿Me podrías dar como un término general de desarrollo sustentable?</p>	<p>Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)</p>	<p>Entonces ahí parto del informe Brundtland del desarrollo sustentable y ya de ahí intentó involucrar lo de sostenibilidad (C4).</p>
<p>¿has notado algunas concepciones alternativas respecto a este tema de desarrollo sustentable por parte de los estudiantes?</p>	<p>Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)</p>	<p>-Como ahorita me viene a la mente como tal no una concepción, sino una limita como una condición muy común y esta condición es no relacionar directamente este todos estos elementos que involucran nuestros hábitos con el entorno, no sé a veces, como que las concepciones son como si el humano estuviese aislado de esta situación ha sido como que podría considerarse como una concepción previa, porque al final estamos pensando a los estudiantes y las estudiantes están pensando al ser humano como independiente de su entorno, entonces esa es como la que ahorita se me viene a la mente más evidente (C1).</p>
<p>Ahora, ¿qué habilidades crees que deben desarrollar los profesores para poder enseñar estos conceptos?</p>	<p>Orientación hacia la enseñanza de la ciencia (A)  Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B)  Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B)</p>	<p>-Primero de estrategias meta cognitivas es como siento que esta es sí o sí es fundamental. Fomentar estos ejercicios meta cognitivos. Porque incluso es parte del modelo del CCH eh el aprender a aprender entonces este y a veces siento que gran parte del ejercicio docente en muchos lados sigue siendo muy tradicional y se enfoca a que los alumnos y las alumnas desarrollen los contenidos conceptos de manera memorística (A4). - Entonces eso como salirse un poco de este enfoque tradicional de la enseñanza, no enfocarnos tanto a lo conceptual, sino más bien a este ejercicio de reflexión, de este, de bueno notar. Ósea, ¿cómo le hago para desarrollar valores? No y también otra cosa esta, y que esto sí creo que es para para todos, lo tenemos muy presente, pues reconocer, por ejemplo, que nunca vamos a saber al 100% si logramos o no fomentar una reflexión o una actitud favorable no haciendo esto en realidad son pienso aprendizajes a muy largo plazo entonces, como que esa es otra, otra condición (A4). - Otra habilidad igual puedes intentar actualizarse, no sé si se incluye en este en este ámbito, pero intentar actualizarnos en esos temas que te digo que a veces es incluso un tropiezo, porque el uso de los términos, luego nos confunden muchísimo, sobre todo si no estamos familiarizados con el tema, pero sí es un problema eso de los diferentes constructos que se utilizan, ¿no? (B2).</p>
<p>Y respecto a los valores que promueven las clases, ¿cuáles serían como los principales valores?</p>	<p>Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B)</p>	<p>-Primero el de respeto este, sí el de respeto al entorno (B2). -La importancia también de cada uno de los elementos del entorno. Ósea como qué cada especie en su conjunto tiene un juego, un papel fundamental, ¿no? entonces valorar justamente que eso también creo que intentó fomentarlo (B2).</p>

También te quería preguntar ¿qué herramientas tecnológicas has empleado ahora en esta época virtual?	Conocimiento de estrategias instruccionales (E)	. Y los alumnos publicaron, tenemos un grupo, entonces lo publicaron allí y la imagen que tuviese una mejor recepción por los estudiantes y tuviera más likes o me encantaba iba a tener como mayor puntaje (E2). Utilice mucho Genially, ahí creo mis propios ejercicios, lo normal, creo que es lo que todo el mundo ocupa (E2), classroom (E1), zoom para las clases virtuales (E1).
--	---	---

### 3.6.7. Variación de Componentes PCK utilizados por todos los profesores de biología en las entrevistas: cPCK



**Figura 48.** Diagrama Sankey de perfiles docentes que sobre sostenibilidad poseen los profesores de biología. Los componentes y subcomponentes del PCK se representan con líneas de los siguientes colores: A (rojo), B (naranja), C (verde), D (azul) y E (amarillo), el ancho de las líneas representa la frecuencia de los códigos con relación a los docentes de biología.

A continuación, en la Figura 48 se presenta el análisis comparativo de los perfiles docentes de tres profesores de biología Bi2, Bi4 y Bi5. En el diagrama de Sankey presentado se observa que los conocimientos más utilizados por los docentes, aquellos que permiten construir su perfil

docente son A4, B2, C4, D2 y E2. También es posible observar que los perfiles docentes más robustos son de Bi4 y Bi5, teniendo el de Bi5 muchos más conocimientos que el de Bi2. Otro aspecto importante, es que se generaliza la tendencia de que no es el enfoque lo que permea sobre los demás conocimientos, sino B, C y E; es decir el conocimiento que sobre el currículo y sobre los estudiantes posee el profesor, además de las estrategias instruccionales, principalmente para el caso del docente Bi4 y Bi5. De acuerdo con el análisis el docente con un perfil menos robusto es el Bi2, aunque tiene variedad las líneas de flujo son más delgadas que para los otros docentes.

### 3.6.7.1. Porcentajes de la variación de componentes PCK utilizados en las entrevistas por profesores de biología.

En la Figura 49, se muestra el PCK colectivo, en todos los casos prevalece el subcomponente C4 (16%) sobre los conocimientos y creencias de los docentes respecto los objetivos del curso además de su conocimiento y creencias sobre qué debe saber y cómo debe aprender el estudiante.

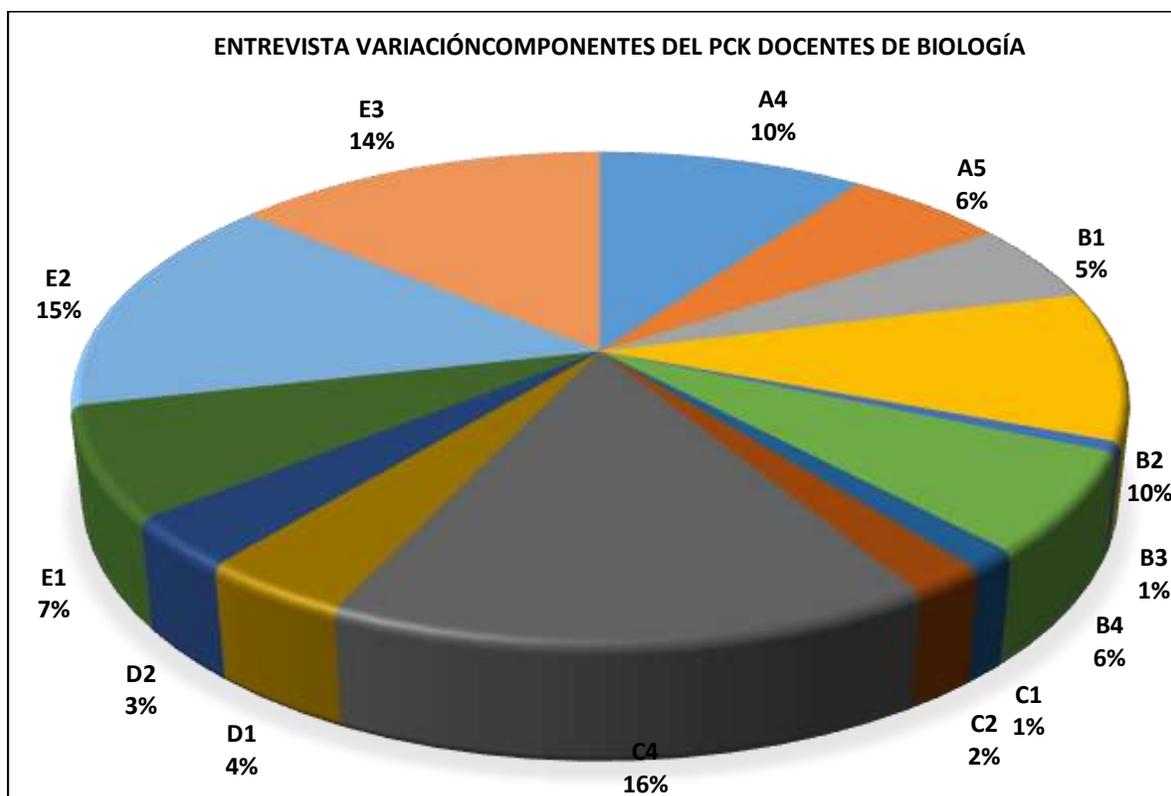


Figura 49. Variación de componentes PCK utilizados por profesores de biología (porcentajes).

También el subcomponente E2 (15%) que son conocimientos sobre estrategias con representaciones específicas y E3 (14%) que son actividades específicas del tópico (ejemplo: problemas, demostraciones, simulaciones o experimentos). Estos resultados del análisis de las entrevistas son similares a los obtenidos al analizar los CoRes de los docentes de biología estudiados.

En la Tabla 25, se pueden observar los componentes y subcomponentes de PCK que más predominan (%) en el discurso de los docentes de biología durante la entrevista.

**Tabla 25.** Componentes y subcomponentes de PCK de los docentes de biología entrevistados.

Componentes del PCK	Código	Sub-componentes predominantes y ejemplos mencionados por los docentes en la entrevista.
Orientación hacia la enseñanza de la ciencias (A)	A4 10%	Se puede observar un enfoque de enseñanza de la sostenibilidad dirigida hacia el cambio conceptual (A4), ejemplos: <i>ejercicios meta cognitivos (Bi5); evidenciar el valor que tiene la naturaleza en nuestra vida cotidiana (Bi4); hacerles conscientes de la importancia de la conservación de estos ecosistemas y de la responsabilidad que ellos tienen al ser mexicanos y ser México un país mega diverso (Bi2).</i>
Conocimiento del currículo científico (B)	B2 10%	Conocimiento de los docentes sobre las metas directrices y líneas guía a través de los temas (tópicos). ejemplos: <i>casi medio curso me enfocó precisamente a la base al tema primordial para poder aterrizar en la importancia del impacto ambiental y ¿cuáles son las alternativas que podemos tener? (Bi2); ¿Como para sustentar esta práctica? No porque digo, al final de cuentas tiene que tener un objetivo y si parto con este objetivo como central que vaya es intrínseco en la práctica (Bi4); La importancia también de cada uno de los elementos del entorno. Ósea como qué cada especie en su conjunto tiene un juego, un papel fundamental, ¿no? entonces valorar justamente que eso también creo que intentó fomentarlo (Bi5).</i>
Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)	C4 16%	Creencias de los docentes relacionados al conocimiento que ellos asumen o creen que los estudiantes pueden o no poseer; o el conocimiento que los profesores piensan los estudiantes deberían aprender. Ejemplos: <i>parto de lo que es la ecología población es lo que eso es lo que es la biodiversidad, abarcó los reinos y grupos principales y, de ahí me salto precisamente a los ecosistemas, a los ciclos biogeoquímicos (Bi5); Y ahí es en donde bueno, en mi práctica docente yo les hablo de esta parte de la sostenibilidad como una nueva alternativa (Bi4); Por ejemplo, en mi primer objetivo yo casi me llevo la mitad del semestre, porque pues parte de lo que es la ecología población es lo que eso es lo que es la biodiversidad, abarcó los reinos y grupos principales y, de ahí me salto precisamente a los ecosistemas, a los ciclos biogeoquímicos (Bi2).</i>

Conocimiento de evaluación en ciencias (D)	D1 4%	Conocimiento de aquellos conceptos que son importantes de evaluar y aquellos que no lo son. Ejemplos: <i>porque siento que en este ejercicio se pone como tal en juegos algunos de los aprendizajes que estuvimos abordando en, por ejemplo, ¿cómo se organiza la biodiversidad? ¿Cuáles son algunos de los criterios para clasificar a estos organismos? (Bi5); Hubo si quien me propuso mejor ecosistema acuático maestra no hubo problema, no sea yo los deje decidir digo les avente, por así decirlo el tema, les di su rúbrica, los lineamientos y ellos pues ya se encargaron de construirlo(Bi2).</i>
Conocimiento de estrategias específicas para un tópico.	E2 15%	En donde entre las estrategias específicas sobre salen: <i>una última actividad fue un ejercicio de votaciones a como una especie de cartel que hicimos y los alumnos publicaron, tenemos un grupo, entonces lo publicaron allí y la imagen que tuviese una mejor recepción por los estudiantes y tuviera más likes o me encantaba iba a tener como mayor puntaje (Bi5); Posteriormente se les planteó el análisis de un vídeo ¿qué rescatas 5 proyectos? Ellos lo analizaban y así como que iban desmenuzando hasta llegar a la parte de las 3 esferas de la sostenibilidad (Bi4).</i>

A continuación, como reflexión final se presenta una compilación de las ideas más sobresalientes sobre las entrevistas semiestructuradas, expresadas por los docentes de biología entrevistados.

### 3.6.8. Recopilación de ideas útiles para la enseñanza de la sostenibilidad y otros temas derivados de la entrevista de los profesores de biología.

#### I. Conceptos centrales asociados a la enseñanza de la sostenibilidad

- a) **Docente Bi2:** Expresa en la entrevista algunos conceptos centrales asociados a la enseñanza de la sostenibilidad que son: **ecosistemas, biodiversidad y ecología.** Además, el profesor menciona en varias ocasiones la importancia del “desarrollo sustentable” y las conexiones entre **otros tópicos que considera claves para abordar el tema, que son: servicios eco-sistémicos, ciclos biogeoquímicos, mega diversidad en México, manejo de los recursos naturales, impacto ambiental, impacto de las acciones humanas y conservación.**
- b) **Docente Bi4:** Comenta algunos conceptos que considera centrales para la enseñanza de la sostenibilidad que son: **servicios eco sistémicos, equilibrio ecológico, biodiversidad y las tres esferas de la sostenibilidad.** Además, el profesor menciona la importancia de la

“sostenibilidad”. También señala conexiones entre tópicos que considera claves para abordar este tema que son: el valor que tiene la naturaleza en nuestra vida cotidiana, el impacto con relación de las actividades humanas en la biodiversidad y en el equilibrio ecológico y políticas ambientales.

- c) **Docente Bi5:** Dice en la entrevista algunos conceptos centrales para la enseñanza de la sostenibilidad que son: **ecosistemas, equilibrio ecológico, biodiversidad y ecología**. Además, el profesor menciona la importancia del desarrollo sustentable, así como las conexiones entre otros tópicos que considera claves para abordar este tema que son: recursos naturales, ciclos biogeoquímicos, mega diversidad en México, derecho a un medio ambiente sano, metabolismo ecológico (ver en Tabla 26).

## II. Concepciones alternativas

Las concepciones alternativas mencionadas por los profesores se muestran a continuación:

- a) **Docente Bi2:** al respecto dice en la entrevista *“creo que desde la secundaria y pues han visto cómo la ecología y la biología, como que es algo que conserva los animalitos”*.
- b) **Docente Bi4:** no identifica concepciones alternativas.
- c) **Docente Bi5:** al respecto dice en la entrevista *“Como ahorita me viene a la mente como tal no una concepción, sino una limitante como una condición muy común y esta condición es no relacionar directamente este todos estos elementos que involucran nuestros hábitos con el entorno, no sé a veces, como que las concepciones son como si el humano estuviese aislado de esta situación ha sido como que podría considerarse como una concepción previa, porque al final estamos pensando a los estudiantes y las estudiantes están pensando al ser humano como independiente de su entorno”*.

## III. Dificultades de aprendizaje

- a) **Docente Bi2:** Una dificultad que reconoce es el desconocimiento del tema por parte de los estudiantes.
- b) **Docente Bi4:** Estos temas les generan incertidumbre a los estudiantes, como cuando se analizan los factores que afectan la biodiversidad y esto puede ser una limitante.
- c) **Docente Bi5:** La dificultad expresada por el docente tiene que ver con que estos aprendizajes que competen este las sostenibilidades están relacionadas con cuestiones

actitudinales como lo expresa a continuación: *Entonces son aprendizajes que personalmente creo que son de los más difíciles, porque repercute a una cuestión de a largo plazo, o sea, no vamos a poder evaluar directamente.*

#### **IV. Dificultades de enseñanza**

- a) **Docente Bi2:** Señala algunas concepciones alternativas que poseen los estudiantes respecto a la biología, como se expresa en el siguiente párrafo: *quitarles esa idea de que la biología, pues solamente se encarga de conocer a los seres vivos y de conservar, pues a los animales y las plantas.*
- b) **Docente Bi4:** Abordar estos temas les genera incertidumbre a los estudiantes.
- c) **Docente Bi5:** La primera dificultad de enseñanza mencionada por el profesor fue el escaso tiempo con el que cuentan para llevar a cabo todas las actividades del curso.

La segunda dificultad señalada por el docente B tiene que ver con la dificultad de usar y comprender con claridad los términos sustentable, sostenible y sostenibilidad, como lo expresa a continuación: *la otra tiene que ver con incluso, pero esto ya es como más personal, me he topado como con la dificultad de a veces de distinguir entre sustentable, sostenible y sostenibilidad y el uso de términos (ver en Tabla 26).*

#### **V. Facilidades de enseñanza**

- a) **Docente Bi2:** Menciona que les genera interés a los estudiantes abordar estos temas.
- b) **Docente Bi4:** Comenta que los estudiantes están muy familiarizados con estos temas, les llama mucho la atención y son de su interés.
- c) **Docente Bi5:** No menciona ninguna.

#### **VI. Estrategias de enseñanza**

##### **i. Estrategias didácticas:**

- a) **Docente Bi2:** Investigaciones como *¿Cómo aplicar una eco-tecnología?*, pero enfocada al desarrollo sustentable. Proyectos como el “Jardín de colibríes”, observación de colibríes y actividades de colibrí terapia. Lecturas dirigidas (artículos) y diversas actividades de una guía.

b) **Docente Bi4:** Proyectos sostenibles, eco tecnologías como elaboración de jabones sólidos, juegos de roles, observación y análisis de videos, lluvia de ideas y discusión grupal, búsquedas en redes sociales con palabras claves, publicaciones en muro de Microsoft teams, taller sobre carreras y reflexión sobre casos exitosos en México.

c) **Docente Bi5:** Menciona 3 tipos de actividades que tienen diferentes fines: las primeras son para explorar concepciones previas, las segundas son para desarrollar los contenidos y las terceras son actividades de cierre o de reflexión. Ejemplos de estrategias: álbum biodiverso transepto, ¿tenemos derecho a un futuro?, los cinco ¿Por qué? y cambio climático (Tabla 26).

#### **ii. Materiales didácticos:**

a) **Docente Bi2:** Diseño y aplicación de guías didácticas de trabajo para las asignaturas biología y etología. Utiliza guías de observación de colibríes.

b) **Docente Bi4:** Presentaciones interactivas en Genially y cuestionarios dirigidos.

b) **Docente Bi5:** Actividades en Genially, actividad sobre cambio climático y Álbum biodiverso.

#### **iii. Uso de modelos:**

a) **Docente Bi2:** emplea las áreas verdes y jardín de colibríes como laboratorio, realización de dibujos y maquetas.

b) **Docente Bi4:** Análisis de casos exitosos de sostenibilidad ejemplo Mario Molina y cooperativa Tosepan Kali.

c) **Docente Bi5:** Actividad sobre el eco-socialismo de los elfos del Esmera y álbum sobre biodiversidad.

#### **iv. Uso de herramientas tecnológicas**

a) **Docente Bi2:** Usa internet, Genially, zoom, pdf, classroom, Facebook y messenger.

b) **Docente Bi4:** Genially, para explorar las ideas previas Mentimeter, pizarra de zoom y también los formularios de Microsoft teams.

c) **Docente Bi5:** YouTube, TEDx, Facebook, Genially, classroom y zoom.

## VII. Evaluación y retroalimentación

- a) **Docente Bi2:** utiliza rubricas, actividades de las guías, desarrollo de proyectos, elaboración de ensayos, trabajos escritos y guía de preguntas.
- b) **Docente Bi4:** desarrollo de proyectos, emplea guía de preguntas y formularios de Microsoft teams.
- c) **Docente Bi5:** Usa rubricas y preguntas basadas en la meta cognición.

## VIII. Habilidades que deben poseer los profesores para poder desarrollar este tema

- a) **Docente Bi2:** Actualización de los profesores sobre estos contenidos (sostenibilidad) y en el ámbito de la educación ambiental. Congruencia de los profesores con lo que enseñan y lo que hacen.
- b) **Docente Bi4:** que sean habilidades de trabajo colaborativo, respeto y tolerancia, llegar a acuerdos y actualización constante en temas de biología y otras disciplinas.
- c) **Docente Bi5:** Fomentar ejercicios y estrategias meta cognitivas; Cambiar o salirse de un enfoque tradicional de la enseñanza; Promover ejercicio de reflexión y Reconocer que nunca se sabe al 100% ¿si se logra o no? fomentar una reflexión o una actitud favorable.

## IX. Valores a desarrollar a partir de enseñanza de la sostenibilidad.

- a) **Docente Bi2:** Empatía con los seres vivos, solidaridad con las demás especies, responsabilidad y respeto por las diversas formas de vida, equidad, amor hacia la naturaleza.
- b) **Docente Bi4:** Respeto, tolerancia y honestidad, abordar aspectos afectivos cuando se analizan estos factores, ya que genera incertidumbre en los estudiantes.
- c) **Docente Bi5:** Responsabilidad y respeto por el entorno (Tabla 26).

A continuación, se presenta en la Tabla 26, en forma de resumen con las ideas útiles para la enseñanza de la sostenibilidad derivadas de las entrevistas semiestructuradas a profesores de biología.

**Tabla 26.** Ideas útiles para la enseñanza de la sostenibilidad derivadas de las entrevistas semiestructuradas a profesores de biología.

Ideas útiles para la enseñanza de la sostenibilidad.	Docentes biología
<b>Conceptos centrales asociados a la enseñanza de la sostenibilidad</b>	Desarrollo sustentable, ecosistemas, biodiversidad, ecología, servicios eco-sistémicos, ciclos biogeoquímicos, mega diversidad en México, manejo de los recursos naturales, impacto ambiental,

		impacto de las acciones humanas y conservación, equilibrio ecológico, las tres esferas de la sostenibilidad, el valor que tiene la naturaleza en nuestra vida cotidiana, políticas ambientales, recursos naturales, derecho a un medio ambiente sano y metabolismo ecológico.
<b>Concepciones alternativas</b>		<i>“qué la ecología y la biología, es algo que conserva los animalitos”</i> <i>“pensar al ser humano como independiente de su entorno”</i>
<b>Dificultades de aprendizaje</b>		El desconocimiento del tema por parte de los estudiantes; Estos temas les generan incertidumbre a los estudiantes; La sostenibilidad están relacionadas con cuestiones actitudinales.
<b>Dificultades de enseñanza</b>		Abordar estos temas les genera incertidumbre a los estudiantes; El escaso tiempo con el que cuentan para llevar a cabo todas las actividades del curso; La dificultad de usar y comprender con claridad los términos sustentable, sostenible y sostenibilidad.
<b>Facilidades de enseñanza</b>		Los estudiantes están muy familiarizados con estos temas, les llama mucho la atención y son de su interés.
<b>Estrategias de enseñanza</b>	<b>Estrategias didácticas</b>	Investigaciones enfocadas al desarrollo sustentable, proyecto “Jardín de colibríes”, observación de colibríes y actividades de colibrí terapia. Lecturas dirigidas (artículos), juegos de roles, observación y análisis de videos, lluvia de ideas y discusión grupal, búsquedas en redes sociales con palabras claves, publicaciones reflexión sobre casos exitosos en México. Exploración de concepciones previas, desarrolló de contenidos y actividades de cierre o de reflexión.
	<b>Materiales didácticos</b>	Guías didácticas y guías de observación de colibríes. Presentaciones interactivas en Genially y cuestionarios dirigidos. Actividad sobre cambio climático y álbum biodiverso.
	<b>Uso de modelos</b>	Realización de dibujos y maquetas.
	<b>Uso de herramientas tecnológicas</b>	Internet, Genially, zoom, pdf, classroom, Facebook, messenger Mentimeter y formularios de Microsoft teams, YouTube y TEDx.
<b>Evaluación y retroalimentación</b>		Rubricas, actividades de las guías didácticas, desarrollo de proyectos, elaboración de ensayos, trabajos escritos, guía de preguntas, formularios y preguntas basadas en la meta cognición.
<b>Habilidades para desarrollar este tema</b>		Actualización sobre sostenibilidad y en educación ambiental. Congruencia de los profesores con lo que enseñan y lo que hacen. Desarrollo de habilidades de trabajo colaborativo, respeto y tolerancia. Fomentar ejercicios y estrategias meta cognitivas, cambiar el enfoque tradicional de la enseñanza y promover ejercicio de reflexión.
<b>Valores</b>		Empatía con los seres vivos, solidaridad con las demás especies, responsabilidad y respeto por las diversas formas de vida y el entorno, equidad, amor hacia la naturaleza, tolerancia y honestidad.

### 3.6.9. Análisis de resultados de la entrevista semiestructurada: Docente de química Qu4

La entrevista con el docente Qu4 tuvo una duración aproximadamente de 34 min. Como ya se mencionó el docente Qu4 forma parte del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM, en donde imparte diferentes asignaturas a nivel bachillerato que son Química I y II, tiene 17 años de experiencia docente y cuenta con estudios de maestría.

A continuación, se presentan algunas preguntas y respuestas relevantes de la entrevista. También en la Tabla 22 se muestra un extracto de las preguntas de la entrevista, la relación de los aspectos del PCK evaluados en la entrevista y algunos ejemplos de lo expresado por el docente Qu4. Las letras cursivas presentes en el análisis corresponden textualmente a lo dicho por el profesor Qu4 durante la entrevista.

El docente Qu4 expresa en la entrevista que no utiliza ningún concepto relacionado con la sostenibilidad porque los programas de las asignaturas de química son más enfocados hacia lo disciplinar: *Bueno, te voy a contar un poquito lo que pasó con los programas y luego doy respuesta a la pregunta que cuando en el 96 introducen estos contextos de suelo, agua, aire al inicio fueron muy enfocados hacia cuestiones, por ejemplo, en el suelo más edafológicas que a la química, ¿no? Entonces para los maestros fue muy fácil ponerse a sembrar frijolitos, por ejemplo, en diferentes suelos, entonces como que hubo una distracción muy fuerte por parte de los docentes hacia no ver química del suelo porque además era como algo nuevo. Entonces los profesores como que no le querían entrar a la química y se les hacía mucho más fácil desviarse un poco hacia cuestiones más ambientales, eso pasó. Pero se quedaban como en el rollo de lo ambiental, no como hay que cuidar el suelo, este es el que nos alimenta, bueno, de ahí se obtienen los alimentos. Entonces se dieron cuenta los profesores con mayor antigüedad, como le suelen llamar a veces las vacas sagradas, dijeron, no es por ahí, no era la idea, la idea era que el contexto fuera el suelo, por ejemplo, y a partir de ahí se viera la química y entonces cambian. Lo hacen una modificación por ahí del 2003 y entonces se vuelve más, más disciplinario y menos ambiental ¿no? y digo la palabra ambiental, no, no, no voy a introducir los conceptos que tú estás manejando porque no los hay, no, entonces bien esta idea de cuidar el suelo y bla bla. Entonces él en los cursos que nos daban en el 2003, eso nos decían maestros, no son cursos de edafología, es la química del suelo y donde nos debemos enfocar más en la química. Entonces alguna manera las mismas autoridades, la misma institución te va como orientando hacia dónde debes de ver tus programas.*

También señala que por falta de tiempo no abordan el tema de sostenibilidad como lo expresa en la siguiente frase sobre la enseñanza del agua: *En donde bien pudiera como docente, si ya traes esa conciencia de hablar de sustentabilidad, sostenibilidad etc., pero ya no te da tiempo, ya ni si quiera te metes a hablar sobre si el agua se vende o se privatiza, ni siquiera eso da tiempo, solo te quedas a hablar sobre enlace, electrolisis y tan tan.*

Sin embargo, el docente Qu4 expresa en la entrevista algunos conceptos centrales para la enseñanza de la química que se pueden relacionar con lo ambiental y la sostenibilidad que son: agua, energía, suelo, el ambiente, agenda 2030, manejo de residuos y contaminación. Además, el profesor menciona las conexiones entre otros tópicos que considera claves para abordar estos temas que son: química del suelo, plaguicidas, energía nuclear, petróleo, energías limpias, islas de plásticos y micro plásticos, cuidado del ambiente y problemáticas ambientales diversas (ver en Tabla 22).

El profesor Qu4 al hablar sobre la agenda 2030 expresa lo siguiente: *Si tenemos que hablar de la disciplina, pero también tenemos que darle espacio a tratar ya temas que tienen que ver con este rollo de la agenda 2030, la ONU. Porque ella es importante, pero esta idea de hacerte consciente de que, pues hay un problema, digo que estamos viviendo una pandemia que no es cosa menor y a lo mejor habría ya un poco más de aceptación de este tipo de ideas.*

Respecto al **cuidado del ambiente** el docente expresa: *en el Colegio está como más en las cuestiones sociales como en esta idea de cuidar el ambiente, no lo maltrates, no tires la basura, no desperdicies el agua ¿no?, pero es en ese cajón en el que nos hemos quedado.*

Referente a **la energía** el docente expresa: *por ejemplo, puedo hablar de la energía y bueno decir qué está pasando con la energía qué tan responsables somos en esta parte de la emisión de la energía de los contaminantes que se generan en el entorno. Pero de pronto yo siento que ya me estoy saliendo del tema, ya estoy saliendo como del redil, ¿no? así como que Chin, ya me estoy saliendo del programa.*

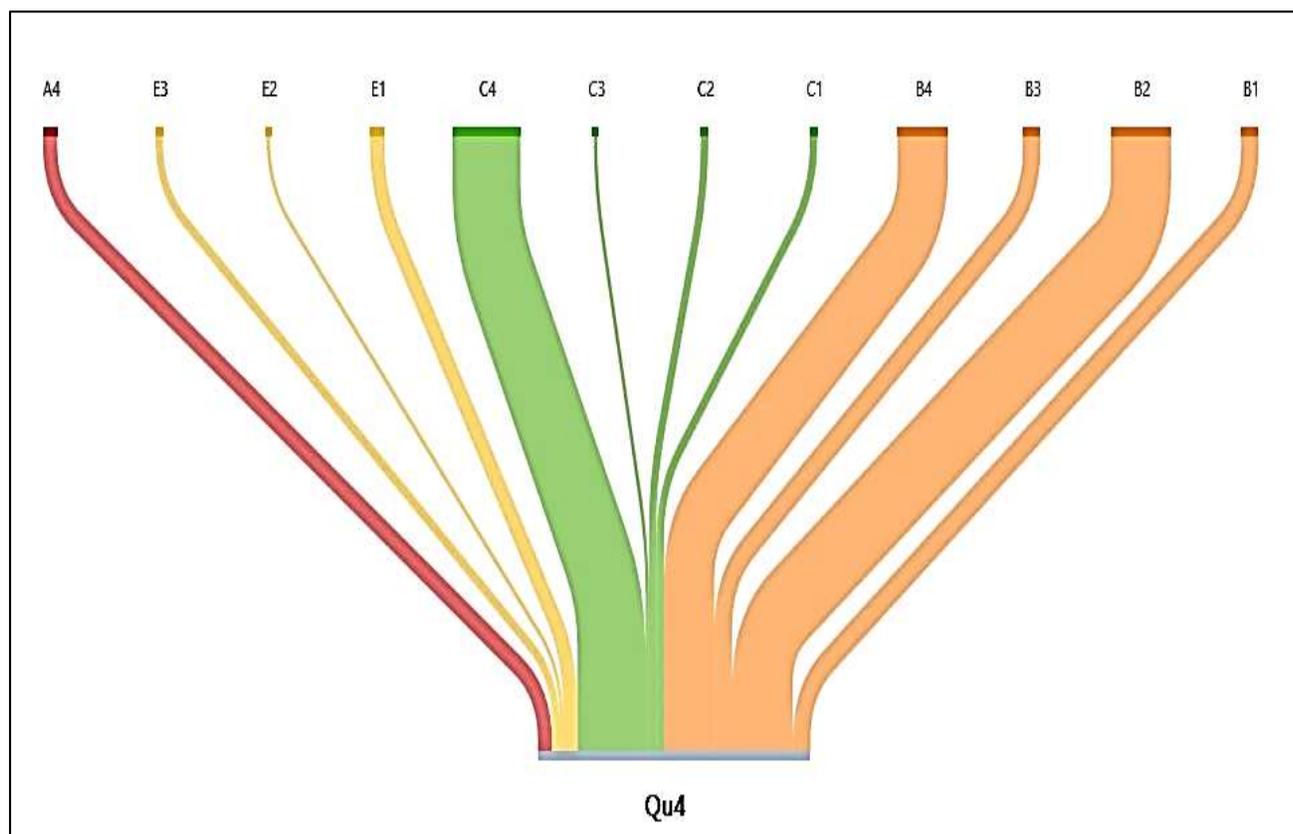
En otro orden de ideas, con relación a los componentes y subcomponente del PCK podemos observar que en las respuestas del docente Qu4, prevalece el subcomponente A4 referente a las orientaciones de la enseñanza de la ciencia (A), como se presenta en el siguiente párrafo: a) *Pues yo creo que justo que tengan esta esta visión del mundo de que no todo es blanco y negro. Y que sepan tomar decisiones, porque no sabemos si uno de tus alumnos va a estar a cargo de una*

*empresa, de una industria y que, pues desde ahorita ellos se vayan dando cuenta del impacto que puede tener el trabajo que desarrollen en el futuro, ¿no? sea cual sea médicos, arquitectos, ingenieros. Yo no sé cuál sea el impacto a lo mejor se les olvida ¿Y lo retoman ya en la carrera? No lo sé, pero la idea es que hay que informarlos, en esa cuestión de toma de decisiones, de tener una postura más crítica, de eventos que han pasado en el Mundo (A4). b) Que tiene que ver con esta parte de la ciencia, no la naturaleza de la ciencia y ¿cuál es la función de la ciencia? ¿Cuál es la utilidad? (B1) Bajo esta idea de la bomba atómica ¿pues los químicos son malos y los físicos son malos porque crearon la bomba atómica?, no ya que ellos generaron ese conocimiento ¿quién lo utilizó? ¿cómo lo utilizaron?, bueno, ya ese es otro debate, ¿no? Entonces lo mismo pasa ahora con todas las cosas nuevas que van creando la tecnología donde está involucrada la química, la biología, biotecnología, etcétera. ¿Pero qué hacen las autoridades para regular todo lo nuevo? (A4). Este enfoque implica que los estudiantes son presionados para dar sus puntos de vista sobre el mundo y los descubrimientos científicos, reflexionar, fomentar la toma de decisiones y tener una postura crítica ante esos eventos (Figura 50).*

Relativo al componente B del PCK, referente al conocimiento del currículo de ciencias, destaca el subcomponente B2, respecto a las ideas de los docentes sobre los objetivos de los estudiantes para aprender el tema, como se puede ver en la siguiente frase: a) *Entonces ¿si tú no tienes cómo toda esta información de las diferencias entre sustentabilidad o sostenibilidad? O sea, ¿ni siquiera tenemos claras esas diferencias?, o sea, difícilmente le quieres entrar a ese tema en clase. ¿No?, yo creo que esa es una dificultad, no nos han preparado a los maestros en estos temas, hace falta (B2). b) El rollo de las energías limpias, por ejemplo, entonces también como que una le da la vuelta, no así de no le quiero entrar por qué, por ejemplo, yo de lo poco que leo, pues también es de las energías limpias, pero también generan problemas ¿no? Ósea, si podemos hablar de energías, pero si vas a poner eólica que es maravillosa, pero también cómo vas a perjudicar el entorno, la gente que vive por esas zonas, etcétera (B2).*

Concerniente al componente C del PCK sobre la comprensión científica de los estudiantes, en las respuestas podemos observar que predomina el subcomponente C4: a) *Por ejemplo, del suelo, ahorita me hiciste acordar, yo ejemplos que les pongo, que tienen que ver con todos los plaguicidas que se utilizan y por ejemplo les hablo que el campo está abandonando en el País. Y eso, pues va a generar un problema más grande porque pues vamos a tener que comprar todos los alimentos en el del extranjero, ¿no? Pero, por otro lado, los campesinos que todavía están*

sembrando en el país, utilizan, pues estos fertilizantes, para ellos es maravilloso porque los campos quedan limpios, ya no tienen que hacer el trabajo de estar desyerbando, pero ¿Qué problema están generando estos herbicidas? (C4). b) Por ejemplo, el uso del plástico, es maravilloso no puedes traer tu agua, pero todo lo que ha generado la química no también, no necesariamente la química, sino las mismas autoridades que no han regulado el uso de pues de muchos materiales, es ese es el meollo del asunto, ¿no? Por ejemplo, yo lo veo mucho con los primeros temas que yo si meto (C4). Como se puede analizar el subcomponente C4 tiene que ver con las creencias de los docentes relacionados al conocimiento que ellos asumen o creen que los estudiantes pueden o no poseer; o el conocimiento que los profesores piensan los estudiantes deberían aprender sobre todo tiene que ver con problemáticas ambientales, uso de plaguicidas, manejo de plásticos, energía nuclear y derivados del petróleo (ver Figura 50).



**Figura 50.** Diagrama Sankey sobre los componentes y subcomponentes del PCK en el perfil docente Qu4.

Alusivo al componente D que es sobre el conocimiento de la evaluación en la entrevista no se encontraron evidencias de este componente en el discurso del profesor Qu4 (ver figura 50).

Relacionado con el componente E del PCK, que es sobre las estrategias instruccionales, sobresale el subcomponente E1, como se puede notar en los siguientes ejemplos: a) *Ahorita, por ejemplo, acabo de hacer un proyecto con los alumnos (E3). El que ganamos fue sobre los plásticos y las islas del cómo se forman las islas de plásticos (E1).* b) *Incluso alguna vez hicimos, intentamos hacer una investigación (E1) de uno que le llaman el gramoxone, pero eso fue un proyecto con los alumnos y estábamos viendo si la estructura de la molécula se parecía al agente naranja que utilizaron en Vietnam. ¿Qué además se había reportado con cuestiones de cáncer y cosas así? Pues porque el gramoxone estaba generando muchos problemas de cáncer en los campesinos.* Como se puede analizar el subcomponente E1 tiene que ver estrategias que son más generales y podrían ser utilizadas para enseñar casi cualquier tópico como las investigaciones y el desarrollo de proyectos (ver Figura 50).

A continuación, en la Tabla 27 se presenta las preguntas de la entrevista al docente Bi2, otros ejemplos de las frases expresadas y los componentes y subcomponente del PCK evaluados en la entrevista que no fueron presentados durante el análisis.

**Tabla 27.** Relación de otros aspectos del PCK evaluados en la entrevista del docente Qu4.

<b>Relación de los aspectos del PCK evaluados por la entrevista al docente Qu4</b>		
<b>Preguntas</b>	<b>Componentes del PCK</b>	<b>Ejemplos</b>
¿Por qué cree usted que no se aborda desde ese enfoque y qué otros temas? ¿Desde su programa piensa que se pueden abordar desde la sostenibilidad?	Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B)	<p>-Son conceptos que tengo la impresión que para muchos docentes que crearon el programa no están dentro de su esquema conceptual (B2). Entonces, pues yo tengo la impresión de que no los incluyeron cuando plantearon los programas en el 96 que es cuando empiezan este boom del de este tipo de conceptos. Y, entonces yo creo que no se incluyen porque no estaba, no formaban parte como ese esquema de los docentes que crearon el programa y el programa y el Colegio están de ponerse la camiseta que siguen de manera rigurosa el programa y poco se han generado estas nuevas ideas o se han introducido estas nuevas ideas al a los programas (B4).</p> <p>- Yo creo que sí ahorita en este momento se gestara una nueva revisión, este a lo mejor tal vez, este los incluirían (B2).</p> <p>-Bueno, de hecho, ya hubo una revisión en el 2016, se llevó a cabo una revisión, pero es una revisión, no es una creación, entonces como que básicamente se enfoca más a los contenidos disciplinarios que a las cuestiones ambientales (B4).</p>
¿Si hubiera el interés de la institución y de los profesores de integrar estos temas, que temas crees que vendrían bien para la asignatura de química del CCH?	Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B)	<p>- Por ejemplo, yo veo en otras escuelas que están en este momento en el movimiento STEM la agenda 2030 y el Colegio no, el Colegio está como más en las cuestiones sociales como en esta idea de cuidar el ambiente, no lo maltrates, no tires la basura, no desperdices el agua, ¿no? (B2), pero es en ese cajón en el que nos hemos quedado. No ha habido como una un debate discusión entre profesores como para poner el dedo en la llaga y decir, es un tema que se debe abordar, etcétera, etcétera (B2).</p>

<p>También comenta con base en tu CORE que pues muchas veces ¿por falta de tiempo no se ven estos temas o por la situación de que hay otros temas fundamentales dentro de la estructura, no del de la química?</p>	<p>Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B)</p>	<p><i>Respecto a los tiempos tienes razón. En los programas y tú revisas siempre se quedan hasta el final o al principio (B4). Entonces, por ejemplo, en el agua te pone. ¿Cuál es la importancia del agua? Es el primer aprendizaje, pues esta es una sustancia que te sirve para todas estas funciones biológicas y sociales, y tan tan (B3). Es el primer aprendizaje y el segundo ya empieza la química bueno, ¿la parte física como la quieres verme? Estados de agregación, entonces Ya el último ya viene una parte como más más social, ¿no? (B4)</i>  <i>Qu4- Sí es lo que hacemos los maestros es que dices, bueno, les voy a hablar del agua, pues es muy importante una clase, no ya cumpliste el primer aprendizaje, llevas con los siguientes contadas (B3), ya va acabar el semestre y dices pues ni modo, este no lo voy a ver porque pues ya no me dio tiempo, no el último (B2).</i></p>
<p>Mencionas en tu documento en el CORE que algunos temas que se pueden asociar al ambiente o a la sostenibilidad tienen que ver con el consumismo, con la energía, con esta parte, que se asocia de alguna forma con algunos de los temas primordialmente mencionas las repercusiones de las actividades humanas ¿cómo es que abordar estos temas en tus clases?</p>	<p>Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B)</p> <p>Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)</p>	<p><i>-Pero a lo mejor esto no lo puse en el CORE, son temas que, si les interesan a los chavos, porque luego, yo creo que eso es lo que pasa, ellos empiezan a participar y a dar sus opiniones, ¿no? (C4). Cuando me doy cuenta que ya me eché 1 hora, ya llevo media hora más, ya tengo mi programa ya lo hice, entonces corto ¿no? Esto es justamente por esta idea de seguir el programa de atender lo que la autoridad está marcando en cuestiones del programa (B4).</i>  <i>- Pero si se puede, o sea yo lo que hago es simplemente veo la oportunidad y lo meto ¿no? (B3). La parte del suelo ha sido muy interesante, porque por lo menos yo me quedo tranquila porque para los chavos el suelo cuando inicias el curso es como x, ósea, el suelo para ellos es como todavía el agua está este grado de conciencia de cuidarla (C2). No esté el aire, pues el rollo de siempre vimos de la contaminación ambiental, en el suelo, este ellos para ellos es así como pues X no, pero cuando terminamos el curso sí noto una diferencia en actitud en cuanto a la valoración que le dan al suelo ya lo ven diferente (C4). Pero yo creo que hasta ahí nos quedamos, o sea, no avanzamos más allá de generar, por ejemplo, proyectos. Pues para tocar estos temas de la sostenibilidad o dar propuestas, etcétera, etcétera. Entonces, esa es la experiencia que yo tengo (B1).</i></p>
<p>Entonces bajo esta experiencia y el contexto, ¿identificas alguna dificultad?</p>	<p>Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B)</p>	<p><i>-Sí la principal dificultad además del tiempo, para mí, por ejemplo, es que yo no tengo mucha información. No me he involucrado porque el Colegio no recuerdo que haya dado un curso que tenga que ver con estos conceptos (B1).</i>  <i>- No sé si los biólogos, lo toquen, siempre busco los cursos del área química o de didáctica, pero no sé si los biólogos, pero en química te puedo asegurar que sí habrá 1 o 2 o se me hayan pasado, pero no hay (B1).</i></p>
<p>¿Otra dificultad que asocies, pero a los estudiantes?, o sea ¿que se les presente a los estudiantes para percibir estos contenidos o para trabajarlos?</p>	<p>Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B)</p>	<p><i>-Yo creo que los estudiantes no. Yo creo que, ósea como hace rato te puse el ejemplo, si tú tocas el tema de cuestiones ambientales, los chavos, si les gusta, ósea, si te comentan. Obviamente, pues les falta también el bagaje, quizá hasta un poquito más que a nosotros (C2). O a veces puede ser que hasta vengan mejor que nosotros. No lo sé. Pero si son temas que ellos sí les interesan, no este que si quieren opinar que sí tienen una esté una postura (C4).</i></p>
<p>Algunos de los temas relacionados con la</p>	<p>Conocimiento del currículo</p>	<p><i>-Pues yo creo que ocupo esas, porque si quizás son las que conozco, trato de que no sean en esta idea de que son tan catastrófico (C4). Ósea, ¿no?,</i></p>

<p>sostenibilidad, los aboradas haciendo alusión con algunos ejemplos de la historia de la humanidad ¿por qué empleas ese tipo de estrategias?, digamos para para explicar estas temáticas y ¿qué otras estrategias empleas en el aula para abordar estos temas?</p>	<p>de ciencias o científico (B) Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)</p>	<p><i>en esta idea de no utilizamos la energía nuclear, por ejemplo, por qué es mala, ya vieron lo que pasó, si no los riesgos (C4). Que pueda haber en ciertos usos y tipos de energía, por ejemplo, pero son riesgos asociados al humano o a fallas humanas (C4). Por otro lado, pues los beneficios que puede tener pueden tener pues las energías (C4).</i> - Entonces no es nada más como la ventaja, o solamente las desventajas, no, sino también esta idea de presentar el escenario (B1). A los alumnos también les gusta eso, ¿no? porque también emite a sus opiniones, se involucran mucho, etcétera (C4).</p>
<p>¿Y cómo esperas que estos aprendizajes impacten en la vida de los estudiantes? ¿Los que llegas a abordar con este enfoque?</p>	<p>Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B) Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)</p>	<p><i>-Otro evento que, por ejemplo, a mí me gusta mucho presentarles (E1) es el del Pozo Ixtoc ¿Cuánto tiempo duró prendido, ¿no? Y todos los esfuerzos que hubo alrededor para apagar el pozo ¿no? Pero al mismo tiempo el daño que causó, pero todo lo que se obtiene de él, que es el petróleo, entonces es como esta idea de no, no podemos decir, hay cierren todos los pozos petroleros (C4). -Ahorita, por ejemplo, el tema ideal para mí sería pues tocar esta idea del petróleo no, el problema es que, en mi química 1, en las primeras químicas no se ve el petróleo si en química 4 y 3, pero ahorita ya no doy esas químicas (B4). Pero son temas que están en el debate y deben de tocar y tratar (B2).</i></p>
<p>¿Has visto, por ejemplo, algunas estrategias a nivel institucional, o sea, proyectos que tengan que ver con estos temas ambientales o sostenibilidad?</p>	<p>Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B) Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C) Conocimiento de estrategias instruccionales (E)</p>	<p><i>Y este ahí fue algo bien interesante. Pero yo me metí más en cuestiones de la química, bueno, ni siquiera química sino física, porque vimos densidad. Lo explicamos mediante densidad del principio de Arquímedes y el PT y todo esto (C3). ¿Pero una niña empezó a hablar de los micro plásticos, ¿no? Entonces cuando nos reunimos por zoom para analizar nuestros resultados de los experimentos (E3), la niña estaba fascinada hablando de plástico de microplásticos. Y es que los microplásticos maestra y aquello y el otro y es un problema y no sé qué, pero o sea la chica traía, por eso yo digo que los alumnos son temas que, si les interesa finalmente el problema, yo creo es que nosotros no hemos sabido cómo orientar y por sacar el potencial a la temática (A4). Yo creo que sí he desarrollado temas así, pero no los he sabido orientar en esta línea (B2).</i></p>
<p>¿Crees que deberían entender esta alguna capacitación profesional? Ya lo mencionaste, no hay en la institución como tal, estas capacitaciones y bueno, no sé también en el sentido de los valores o la ética, con esta visión que mencionas más global de contexto, ¿Si crees pertinente que se</p>	<p>Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B) Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)</p>	<p><i>-Yo creo que sí, debería, pero yo creo que debe de venir desde arriba para que el profesor lo asuma (B2). Digo es un triste porque pues pareciera que, pues nos hacemos lo que nos dicen, pero bueno, pues finalmente este rollo de las evaluaciones también te obliga a que de alguna manera tengas que seguir un programa, ¿no? ¿Porque pues van a evaluar si realmente los aprendizajes que viene en el programa los llevaron los alumnos? (B4). - Entonces creo que sí, sí, necesitamos la capacitación, si necesitamos involucrarnos más en esos temas (B1). Desgraciadamente tiene que venir de arriba para que podamos hacerlo. Este, es más, yo creo que ahora con esta entrevista me vas a motivar aquello, me involucre más y este, yo creo que ahora lo voy a planear mis clases para poder involucrar más estos temas y más porque a mí ya me han estado bombardeando con esto de la agenda 2030 (C4), ¿no? del CCH porque ni lo pela, o sea no, no toca nada de esto, es más yo lo conocí por otras (B2).</i></p>

puedan abordar estos temas?		
-----------------------------	--	--

### 3.7. Análisis de resultados de la entrevista semiestructurada: Docente de química Qu5

La entrevista con el docente Qu5 tuvo una duración aproximadamente de 15 min. Como ya se mencionó el docente Qu5 forma parte del Colegio Madrid, en donde imparte diferentes asignaturas a nivel bachillerato que son Química I, II, III y IV, tiene 32 años de experiencia docente y cuenta con estudios de maestría. En la Tabla 23 se muestra un extracto de las preguntas de la entrevista, la relación de los aspectos del PCK evaluados en la entrevista y algunos ejemplos de lo expresado por el docente Qu5. Las letras cursivas presentes en el análisis corresponden textualmente a lo dicho por el profesor Qu5 durante la entrevista.

El docente Qu5 expresa en la entrevista que el constructo que utiliza relacionado con la sostenibilidad es “*desarrollo sustentable*”, definido como: *el desarrollo sustentable entendido como la actividad humana interdisciplinaria que involucra la integración de áreas científicas, tecnológicas y sociales que garanticen una planeación estratégica de acciones de gestión pública, empresarial, industrial y cultural que garanticen el desarrollo de la sociedad sin agotar ni poner en riesgo de los recursos de las generaciones futuras.*

Por otra parte, el docente Qu5 expresa en la entrevista algunos conceptos centrales para la enseñanza de la sostenibilidad que son: medio ambiente y recursos naturales. Además, el profesor menciona la importancia del desarrollo sustentable, así como las conexiones entre otros tópicos que considera claves para abordar este tema que son: contaminación, cambio climático, huella ecológica, capa de ozono, afectaciones a los ecosistemas, impacto de la industria química, fertilizantes químicos y Objetivos de desarrollo sostenible (ODS) (ver en Tabla 23).

El profesor Qu5 al hablar sobre el **medio ambiente** expresa lo siguiente: *Respecto al medio ambiente es un concepto fundamental para concebir la vida de las sociedades o comunidades humanas en armonía con todos los componentes de las diferentes regiones del mundo en las que habitamos y considerando asimismo que algunos de estos factores no se encuentran fijos en una región (aire, agua) sino que pueden afectar a regiones mucho más grandes y causando*

*desequilibrios graves como el cambio climático, la acidificación de los océanos, la contaminación por residuos peligrosos solubles en agua, etc.*

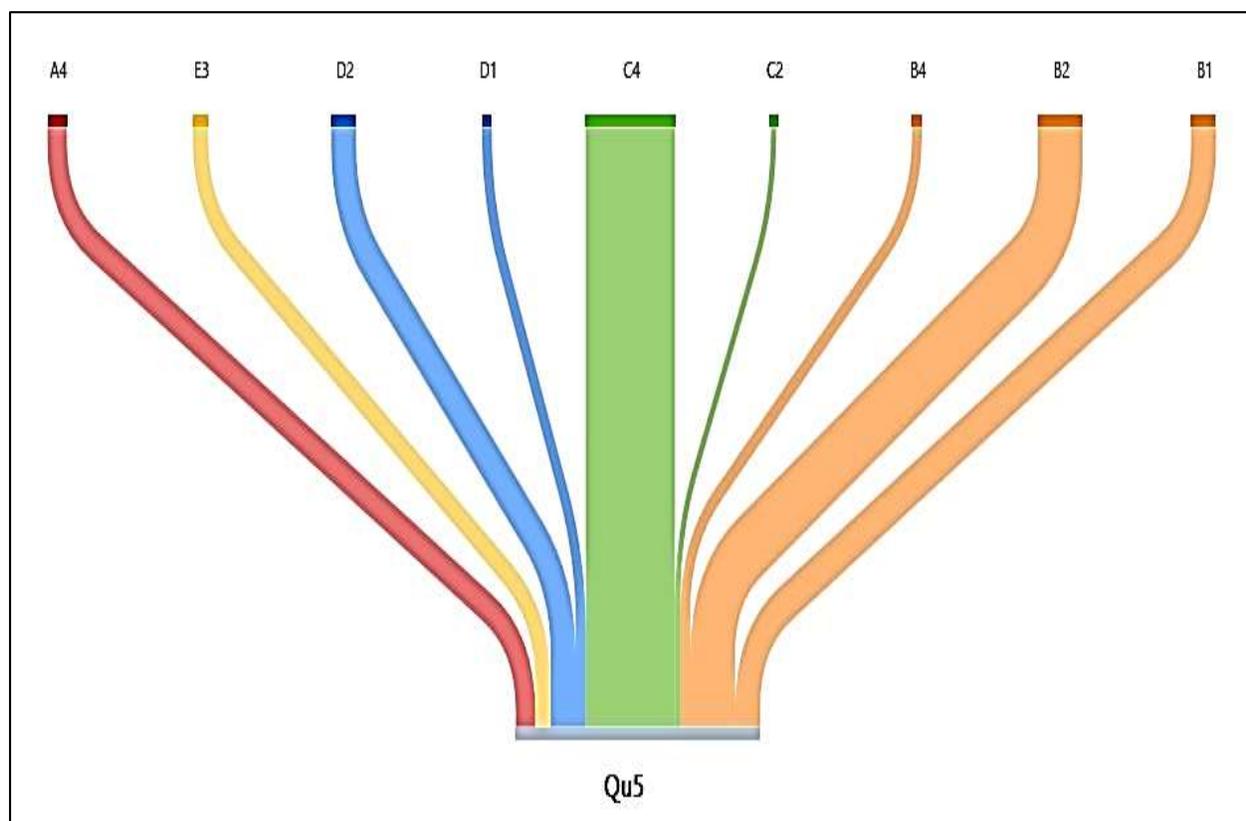
Respecto a los **recursos naturales** el docente dice: *Referente a los recursos naturales se refieren directamente al mundo y ciencia de los materiales, tanto de origen mineral (geológico) como de origen biológico. El abuso y eventual desaparición de un recurso natural no renovable como los minerales o el petróleo pueden amenazar la sostenibilidad por falta de desarrollo en áreas estratégicas como industria, salud, comercio, tecnología, etc.*

En otro orden de ideas, con relación a los componentes y subcomponente del PCK podemos observar que en las respuestas del docente Qu5, prevalece el subcomponente A4 referente a las orientaciones de la enseñanza de la ciencia (A), como se presenta en el siguiente párrafo: *Por un lado, la Enseñanza ambiciosa de las ciencias (AST por sus siglas en inglés) (A4) y por otro, la corriente STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) (A4). El primero ayuda a la apropiación de conceptos abstractos de la ciencia y el segundo a la aplicación de dichas ideas o conceptos para el desarrollo del pensamiento crítico (A4) y la resolución de problemas (A4). Este enfoque implica que los estudiantes son presionados para dar sus puntos de vista sobre el mundo, desarrollar pensamiento crítico y la resolución de problemas (Figura 50).*

Relativo al componente B del PCK, referente al conocimiento del currículo de ciencias, destaca el subcomponente B2, respecto a las ideas de los docentes sobre los objetivos de los estudiantes para aprender el tema, como se puede ver en la siguiente frase: a) *Desde hace varios años en el Colegio utilizamos la combinación de varios modelos que encontramos útiles y complementarios. Específicamente para el caso de la educación para la sostenibilidad nos basamos en la postura filosófica de Toulmin (racionalidad moderada) y desde ella (ciencia en contexto) combinamos (adaptamos a nuestra realidad y necesidades) dos modelos didácticos muy en boga en los países anglosajones (B2).* b) *Los contextos en los que se han concentrado las temáticas "tradicionales" de un curso de química son muy complejos y extensos (B2).* Este subcomponente tiene que ver con los conocimientos que posee el docente Qu5 sobre metas, directrices y líneas guía a través de los temas (tópicos).

Concerniente al componente C del PCK sobre la comprensión científica de los estudiantes, en las respuestas podemos observar que predomina el subcomponente C4: a) *Entre los más importantes para la asignatura de química están: Contaminación (agua, aire, suelo) (C4), afectación de ecosistemas (C4) y poblaciones por producción industrial (minería, metalurgia,*

agricultura, petróleo) principalmente (C4), cambio climático (quema de combustibles y huella de carbono) (C4), efecto invernadero (C4), albedo, agujero de ozono, entre otros fenómenos físico-químicos) (C4), etc. Como se puede analizar el subcomponente C4 tiene que ver con las creencias de los docentes relacionados al conocimiento que ellos asumen o creen que los estudiantes pueden o no poseer; o el conocimiento que los profesores piensan los estudiantes deberían aprender (ver figura 50).



**Figura 50.** Diagrama Sankey sobre los componentes y subcomponentes del PCK en el perfil docente Qu5.

Alusivo al componente D que es sobre el conocimiento de la evaluación en la entrevista domina el subcomponente D2, como se puede examinar en los siguientes comentarios: *Utilizo actividades de meta cognición como ensayos finales (D2) y otras evidencias reflexivas (D2). También empleo diagramas heurísticos (D2), metodologías de evaluación para trabajos experimentales (D2) y rubricas (D2).* Como se puede analizar el subcomponente D2 tiene que ver con el tipo de estrategias que son empleadas por el docente para evaluar la comprensión de los estudiantes (ver Figura 50).

Relacionado con el componente E del PCK, que es sobre las estrategias instruccionales, sobresale el subcomponente E3, como se puede notar en los siguientes ejemplos: a) *Utilizo*

actividades experimentales (E3), elaboración y uso de modelos (E3). b) Utilizo, simuladores experimentales (E3), investigación páginas web (E3), lecciones TED-Ed (E3), zoom (E3) y presentaciones interactivas con Pear Deck Team (E3). Como se puede ver el subcomponente E3 se refiere a estrategias o actividades específicas que usa el docente, como: demostraciones, simulaciones y experimentos (Figura 50).

A continuación, en la Tabla 28 se presenta las preguntas de la entrevista al docente Bi2, otros ejemplos de las frases expresadas y los componentes y subcomponente del PCK evaluados en la entrevista que no fueron presentados durante el análisis.

**Tabla 28.** Relación de otros aspectos del PCK evaluados en la entrevista del docente Qu5.

<b>Relación de los aspectos del PCK evaluados por la entrevista al docente Qu5</b>		
<b>Preguntas</b>	<b>Componentes del PCK</b>	<b>Ejemplos</b>
¿Qué concepto empleas relacionados con la sostenibilidad en tus clases?	Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)	<i>Desarrollo sustentable, entendido como la actividad humana interdisciplinaria que involucra la integración de áreas científicas, tecnológicas y sociales que garanticen una planeación estratégica de acciones de gestión pública, empresarial, industrial y cultural que garanticen el desarrollo de la sociedad sin agotar ni poner en riesgo de los recursos de las generaciones futuras (C4).</i>
¿Qué estrategias empleas para enseñar los temas relacionados con la sostenibilidad?	Conocimiento de estrategias instruccionales (E)	<i>Por un lado, la Enseñanza ambiciosa de las ciencias (AST por sus siglas en inglés) (A4) y por otro, la corriente STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) (A4). El primero ayuda a la apropiación de conceptos abstractos de la ciencia y el segundo a la aplicación de dichas ideas o conceptos para el desarrollo del pensamiento crítico (A4) y la resolución de problemas (A4). Utilizo actividades experimentales (E3, elaboración y uso de modelos (E3)</i>
¿Qué temas de química se pueden relacionar con la enseñanza de la sostenibilidad?	Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B)  Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)	<i>-Entre los más importantes para la asignatura de química están: fertilizantes químicos (ciclo del nitrógeno y obtención de amoníaco) (C4), petroquímicos y sus derivados, producción industrial, materia y energía, ciclos productivos sustentables, Objetivos de desarrollo sustentable ODS. (C4). - La enseñanza de los recursos naturales siempre se ha enfocado (al menos en química) desde una perspectiva de consumo (B2). "Los recursos están ahí para que los uses, re-construyas, inventes, desarrolles...etc) (C4). Justo la sostenibilidad debería enfocarse mucho más en la recuperación de materiales que actualmente se tienen almacenados como desechos) que en la explotación ilimitada (a partir de materia prima nueva) de los recursos</i>

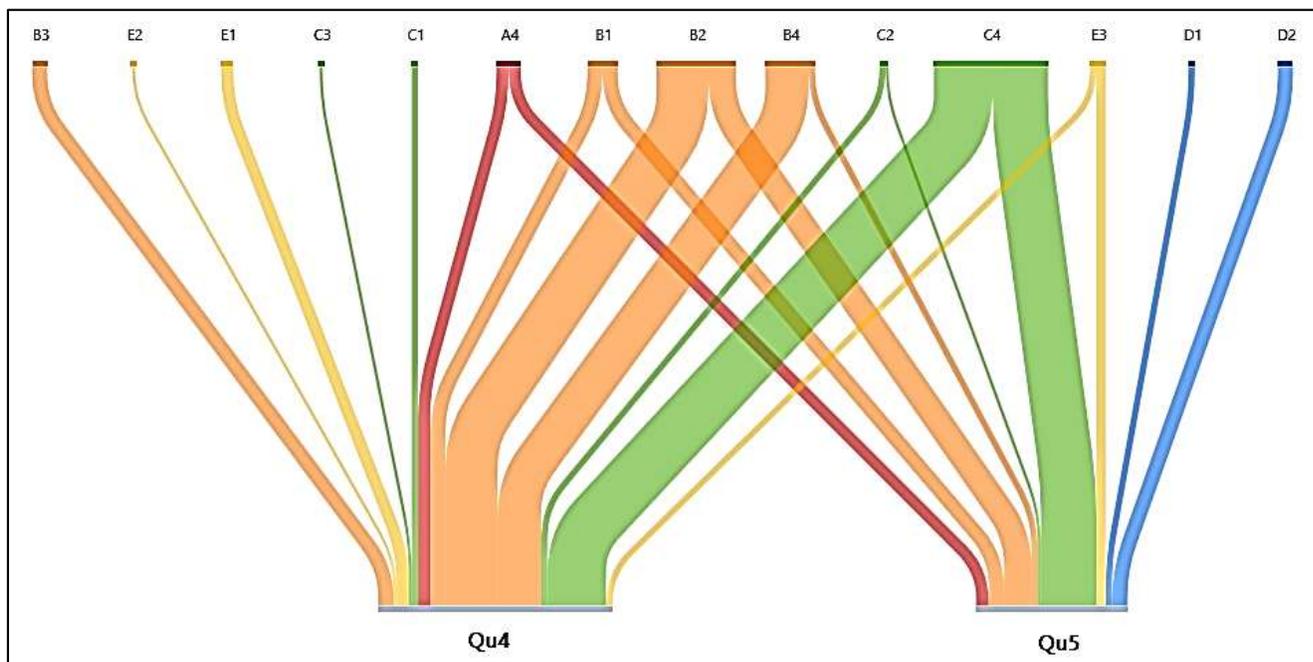
		<i>actuales (B2). Pero esto no es fácil, no manejamos información actualizada y adaptada al nivel estudiantil (C2).</i>
<i>¿Qué más sabes sobre la sostenibilidad, que no le enseñes a tus estudiantes?</i>	Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B) Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)	<i>No enseñé principios de química verde (C4) de manera formal al no ser parte del programa curricular (B4) y tampoco profundizamos en el desarrollo de competencias centradas en la sostenibilidad (B1).</i>
<i>¿Has notado alguna dificultad o limitación para enseñar estos temas?</i>	Conocimiento del currículo de ciencias o científico (B) Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C) Conocimiento de evaluación en Ciencias (D)	<i>-La sostenibilidad plantea retos que deberían abordarse de manera integrada con otras asignaturas (B4) y la realidad (y más en tiempos COVID-19, donde llevamos casi un año enseñando a distancia) es que siempre nos concentramos en los contenidos de química dura (C4), ya que finalmente eso es lo que se acaba evaluando en la mayoría de las pruebas estandarizadas a las que se ven expuestos los alumnos (D1).</i>
<i>¿Qué formas de evaluación utilizas en actividades y estrategias?</i>	Conocimiento de evaluación en Ciencias (D)	<i>Utilizo actividades de meta cognición como ensayos finales (D2) y otras evidencias reflexivas (D2). También empleo diagramas heurísticos (D2), metodologías de evaluación para trabajos experimentales (D2) y rubricas (D2).</i>
<i>¿Qué herramientas tecnológicas has utilizado para enseñar estos temas?</i>	Conocimiento de estrategias instruccionales (E)	<i>Utilizo, simuladores experimentales (E3), investigación páginas web (E3), lecciones TED-Ed (E3), zoom (E3) y presentaciones interactivas con Pear Deck Team (E3).</i>

### **3.7.1. Variación de Componentes PCK utilizados por todos los profesores de química (Qu4 y Qu5) en las entrevistas: cPCK**

A continuación, en la figura 51 se presenta el análisis comparativo de los perfiles docentes de tres profesores de química Qu4 y Qu5.

En el diagrama de Sankey presentado se observa que los conocimientos más utilizados por los docentes, aquellos que permiten construir su perfil docente son A4, B2, C4, D2 y E3. También es posible observar que los perfiles docentes más robustos son de Qu4. Otro aspecto importante, es que se generaliza la tendencia de que no es el enfoque lo que permea sobre los demás conocimientos, sino B, C y E; es decir el conocimiento que sobre el currículo y sobre los estudiantes posee el profesor, además de las estrategias instruccionales. De acuerdo con el análisis el docente

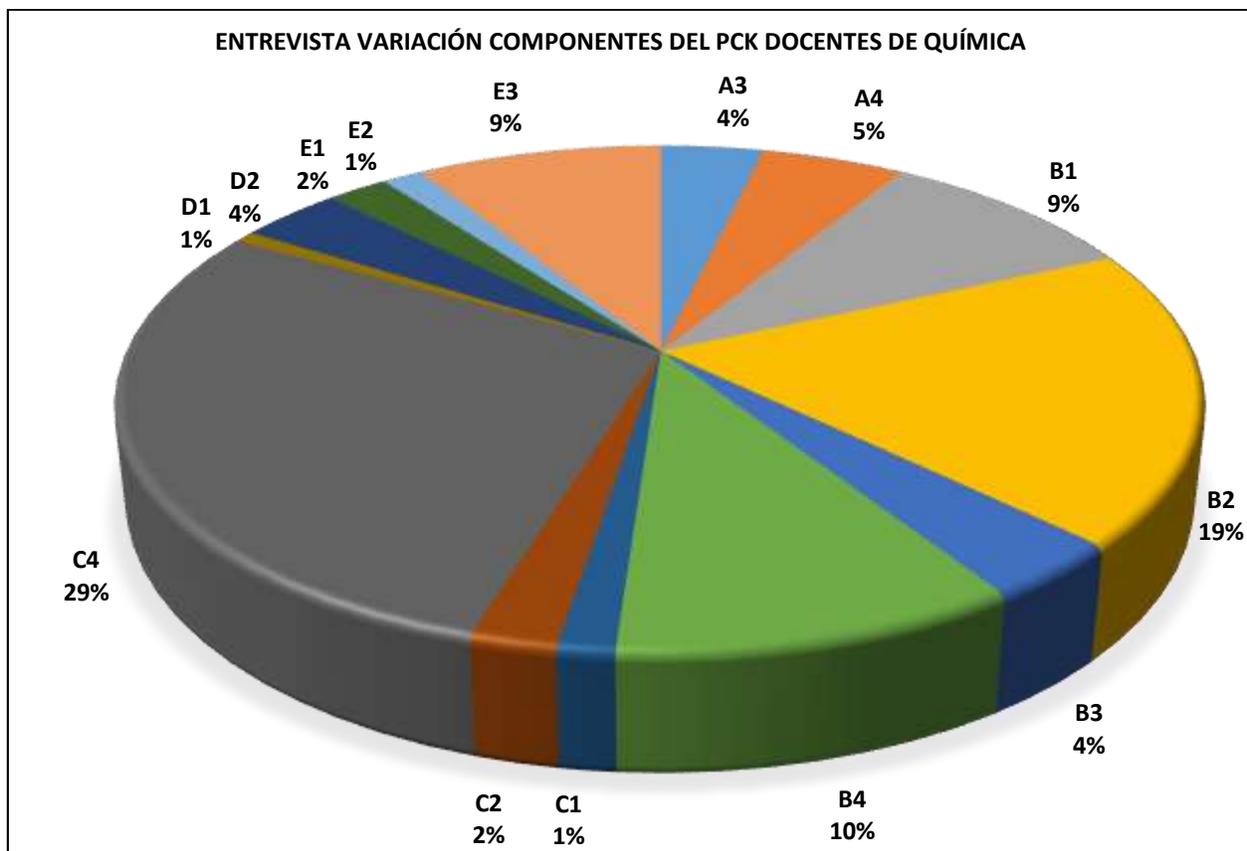
con un perfil menos robusto es el Qu5, aunque tiene variedad las líneas de flujo son más delgadas que para los otros docentes.



**Figura 50.** Diagrama Sankey de perfiles docentes que sobre sostenibilidad poseen los profesores de biología. Los componentes y subcomponentes del PCK se representan con líneas de los siguientes colores: A (rojo), B (naranja), C (verde), D (azul) y E (amarillo), el ancho de las líneas representa la frecuencia de los códigos con relación a los docentes de química.

### 3.7.2. Porcentajes de variación de componentes PCK utilizados en las entrevistas por profesores de química.

En la Figura 51. Se muestra el PCK colectivo, en todos los casos prevalece el subcomponente C4 (29%) sobre los conocimientos y creencias de los docentes respecto los objetivos del curso además de su conocimiento y creencias sobre qué debe saber y cómo debe aprender el estudiante. También sobresale el subcomponente B2 (19%) sobre conocimiento de los docentes sobre las metas, directrices y líneas guía a través de los temas (tópicos). Finalmente, el subcomponente de B4 (10%) que son conocimientos del currículo y materiales relacionados al contenido que se enseña y otros relacionados con este. Estos resultados complementan los anteriores resultados de los CORES de los docentes Qu4 y Qu5.



**Figura 51.** Variación de componentes PCK utilizados por profesores de química (porcentajes).

En la siguiente Tabla 29, se pueden observar los componentes y subcomponentes de PCK que más predominan (%) en el discurso de los docentes de biología durante la entrevista.

**Tabla 29.** Componentes y subcomponentes de PCK de los docentes de biología entrevistados.

Componentes del PCK	Código	Sub-componentes predominantes y ejemplos mencionados por los docentes en la entrevista.
Orientación hacia la enseñanza de la ciencias (A)	A4 5%	Se puede observar un enfoque de enseñanza de la sostenibilidad dirigida hacia el cambio conceptual (A4), Ejemplo: <i>Por un lado, la Enseñanza ambiciosa de las ciencias (AST por sus siglas en inglés) y por otro, la corriente STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics). El primero ayuda a la apropiación de conceptos abstractos de la ciencia y el segundo a la aplicación de dichas ideas o conceptos para el desarrollo del pensamiento crítico y la resolución de problemas (Qu5); pero la idea es que hay que informarlos, en esa cuestión de toma de decisiones, de tener una postura más crítica, de eventos que han pasado en el Mundo (Qu4).</i>
Conocimiento del currículo científico (B)	B2 19%	Conocimiento de los docentes sobre las metas directrices y líneas guía a través de los temas (tópicos). Ejemplos: <i>No ha habido como una un debate discusión entre profesores como para poner el dedo en la llaga y decir, es</i>

		<i>un tema que se debe abordar, etcétera (Qu4); Los contextos en los que se han concentrado las temáticas "tradicionales" de un curso de química son muy complejos y extensos (Qu5).</i>
Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)	C4 29%	Creencias de los docentes relacionados al conocimiento que ellos asumen o creen que los estudiantes pueden o no poseer; o el conocimiento que los profesores piensan los estudiantes deberían aprender. Ejemplos: <i>No enseñe principios de química verde de manera formal al no ser parte del programa curricular y tampoco profundizamos en el desarrollo de competencias centradas en la sostenibilidad (Qu5); No lo sé. Pero si son temas que ellos sí les interesan, no este que si quieren opinar que sí tienen una esté una postura (Qu4).</i>
Conocimiento de evaluación en ciencias (D)	D2 4%	Tipo de estrategias son empleadas por los docentes para evaluar la comprensión de los estudiantes o aquellas ideas que no son tan acertadas. Ejemplos: Metodologías evaluación trabajos experimentales y rubricas para evaluar (Qu5).
Conocimiento de estrategias específicas para un tópico.	E3 9%	Actividades específicas del tópico (ejemplo: problemas, demostraciones, simulaciones o experimentos). Ejemplos: <i>Ahorita, por ejemplo, acabo de hacer un proyecto con los alumnos, el que ganamos fue sobre los plásticos y las islas del cómo se forman las islas de plásticos (Qu4); Utilizo actividades experimentales, elaboración y uso de modelos (Qu5).</i>

A continuación, como reflexiones finales se presenta una compilación de las ideas más sobresalientes sobre el análisis de las entrevistas semiestructuradas, expresadas por los docentes de biología estudiados.

### **3.7.2. Recopilación de ideas útiles para la enseñanza de la sostenibilidad y temas relacionados derivados de la entrevista de profesores de química.**

#### **I. Importancia del tema (sostenibilidad) y relación con los otros tópicos:**

d) **Docente Qu4:** Expresa en la entrevista algunos conceptos centrales **para la enseñanza de la química que se pueden relacionar con lo ambiental que son: agua, energía, suelo, el ambiente, agenda 2030, manejo de residuos y contaminación.** Además, el profesor menciona las conexiones entre **otros tópicos que considera claves para abordar estos temas que son: química del suelo, plaguicidas, energía nuclear, petróleo, energías limpias, islas de plásticos, micro plásticos, cuidado del ambiente y problemáticas ambientales diversas.** No utiliza ningún concepto relacionado con la sostenibilidad.

- e) **Docente Qu5:** Expresa en la entrevista algunos conceptos centrales para la enseñanza de la sostenibilidad que son: **medio ambiente y recursos naturales**. Además, el profesor menciona la importancia del desarrollo sustentable, así como las conexiones entre otros tópicos que considera claves para abordar este tema que son: contaminación, cambio climático, huella ecológica, capa de ozono, afectaciones a los ecosistemas, impacto de la industria química, fertilizantes químicos y Objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Utiliza el concepto de desarrollo sustentable.

## II. Dificultades de aprendizaje

- a) **Docente Qu4:** Son temas que los estudiantes manejan en su discurso, pero no se sabe si lo aplican de forma real en su vida, al respecto el docente expresa lo siguiente: *Ahora lo que sí te puedo decir también es que yo a veces noto que los chavos lo manejan como discurso. Porque en la práctica yo no sé qué tanto en su vida, apliquen lo que ellos proponen, no, o sea, desde que traigan el discurso de no tirar basura y al final sí lo hagan en la calle o que te digan, no es que debemos de utilizar menos plástico, pero pues allá en los hechos. O sea, no sé también que tanto sea únicamente el discurso de los chavos.*
- b) **Docente Qu5:** No menciona ninguna.

## III. Dificultades de enseñanza.

- a) **Docente Qu4:** - Las principales dificultades que señala el profesor es la falta de tiempo y **falta información respecto al tema**. *No me he involucrado, porque el colegio no recuerdo que haya dado un curso que tenga que ver con estos conceptos. Entonces ¿si tú no tienes cómo toda esta información de las diferencias entre sustentabilidad o sostenibilidad? O sea, ¿ni siquiera tenemos claras esas diferencias?, o sea, difícilmente le quieres entrar a ese tema en clase. ¿No?, yo creo que esa es una dificultad, no nos han preparado a los maestros en estos temas, hace falta.*
- b) **Docente Qu5:** No menciona ninguna.

## IV. Facilidades de enseñanza

- a) **Docente Qu4:** Son temas que les interesan a los estudiantes.
- c) **Docente Qu5:** No menciona ninguna.

## **V. Estrategias de enseñanza**

### **i. Estrategias didácticas:**

- a) **Docente Qu4:** Exposiciones de problemáticas ambientales, investigaciones y desarrollo de proyectos.
- b) **Docente Qu5:** Enseñanza ambiciosa de las ciencias (AST), la corriente STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics), resolución de problemas, desarrollo del pensamiento abstracto y crítico.

### **ii. Materiales didácticos:**

- a) **Docente Qu4:** Exposiciones, proyectos de investigación.
- b) **Docente Qu5:** Actividades experimentales, *lecciones TED-Ed* y *presentaciones interactivas con Pear Deck Team*.

### **iii. Uso de modelos:**

- a) **Docente Qu4:** Plantea problemáticas ambientales relacionadas con las islas de plástico en los océanos, el caso del Pozo Ixtoc (petróleo), sobre el uso de plaguicidas y herbicidas, así como sobre el uso de la energía nuclear.
- b) **Docente Qu5:** Elaboración y uso de modelos y simuladores experimentales.

## **VI. Evaluación y retroalimentación.**

- a) **Docente Qu4:** No menciona ningún aspecto.
- b) **Docente Qu5:** Actividades de meta cognición, ensayos finales, evidencias reflexivas, diagramas heurísticos, metodologías de evaluación para trabajos experimentales y rubricas.

A continuación, se presenta en la tabla 30, en forma de resumen con las ideas útiles para la enseñanza de la sostenibilidad derivadas de las entrevistas semiestructuradas a profesores de química.

**Tabla 30.** Ideas útiles para la enseñanza de la sostenibilidad derivadas de las entrevistas semiestructuradas a profesores de química.

Ideas útiles para la enseñanza de la sostenibilidad.		Docentes biología
<b>Conceptos centrales asociados a la enseñanza de la sostenibilidad</b>		Química del suelo, plaguicidas, energía nuclear, petróleo, energías limpias, islas de plásticos, micro plásticos, cuidado del ambiente y problemáticas ambientales diversas. medio ambiente, recursos naturales, desarrollo sustentable, contaminación, cambio climático, huella ecológica, capa de ozono, afectaciones a los ecosistemas, impacto de la industria química, fertilizantes químicos y objetivos de desarrollo sustentable.
<b>Dificultades de enseñanza</b>		Que vayan más allá del discurso y lo apliquen en su vida.
<b>Facilidades de enseñanza</b>		Son temas que les interesan a los estudiantes.
<b>Estrategias de enseñanza</b>	<b>Estrategias didácticas</b>	Exposiciones de problemáticas ambientales, investigaciones y desarrollo de proyectos, enseñanza ambiciosa de las ciencias (AST), la corriente STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics), resolución de problemas, desarrollo del pensamiento abstracto y crítico.
	<b>Materiales didácticos</b>	Exposiciones, proyectos de investigación, actividades experimentales, <i>lecciones TED-Ed</i> y <i>presentaciones interactivas con Pear Deck Team</i> .
	<b>Uso de modelos</b>	Plantea problemáticas ambientales relacionadas con las islas de plástico en los océanos, el caso del Pozo Ixtoc (petróleo), sobre el uso de plaguicidas, herbicidas, energía nuclear, elaboración de modelos y simuladores experimentales.
<b>Evaluación y retroalimentación</b>		Actividades de meta cognición, ensayos finales, evidencias reflexivas, diagramas heurísticos, metodologías de evaluación para trabajos experimentales y rubricas.

### 3.8. Conclusiones generales del capítulo tres.

- Existe una necesidad de que las instituciones de educación media superior de la CDMX, valoren a la educación para la sostenibilidad y, en consecuencia, redefinan los planes y programas de estudios integrando a la sostenibilidad como contenido medular.
- Los contenidos temáticos relacionados con la enseñanza de la sostenibilidad de las asignaturas analizadas; Para biología: a) Contenidos disciplinares: evolución, fotosíntesis, ciclos biogeoquímicos e investigación; b) Contenidos ambientales: ecosistemas, servicios ecosistémicos, tres esferas de la sostenibilidad, leyes ambientales, deterioro ambiental, efecto invernadero, cambio global y complejidad; c) Contenidos sociales: valores, equidad, políticas, desarrollo perdurable, pensamiento sistémico, futuras generaciones, estilo de vida, comunidad, población y educación ambiental.
- Para química: a) Contenidos disciplinares: reacción química, materia, estructura, función, micro escala y química verde; b) Contenidos ambientales: problemas ambientales, causa y

efectos, seres vivos, riesgos, residuos, reciclaje, 3Rs, contaminación y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI); c) Contenidos sociales: humanidad, desarrollo económico, social, cultura, necesidades primarias, secundarias y terciarias, realidad, planeación y gestión pública y crecimiento demográfico.

- Los enfoques más utilizados para la enseñanza de la sostenibilidad son: Educación ambiental para sostenibilidad o sustentabilidad, educación activa, educación STEAM, ciencias aplicadas enseñanza AST.
- Los métodos de enseñanza- aprendizaje sobre sostenibilidad son: desarrollo de proyectos, prácticas de campo, aprendizaje basado en problemas, estudios de caso, experimentación, investigación acción, servicio acción, aprendizaje en contexto, investigación guiada, secuencias didácticas, modelos y modelaje, desarrollo de prototipos y leer para aprender.
- Se recomienda el tratamiento del concepto de sostenibilidad en EMS desde un carácter transversal en torno a cuestiones socio-ambientales locales.
- Es necesario que los docentes identifiquen los diferentes enfoques sobre sostenibilidad, ya que hay confusión o ambigüedad al emplearlos.
- Es indispensable integrar a la sustentabilidad en el bachillerato a través de una estrategia institucional efectiva de educación para la sostenibilidad. Orientada hacia necesidades, intereses y particularidades, estudiantes, contexto ambiental y desafíos actuales.
- Se reconoce a la enseñanza para la sostenibilidad como una prioridad de parte de todos los actores del sector educativo estudiado (profesores), ya que hay interés en enseñar el tema a nivel medio superior sobre todo en el ámbito de las asignaturas de ciencias naturales.
- Es necesario capacitación sobre educación para la sostenibilidad e integrar este contenido como eje transversal del de cursos curriculares de química y biología.
- La integración de la sostenibilidad a nivel medio superior va a ser viable si las instituciones son capaces de generar los ambientes de aprendizajes apropiados.

Finalmente, en el capítulo 5 se presentan de forma detallada las conclusiones generales derivadas del análisis de resultados de las entrevistas semiestructuradas presentadas en este apartado de la investigación.

## **CAPÍTULO 4. SECUENCIA DIDÁCTICA**

### **4.1. Diseño de la secuencia didáctica (SD), ¿Para qué se diseñó la SD?**

En esta propuesta didáctica, se diseñó con el propósito de que las y los estudiantes conozcan y exploren el uso de diversas estrategias de enseñanza- aprendizaje (teórico-prácticos) sobre el cambio climático, con enfoques basados de la educación ambiental para la sostenibilidad y la enseñanza de las ciencias basadas en la indagación (ECBI), mediante el uso de una variedad de actividades presenciales y también se hará énfasis en el uso de plataformas y recursos virtuales para elaboración de tareas. Cabe señalar que esta secuencia didáctica (SD) es un diseño preliminar, pues lamentablemente y por limitaciones de tiempo no se pudo aplicar con grupos de estudiantes, por lo que se espera que en el futuro se pueda implementar y rediseñar SD para mejorarla.

### **¿Por qué elegimos basar la secuencia didáctica en el contenido de cambio climático?**

El **cambio climático**, es un tema central identificado como medular para enseñanza de la sostenibilidad, además en el análisis del pensamiento docente anteriormente presentado, fue un tema recurrentemente mencionado como parte de las y los profesores estudiados (en el cuestionario diagnóstico, en las CoRe y en las entrevistas semiestructuradas analizadas). Por consiguiente, decidimos diseñar la secuencia didáctica bajo el enfoque de los Objetivos de Desarrollo Sustentables (ODS), enfocada en particular al ODS 13 que es sobre acción por el clima (cambio climático). También las estrategias de enseñanza de la secuencia didáctica están diseñadas bajo un enfoque de indagación (Reyes-Cárdenas y Padilla, 2012) y en el desarrollo de actividades experimentales.

### **¿Para quién está dirigida la secuencia didáctica (SD)?**

La SD está dirigida a estudiantes de nivel medio superior, en los cursos básicos de las asignaturas de ciencias naturales, principalmente química y biología.

#### **4.1.1. Objetivos de la secuencia didáctica**

Diseñar una secuencia didáctica sobre una temática relacionada con la sostenibilidad sobre el tema de cambio climático.

- 1) Hacer emerger y desarticular las concepciones erróneas que se derivan de visiones simplistas del Cambio Climático, contextualizándolas en algunas características del dióxido de carbono (gas de efecto invernadero), y acidificación de los océanos (Alvarado-Zamorano, *et al.*, 2011).
- 2) Promover el trabajo del alumnado mediante estrategias de enseñanza de las ciencias basadas en la indagación (ECBI).
- 3) Diseñar dos propuestas escritas, una para estudiantes y otra para profesores.

#### **4.1.2. Principales enfoques didácticos que se abordarán en la secuencia**

- Educación para la sostenibilidad
- Objetivos de Desarrollo Sustentables (ODS)
- Indagación
- Actividades experimentales y experiencias de cátedra
- Herramientas tecnológicas

#### **4.1.3. Estrategias de enseñanza de las ciencias basadas en la indagación (ECBI)**

##### **¿Cómo se diseñó la SD?**

Por otra parte, como ya se mencionó, las estrategias de enseñanza de la secuencia didáctica están diseñadas bajo un enfoque de indagación ECBI (Bogner, Boudalis y Sotiriou, 2012; Domènech-Casal, 2014) en donde se articula en diversos pasos que atienden diversos procesos científicos como:

- 1) Formular preguntas investigables.
- 2) Dar prioridad a la observación.
- 3) Analizar la observación.
- 4) Formular una explicación basada en las observaciones.
- 5) Conectar la explicación con los modelos y conocimientos científicos.
- 6) Comunicar y justificar la explicación.
- 7) Reflexionar sobre el proceso.

Finalmente, se retomaron y rediseñaron dos actividades de una SD presentada con anterioridad en el Taller 2 denominado “Diseño de secuencias didácticas en contextos ambientales” realizado en el contexto del Primer Congreso Internacional de Educación Química en Línea,

organizado por la Sociedad Química de México (2020), que se impartió en colaboración con la M. en C. Rosa María Cátala Rodes y Mariana Muñoz Galván (autora de la presente tesis).

#### **4.1.4. Habilidades de pensamiento y para la indagación científica plasmadas en el diseño de la SD**

- Identificar preguntas que puedan ser respondidas mediante una investigación científica.
- Usar herramientas y técnicas apropiadas para recabar, analizar e interpretar datos.
- Desarrollar descripciones, explicaciones, predicciones y hacer uso de modelos utilizando las pruebas obtenidas.
- Pensar crítica y lógicamente para elaborar relaciones entre las pruebas obtenidas y la explicación.
- Reconocer y analizar explicaciones y predicciones alternativas.
- Comunicar procedimientos y explicaciones científicas.
- Las matemáticas son importantes en todos los aspectos de la indagación.

#### **4.1.5. Principales tópicos que se abordarán en la secuencia didáctica**

- Objetivos de Desarrollo Sustentable(ODS)
- Cambio climático
- Acidificación de los océanos.

#### **4.1.6. Herramientas tecnológicas integradas en la SD**

- -Plataforma GoogleClassroom/ [classroom.google.com/u/0/h](https://classroom.google.com/u/0/h)
- App. Perdeck/ <https://app.peardeck.com/join>
- -TedLessons /<https://ed.ted.com/lessons?category=science-technology>
- **Recursos editables:** Plantillas de diagrama heurístico y Planilla de diagrama argumentativo.

## 4.2. CARTAS DESCRIPTIVAS DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

El desarrollo de la secuencia didáctica se da a partir de los temas Cambio climático, ODS y acidificación de los océanos, empleando la estrategia de enseñanza de las ciencias basadas en la indagación (ECBI). Desde la motivación a través de videos y experiencias de cátedra hasta la evaluación se presentan actividades que apuntan al desarrollo de las habilidades deseables por parte de los estudiantes a través del uso de recursos tecnológicos, dando prioridad a la observación y realización de experimentos; formulando una explicación basada en las observaciones experimentales y contextuales, conectando la explicación con los modelos y conocimientos científicos; comunicando y justificando la explicación y reflexionando sobre el proceso de lo aprendido a lo largo de la secuencia.

La secuencia didáctica presentada, está conformada por cuatro momentos básicos:

A) Actividades de apertura que son:

- ❖ Actividad 1: Evaluación diagnóstica.
- ❖ Actividad 2: Explorando los efectos del cambio climático.

B) Actividades de desarrollo:

- ❖ Actividad 3: Características del dióxido de carbono como gas de efecto invernadero.
- ❖ Actividad 4: Cambio climático y los océanos.
- ❖ Actividad 5: Acidificación de los océanos.

C) Actividad de cierre:

Actividad 6: Cierre y evaluación.

## 4.2. ACTIVIDADES DE APERTURA

### 4.2.1. ACTIVIDAD 1. Evaluación diagnóstica

**Descripción general:** Consiste en la aplicación de un cuestionario sobre los conocimientos previos del tema. Se puede observar la carta descriptiva en la Tabla 31.

**Objetivos:** Detectar y activar conocimientos previos del grupo en torno al cambio climático y acidificación de los océanos.

**Desarrollo de la actividad:** se les proporciona a los estudiantes un cuestionario para que respondan. Una vez respondido, será devuelta a la profesora/o para su lectura y revisión de contenidos; después, la/el profesor mantendrá una lluvia de ideas y conversación con los alumnos sobre lo que les ha parecido las preguntas y cuáles han sido más difíciles de responder y por qué.

**Tabla 31.** Carta descriptiva de la actividad 1, que corresponde a la evaluación diagnóstica.

<b>Número de actividad</b>	1	<b>Público meta</b>	Estudiantes de bachillerato			
<b>Título de la actividad</b>	Evaluación diagnóstica.	<b>Docente responsable</b>				
<b>Nivel de instrucción</b>	Bachillerato	<b>Número de educandos</b>	25 – 30			
<b>Duración de la actividad</b>	90 min					
<b>Mensaje principal (Objetivo general)</b>	- Este instrumento nos permite reconocer los conocimientos y habilidades que poseen los estudiantes respecto a los contenidos y temas abordados en la secuencia didáctica.					
<b>Mensaje secundario (Objetivos particulares)</b>	A) El objetivo es identificar las ideas previas y saberes de los estudiantes respecto al cambio climático.					
<b>Habilidades de pensamiento y para la indagación científica (HIP)</b>	Esta actividad posibilita: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reflexionar sobre preguntas detonadoras.</li> <li>• Formular una explicación basada en las observaciones y en la vida cotidiana.</li> <li>• Conectar la explicación con los modelos y conocimientos científicos.</li> <li>• Comunicar y justificar la explicación.</li> </ul>					
<b>Contenidos temáticos</b>	Cambio climático y acidificación de los océanos.					
<b>Estrategias de enseñanza de las ciencias basadas en la indagación (ECBI)</b>	a) Identificar conocimientos previos. b) Plantear ideas centrales.					
<b>#</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Duración</b>	<b>Material y equipo</b>	<b>Técnica instruccional</b>	<b>Preguntas guía</b>	<b>Actividades</b>
1	Bienvenida, asistencia y presentación de la actividad.	10 min	Presencial: Hojas de evaluación suficientes para cada estudiante.	Técnica expositiva y diálogo		-El docente iniciará la sesión con la explicación de la actividad y registro de asistencia.
2	Aplicación del cuestionario para identificar ideas previas sobre cambio climático.	60 min	Pluma, lápiz y colores.	Resolución de cuestionario	¿Qué nociones tienen los estudiantes sobre el cambio climático?	-Los estudiantes resuelven el cuestionario. -El docente entrega una hoja de evaluación diagnóstica a cada estudiantes.
3.	Lluvia de ideas sobre la evaluación diagnóstica.	20 min	Una vez entregado el cuestionario es necesario revisar concepciones previas y dialogar sobre ellas.	Entrega de los cuestionarios	¿Qué pregunta les conto más trabajo? ¿qué preguntas se les facilitaron?	El docente generar preguntas que puedan ser rápidamente contestadas.

A continuación, se presenta el modelo de cuestionario para aplicar como evaluación diagnóstica.

#### 4.2.1.1. Modelo de Cuestionario para evaluación diagnóstica

##### ¿Qué sabes sobre el cambio climático?

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_

**Instrucciones:** Contesta y resuelve las siguientes actividades.

1. Realiza un dibujo en donde expliques de forma detallada ¿qué es el cambio climático?

Dibujo:

Explicación detallada del dibujo:

2. ¿Cuáles son las causas del cambio climático?

---

---

---

3. ¿Qué actividades humanas promueven el cambio climático?

---

---

---

4. ¿Cuáles son las consecuencias del cambio climático?

---

---

---

5. Lunny es un extraterrestre que ha llegado de otro mundo. La ventana temporal que le permitió viajar a la Tierra sólo va a estar abierta a lo largo de 10 min. Tú eres la primera persona con la que dialoga. Viene a buscar información sobre el cambio climático y te pide que le hagas un mapa conceptual sobre este fenómeno para lograr llevarlo a su mundo, que describa y explique ¿Qué es el cambio climático? Te solicita que lo hagas en el recuadro inferior.

6. ¿El cambio climático te afecta? ¿Sí o no? ¿por qué?

---

---

---

7. ¿En dónde has oído hablar sobre cambio climático durante el último mes (en clase, en TV, en la radio, en Internet, en la prensa, un libro, viendo un documental, etc.)?

---

---

---

8. Cuando empezamos a abordar el tema del Cambio Climático llegan a nosotros informes y noticias donde aparecen ante nosotros frases como las que se presentan a continuación; “*Un grado más sí importa*”; “*Está subiendo el nivel de los océanos*”; “*La temperatura global de los océanos está subiendo*”; “*Los océanos se están acidificando*”. Explica con tus propias a que se refieren estas frases.

9. ¿Conoces algunas soluciones ante el cambio climático?, escríbelas a continuación

---

#### 4.2.2. ACTIVIDAD 2: Explorando los efectos del cambio climático.

**Tabla 32.** Carta descriptiva actividad 2, denominada “Explorando los efectos del cambio climático”.

<b>Número de actividad</b>	1	<b>Público meta</b>	Estudiantes de bachillerato			
<b>Título de la actividad</b>	Explorando los efectos del cambio climático.	<b>Docente responsable</b>				
<b>Nivel de instrucción</b>	Bachillerato	<b>Número de educandos</b>	25 – 30			
<b>Duración de la actividad</b>	90 min clase presencial 110 min tarea en casa					
<b>Mensaje principal (Objetivo general)</b>	El objetivo es el fomentar el diálogo sobre algunas caracterizas, cusas y efectos del cambio climático con base a la evidencia científica generada actualmente.					
<b>Mensaje secundario (Objetivos particulares)</b>	<p>B) Identificar conocimientos previos y experiencias que los estudiantes relacionen con el cambio climático.</p> <p>C) Reconocer y explorar ideas centrales sobre cambio climático sus causas y sus efectos en el planeta Tierra.</p>					
<b>Habilidades de pensamiento y para la indagación científica (HIP)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Pensamiento sistémico:</b> se caracteriza por determinar las partes que componen un todo, de ahí surge su complejidad, pues busca ir más allá de lo que se percibe a simple vista. Es un tipo de pensamiento y de análisis complejo. A través del pensamiento sistémico se pueden identificar patrones, estrategias para prevenir o enfrentar situaciones futuras.</li> </ul>					
<b>Contenidos temáticos</b>	Cambio climático. Poner en evidencia la contribución de la humanidad a la aceleración del cambio climático.					
<b>Estrategias de enseñanza de las ciencias basadas en la indagación (ECBI)</b>	<p>c) Plantear ideas centrales.</p> <p>d) Generar preguntas que puedan ser respondidas mediante evidencia científica respecto al cambio climático.</p>					
<b>#</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Duración</b>	<b>Material y equipo</b>	<b>Técnica instruccional</b>	<b>Preguntas guía</b>	<b>Actividades</b>
1	Bienvenida, asistencia y presentación de la actividad.	5 min	Presencial: Llevar los cuestionarios diagnósticos previamente contestados y entregar a cada estudiante.	Técnica expositiva y diálogo	Revisar ¿Qué nociones tienen los estudiantes sobre el cambio climático?	-El docente iniciará la sesión con la explicación de la actividad y registro de asistencia.
2	Lluvia de ideas sobre las respuestas del cuestionario.	15 min	Presencial: dialogo con el grupo e intercambio de ideas. Revisar las respuestas y explicar con base a la evidencia científica del cambio climático algunas de ellas.	Generar una retroalimentación de la evaluación diagnóstica.	¿Cómo generar curiosidad en los estudiantes sobre el cambio climático?	-Los estudiantes revisen el cuestionario previamente resuelto.
3	Revisar algunas ideas centrales de las respuestas a las preguntas 5 del cuestionario.	30 min	Organizar a los estudiantes en 4 equipos y solicitar a los equipos que reformulen la preguntas 5, revisando los esquemas elaborados de	Participación	¿Qué causas y efectos tienen el cambio climático sobre el planeta Tierra?	-Los estudiantes expresan su opinión sobre el tema.

4			forma individual construir un mapa conceptual por equipo. Tratando de integrar información discutida y evidencias científicas expuesta por el profesor/a, así como las causas y efectos del cambio climático. Realizar por equipo en una cartulina y presentar sus mapas conceptuales.	Diálogo Realización de mapa conceptual sobre cambio climático.	¿Qué actividades humanas causan este fenómeno? ¿Qué evidencia existe sobre el cambio climático?	-Los estudiantes expresan su opinión sobre el documental y los fenómenos estudiados. -El docente guía y motiva la participación. Identificar ideas centrales y preguntas detonadoras.
5	Exposición por cada equipo de la preguntas asignadas.	40 min	Presencial: Papel bond o cartulinas y plumones.	Técnica expositiva.	¿Cuáles son las causas y sus efectos del cambio climático?	-Los estudiantes analizan las características del cambio climático y escriben ideas centrales al respecto.
<b>TAREA</b>						
6	Tarea 1: Observar el documental “Antes de que sea tarde”	90 min	Resolver la guía de preguntas del documental.	Reflexionan y asocian con experiencias de la vida cotidiana. -Registro de la guía de preguntas del documental.	Documental “Antes de que sea tarde” National Geographic Channel	-Los estudiantes escriben ideas centrales sobre el tema.
7	Revisar el protocolo experimental de la actividad 3	20 min	Leer el procedimiento de la actividad experimental	Revisar el procedimiento, materiales, reactivos y pasos de la actividad experimental que se realizara la siguiente clase.		

#### 4.2.2.1 Guía de preguntas sobre el documental “Antes de que sea tarde”

**Instrucciones:** Observa el documental “Antes de que sea tarde” y responde las siguientes preguntas.

- ¿Por qué el cambio climático es un tema que nos afecta a todos?
- ¿Cómo te afecta el cambio climático en tu vida diaria?
- ¿Cómo saben los científicos que la humanidad está enfrentando un cambio climático?
- ¿Puedes hacer algo para no contribuir al cambio climático?
- ¿Tienes alguna duda o hay algo que no entiendas en relación al cambio climático?
- ¿Crees que todas las personas del mundo sufrirán igual el cambio climático? ¿Por qué?
- ¿qué fue lo que más te impacto del documental? ¿por qué?

Se puede realizar un debate posteriormente sobre el cambio climático, el cual moderará y guiará el profesor para verificar si los alumnos han ampliado sus conocimientos, las causas que lo producen, así como acciones concretas que se pueden realizar para frenarlo.

### 4.2.3. ACTIVIDAD 3: Características del dióxido de carbono como gas de efecto invernadero.

<b>Número de actividad</b>	3	<b>Público meta</b>	Estudiantes de bachillerato			
<b>Título de la actividad</b>	Efecto invernadero su relación con el calentamiento global	<b>Docente responsable</b>				
<b>Lugar de instrucción</b>	Bachillerato	<b>Número de educandos</b>	25 – 30			
<b>Duración de la actividad</b>	90 min clase y práctica experimental 90 min tarea (diagramas heurísticos)					
<b>Mensaje principal (Objetivo general)</b>	Revisar las características de los gases de efecto invernadero (GEI) naturales y antropogénicos y su relación con el cambio climático Identificar al dióxido de carbono como GEI antropogénico y reconocer sus efectos ante el cambio climático					
<b>Mensaje secundario (Objetivos particulares)</b>	A) Identificar los gases de efecto invernadero y las actividades humanas que los generan. B) Visualizar la acción del dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) respecto al efecto invernadero aumentado y el incremento de la temperatura promedio del planeta que incide el fenómeno de cambio climático.					
<b>Habilidades de pensamiento y para la indagación científica (HIP)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Trabajo colaborativo:</b> Desarrollar en los estudiantes la competencia interpersonal, en particular colaboración, que son las habilidades para aprender del grupo; para comprender, respetar las perspectivas y acciones de las otras personas (empatía); abordar conflictos en equipo y para facilitar la resolución de problemas de forma colaborativa y participativa.</li> </ul>					
<b>Contenidos temáticos</b>	Relacionar el efecto invernadero aumentado con el cambio climático.					
<b>Estrategias de enseñanza de las ciencias basadas en la indagación (ECBI)</b>	a) Identificar actividades humanas que generaren gases de efecto invernadero. b) Idéntica preguntas que puedan ser respondidas mediante la evidencia científica. c) Usar herramientas y técnicas apropiadas para recabar, analizar e interpretar datos.					
#	Procedimiento	Duración	Material y equipo	Técnica instruccional	Preguntas guía	Actividades del docente
1	Presentación de la actividad y organización de equipos de trabajo (4 estudiantes por equipo).	15 min	El docente expondrá algunas características de los gases de efecto invernadero, así como las actividades humanas que los producen y su efecto en el cambio climático.	Técnica expositiva y diálogo	¿Qué son los gases de efecto invernadero? ¿Qué es el efecto invernadero? ¿Cuáles son las características principales de los gases de invernadero y su relación con el cambio climático?	- El docente iniciará la sesión con la explicación de la actividad, organización de equipos y registro de asistencia.
2	Ejercicio consistirá en escribir las ideas centrales con base a lo expuesto por el profesor/a y lo analizado sobre GEI en el documental y escribir las ideas centrales en la hoja de registro.	15 min	Hoja de registro de ideas centrales (con al menos 7 ideas centrales por equipo).	Trabajo en equipo Intercambio de ideas	¿Qué actividades humanas causan el efecto invernadero aumentado?	-Los estudiantes se organizarán en equipos de trabajo. - Los estudiantes escriben, discuten y replantearan sus ideas centrales respecto a los temas solicitados. -El docente guía y motiva la participación. Identificar ideas centrales y plantea preguntas detonadoras.

3	Actividad experimental: <b>“Observando al Dióxido de carbono”</b>	60 min	Protocolo de práctica experimental.	Actividad experimental. -Trabajo en equipo de 5 estudiantes.	¿Cómo realizar la actividad experimental?	-Los estudiantes realizarán la actividad experimental. -El docente explica el procedimiento experimental y características generales del efecto invernadero.
4	Registro de las observaciones y resultados experimentales en Bitácora.		Trabajo experimental Trabajo en equipo Discusión grupal Registro experimental			-Los estudiantes elaboran su registro experimental en diagrama heurístico. -El docente guía la reflexión y análisis de resultados. -Los estudiantes exponen sus puntos de vista y observaciones experimentales. -El docente resuelve dudas y formula preguntas detonadoras.
5	Cierre: registro de resultados experimentales.					
<b>TAREA</b>						
6	Elaboración de los diagramas heurísticos sobre la actividad experimental <b>“Observando al dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)”</b> por parte de los estudiantes (trabajo en equipo) Los estudiantes elaboran su registro experimental en el formato de los diagrama heurístico.					
7	Revisar el procedimiento experimental: materiales, reactivos y pasos de la actividad experimental que se realizara la siguiente clase (actividad 4).					

#### **4.2.3.1. ACTIVIDAD EXPERIMENTAL: Observando al dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**

##### **Objetivos**

- Identificar el dióxido de carbono como gas de efecto invernadero.
- Visualizar los efectos del dióxido de carbono en relación con la presión y la temperatura.
- Vincular este fenómeno al efecto invernadero y al aumento de la temperatura media del planeta.

##### **ACTIVIDAD**

La actividad consiste en observar la relación entre presión y temperatura en dos botellas de vidrio de dióxido de carbono (Botellas 1 y 2) y compararlas con la otra botella que sirve de control (Botella 3).

##### **INFORMACIÓN**

La atmósfera se compone de varios gases (principalmente un 78% de nitrógeno y un 21% de oxígeno y aproximadamente un 1% de una mezcla de otros gases). Entre ellos, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), en pequeñas cantidades, pero con un gran potencial de calentamiento, es el principal gas de efecto invernadero (GEI), junto a otros como el metano, el ozono troposférico o el óxido nítrico.

El dióxido de carbono se produce en los procesos de respiración biológica, pero también es un compuesto que se libera en grandes cantidades durante la combustión de los llamados combustibles fósiles a partir de carbón, petróleo o gas natural, aumentando su concentración en la atmósfera y contribuyendo a calentamiento global, calentamiento y cambio climático. El ciclo del carbono es un ciclo biogeoquímico durante el cual se intercambia carbono entre la biosfera, la litosfera, la hidrosfera y la atmósfera de la Tierra. Junto con el ciclo del nitrógeno y el ciclo del

agua, el ciclo del carbono incluye una secuencia de eventos que son clave para la capacidad de la Tierra para sustentar la vida y están directamente relacionados con la regulación de la temperatura de nuestro planeta.

El dióxido de carbono es parte fundamental del ciclo del carbono y la clave para la vida, ya que forma parte de los elementos básicos de la fotosíntesis, que hace posible la vida vegetal. Sin embargo, las actividades humanas como el uso de combustibles fósiles están aumentando los niveles históricos de dióxido de carbono, lo que altera y modifica el ciclo del carbono del planeta. Una de las mayores consecuencias del aumento de la cantidad de dióxido de carbono en el planeta es el aumento del efecto invernadero.

El efecto invernadero es el proceso por el cual la radiación térmica emitida por la superficie de nuestro planeta y que emana del Sol es absorbida por gases de efecto invernadero (GEI) como el dióxido de carbono y el metano ( $\text{CH}_4$ ). Los gases de efecto invernadero hacen que parte del calor, o radiación térmica, quede atrapado en la atmósfera, elevando la temperatura promedio de la superficie de nuestro planeta y provocando el cambio climático.

## **MATERIAL Y REACTIVOS**

- 3 botellas de vidrio y 3 tapas con orificio
- Plastilina
- 1 lámpara con bombilla incandescente (de más de 100 W)
- 3 mangueras transparentes de plástico
- Jeringa
- Agua con colorante vegetal
- Ácido acético en una concentración del 32%
- Bicarbonato sódico
- Agua carbonatada
- Rotulador o marcador

## **PROCEDIMIENTO**

1. Sistema de tapa para cada botella: hacer un agujero en la superficie de la tapa e insertar una manguera de plástico de 15 cm, posteriormente colocar una manguera de plástico enrollada de 30 cm en la parte superior de la tapa, fijar la manguera con plastilina. Luego, usando una jeringa, agrega agua con colorida al interior de la manguera enrollada (arriba de la tapa), marca con el rotulador hasta donde llega el agua colorida al interior de la manguera (realizar este procedimiento por triplicado para cada una de las botellas).
2. La botella 1, debe contener una mezcla de 2,5 g de bicarbonato de sodio con 50 ml de ácido acético. Después de mezclar los reactivos, se debe cerrar inmediatamente la botella con un sistema de tapón con manguera en espiral y agua coloreada. Es muy importante: sumergir la manguera ligeramente en el líquido contenido en la botella.

3. Por otra parte, en la botella 2, se debe agregar 100ml de agua carbonatada e inmediatamente cerrar la botella, de la misma forma que la botella anterior, es decir, con un sistema de tapa con una manguera enrollada y agua colorida, es muy importante sumergir ligeramente la manguera en el líquido contenido en la botella.
4. La botella 3, es el control, estará vacía, simplemente ciérrela e instale el sistema de tapa con una manguera enrollada y agua colorida.
5. Coloque las tres botellas juntas bajo la lámpara. Comprueba que ambos reciben la misma cantidad de luz y deja la lámpara apagada por ahora. Las botellas y la lámpara NO deberán moverse mientras se realice el experimento.
6. Inserta cada manguera en las botellas, sumergiendo ligeramente la punta en el líquido que contiene.
7. Enciende la lámpara y marca con un rotulador hasta dónde llega el agua colorida al interior de las mangueras. Registre esta información en centímetros (use una regla). Este procedimiento se debe realizar para cada una de las botellas. Espera 2 minutos y marca y mide hasta dónde llega el agua colorida al interior de las mangueras de cada botella.
8. Esperar otros 2 minutos, marcar y medir nuevamente. Repita este procedimiento hasta que tenga 10 conjuntos de lecturas. Registre los datos en la Tabla 1 y cree un gráfico de líneas en la sección de resultados a continuación. Agrega un título y etiqueta los ejes de tu gráfico.

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

- 1) Compare los resultados de las tres botellas. ¿Concuerdan los resultados con tu predicción?
- 2) Explique los resultados que has obtenido en función de la relación de la presión con el incremento de la temperatura.
- 3) Basándote en los resultados intenta responder la pregunta que formulamos al comienzo de esta actividad: ¿Cómo repercute el dióxido de carbono atmosférico en la temperatura de la Tierra?
- 4) Añade un título y etiqueta los ejes de tu gráfica. Trata de relacionar los resultados experimentales con el efecto invernadero natural.

<b>Tabla 1. Registro de resultados, distancia que recorre el agua colorida (cm)</b>			
<b>Lecturas</b>	<b>Botella 1</b>	<b>Botella 2</b>	<b>Botella 3</b>
Inicial			
2min			
4min			
6min			
8 min			
10 min			
12 min			
14 min			
16 min			
18 min			
20 min			

- 5) Realizar un diagrama heurístico por equipo, en donde se integren: las teorías, modelos, las observaciones y resultados experimentales, así como las conclusiones del experimento y la respuesta a la pregunta central.

#### 4.2.4. ACTIVIDAD 4: Cambio climático y los océanos.

<b>Número de actividad</b>	4	<b>Público meta</b>	Estudiantes de bachillerato			
<b>Título de la actividad</b>	Cambio climático y acidificación de los océanos.	<b>Nombre del responsable</b>				
<b>Lugar de instrucción</b>	Bachillerato	<b>Número de educandos</b>	25 – 30			
<b>Duración de la actividad</b>	90 min (experiencia de cátedra y trabajo de clase). 60min tareas					
<b>Mensaje principal (Objetivo general)</b>	Reflexionar sobre los fenómenos observados en la actividad experimental y relacionarnos con el cambio climático y su impacto en los océanos.					
<b>Mensaje secundario (Objetivos particulares)</b>	A) Realizar una experiencia de cátedra significativa para los estudiantes. B) Observar y formular una explicación basada en una actividad experimental. C) Exposición en equipos de los diagramas heurísticos de la actividad experimental anterior.					
<b>Habilidades de pensamiento y para la indagación científica (HIP)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar una explicación de la actividad experimental y realizar en una V de Gowin para explicar los fenómenos observados y resultados obtenidos.</li> </ul>					
<b>Contenidos temático</b>	Efecto invernadero aumentado, actividades antropogénicas, acidificación de los océanos y cambio climático.					
<b>Estrategias de enseñanza de las ciencias basadas en la indagación (ECBI)</b>	1) Analizar la observación. 2) Formular una explicación basada en las observaciones. 3) Conectar la explicación con los modelos y conocimientos científicos.					
<b>#</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Duración</b>	<b>Material y equipo</b>	<b>Técnica instruccional</b>	<b>Preguntas guía</b>	<b>Actividades</b>
1	Presentación de la actividad.	5 min	Asistencia y organización de los equipos de trabajo.	Trabajo en equipo: 5 estudiantes	¿qué resultados se obtuvieron de la actividad experimental anterior?	-Los estudiantes se organizarán en equipos de trabajo
2	Exposición de los diagramas heurísticos de la actividad experimental anterior “ <b>Observando al dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)</b> ” (exposición de 2 equipos).	15 min	Exposición de diagramas heurísticos, sólo dos equipos.	Breve discusión grupal	¿qué relación tienen estos resultados con el cambio climático?	-El docente lanzará las preguntas, revisará las observaciones y la formulación de explicaciones.
3	Experiencia de cátedra: <b>¿Cómo afecta la temperatura a la solubilidad del CO<sub>2</sub> en agua?</b>	40 min	- El docente realiza la experiencia de cátedra.	Durante la experiencia de cátedra el docente lanza preguntas detonadoras	¿Cuáles son los posibles resultados? ¿Qué ocurrirá? ¿Por qué?	La formulación de estas preguntas tiene por objeto establecer una tensión entre el modelo mental abstracto y su representación concreta en el contexto del experimento, forzando al alumnado a realizar transferencias entre el modelo y el contexto, algo que incide positivamente en la comprensión del modelo.
4	Durante la experiencia de cátedra los estudiantes interpretan los resultados experimentales ¿Qué está ocurriendo?		Observación y recolectar datos en cuaderno registro o bitácora.	invitando a los estudiantes a realizar algunas predicciones sobre el experimento.	¿Son significativas las diferencias? ¿Cómo podrías representarlas?	
5	Después de concluir la experiencia de cátedra, solicitar que	30 min	Realizar V de Gowin en una cartulina	¿Qué ha ocurrido? ¿Por qué?	¿Qué relación tiene eso con el cambio	-Los estudiantes realizarán las V de Gowin en cartulinas para exposición.

	los estudiantes realicen una V de Gowin sobre lo observado.		o papel bond con plumones para exposición.	¿Cómo elaborar una V de Gowin?	climático? ¿Cómo podrías comprobar esa explicación? ¿Cómo modificarías el experimento?	-El docente revisará la formulación de explicaciones, resultados del experimento y el llenado del Diagrama.
<b>TAREA</b>						
6	Preparar las cartulinas para exposición de las V de Gowin de la experiencia de catedra denominada <b>¿Cómo afecta la temperatura a la solubilidad del CO<sub>2</sub> en agua?</b> (para presentar la siguiente sesión).					
7	Explorar e investigar algunos datos de la concentración de CO <sub>2</sub> en el océano: Portal web de la Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) <a href="http://www.education.noaa.gov/">http://www.education.noaa.gov/</a> <u>Responder las siguientes preguntas:</u> ¿Tiene este aumento de temperatura del agua un efecto positivo o retroalimentación negativa a las concentraciones de <b>dióxido de carbono</b> CO <sub>2</sub> en la atmósfera? ¿Se verá este efecto en un base global o regional?					

#### 4.2.4.1. EXPERIENCIA DE CÁTEDRA: ¿Cómo afecta la temperatura a la solubilidad del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en agua?

##### OBJETIVOS

- Conocer el efecto de la temperatura sobre la solubilidad del dióxido de carbono CO<sub>2</sub> en agua.
- Reflexionar el aumento de la concentración de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> en la atmósfera y su relación con el aumento de la temperatura del aire, lo que se traduce en cambio climático y calentamiento de los océanos.

##### ANTECEDENTE

Durante el experimento, se produce dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) al colocar una tableta de antiácido en agua, que se midió usando un tubo de ensayo invertido lleno de agua fría o caliente. Los tubos de ensayo con agua caliente (este es un modelo que representa el océano en condiciones de calentamiento global) tienen más gas que desplaza al agua, lo que indica una menor capacidad para disolver el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Se recomienda comentar, la evidencia científica de este fenómeno se puede analizar a través de las investigaciones que confirman que el océano está sufriendo, cada vez más, los impactos del cambio climático:

- 1) Habrá un aumento del nivel del mar que, en última instancia, dañará los hábitats costeros.
- 2) Las temperaturas de los océanos aumentan, reduciendo con ello su capacidad de capturar dióxido de carbono CO<sub>2</sub>.
- 3) El derretimiento de los casquetes polares cambia las concentraciones de sal, inhibiendo la circulación termohalina.
- 4) El nivel del mar seguirá aumentando durante siglos, incluso si las emisiones de gases de efecto

invernadero se detuvieran repentinamente.

## MATERIAL Y REACTIVOS

- Probeta graduada de 500 ml
- Tapa de placa de Petri
- Recipiente transparente (vidrio o plástico)
- Cubitos de hielo / agua fría
- Calentador de agua / agua caliente
- Tabletas efervescentes
- Colorante vegetal

## PROCEDIMIENTO

1. Llene el recipiente transparente hasta la mitad con agua fría y agregue unas gotas de colorante alimentario.
2. Llene la probeta graduada hasta el borde con agua fría y colóquelo con cuidado boca arriba. Asegúrese de que no se derrame agua de la probeta y que no haya burbujas de aire. Para hacer esto, cubra la boca de la probeta llena con una tapa de caja Petri. Invertir la probeta y sumergirla en el recipiente transparente. Retire la placa de Petri después de la boca del cilindro ya está bajo el agua.
3. Sostenga la probeta invertida al interior del recipiente evitando que se derrame el líquido en su interior.
4. Coloque una tableta efervescente con cuidado debajo del embudo. Asegúrese de que sus manos estén secas. Observe cómo se desarrolla un espacio aéreo en parte superior de la probeta invertida. Registre el volumen del espacio de aire formado en tomando como referencia la base de la mesa. Realiza varias pruebas.
5. Repita el mismo procedimiento con agua tibia y registre sus resultados en la tabla.  
¿Qué pasa con el espacio de aire cuando se usa agua tibia?

Tabla de resultados: Volumen del espacio de aire formado dentro del cilindro graduado.

Número de tablas efervescentes	Volumen de espacio de aire formado (ml)	
	Agua fría	Agua tibia
Número de pruebas		
1		
2		

## RESULTADOS

1. Que produce un mayor volumen de espacio de aire dentro del cilindro graduado, agua fría o agua tibia?

2. ¿Cuál será la consecuencia de un calentamiento del océano? ¿Cómo afectará esto al papel de los océanos como sumidero de dióxido de carbono  $\text{CO}_2$ ?
3. ¿En qué lugares de los océanos del mundo se espera una mayor absorción de dióxido de carbono  $\text{CO}_2$ ? ¿Dónde será menos?

#### **NOTAS:**

1. Las burbujas que liberan las tabletas efervescentes cuando se disuelven en agua son dióxido de carbono. El volumen del espacio de aire formado en la probeta corresponde al volumen de dióxido de carbono  $\text{CO}_2$  (o gas) que ya no se puede disolver en agua. El gas inicialmente liberado cuando se disuelve la tableta se disuelve primero en el agua. Cuando el agua ya está saturada de gas, el gas se escapa al aire, desplazando el agua en el cilindro que forma el espacio de cabeza.
2. La solubilidad de los gases disminuye al aumentar la temperatura, por lo que el espacio de aire dentro del cilindro será menor cuando se utiliza agua fría en comparación con agua tibia. El agua fría absorbe más dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y libera menos al aire.
3. En los océanos del mundo, el Atlántico Norte y el Océano Austral actúan como grandes sumideros de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) porque son más fríos. Además, el agua fría es más densa que el agua tibia, por lo que se hunde. El dióxido de carbono absorbido en la superficie puede transportarse eficientemente a aguas más profundas por convección, de modo que el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) se retiene en el fondo del océano.
4. Por otro lado, las aguas ecuatoriales cálidas tienden a liberar dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) a la atmósfera. En estas regiones, el dióxido de carbono rico en  $\text{CO}_2$  está surgiendo en aguas profundas. Cuando el agua llega a la superficie, se calienta, reduciendo la solubilidad del gas, lo que provoca la liberación de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).
5. Para fines de discusión, le pido al maestro que le muestre al estudiante un mapa del mundo y discuta, según la ubicación geográfica, en qué parte del mundo los océanos son sumideros efectivos de dióxido de carbono.

#### 4.2.5. ACTIVIDAD 5: Acidificación de los océanos.

<b>Número de actividad</b>	4	<b>Público meta</b>	Estudiantes de bachillerato			
<b>Título de la actividad</b>	Acidificación de los océanos	<b>Nombre del responsable</b>				
<b>Lugar de instrucción</b>	Bachillerato	<b>Número de educandos</b>	25 – 30			
<b>Duración de la actividad</b>	1.30 min					
<b>Objetivo general</b>	Reflexionar sobre la acidificación de los océanos y su relación con el cambio climático.					
<b>Objetivos particulares</b>	A) Demostrar el efecto del aumento de acidez en conchas o estructuras de carbonato de calcio de organismos marinos. B) Demostrar el efecto de la temperatura en la descalcificación de organismos marinos					
<b>Habilidades de pensamiento y para la indagación científica (HPI)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reconocer y analizar explicaciones y predicciones alternativas.</li> <li>▪ <b>Pensamiento crítico:</b> habilidad para comprender y evaluar múltiples escenarios futuro; para crear visiones propias de futuro; para aplicar el principio de precaución; para evaluar de forma crítica las consecuencias de las acciones y para lidiar con los riesgos y los cambios.</li> </ul>					
<b>Contenidos temático</b>	Acidificación de los océanos y cambio climático.					
<b>Estrategias de enseñanza de las ciencias basadas en la indagación (ECBI)</b>	4) Formular una explicación basada en las observaciones; 5) Conectar la explicación con los modelos y conocimientos científicos; 6) Comunicar y justificar la explicación.					
#	Procedimiento	Duración	Material y equipo	Técnica instruccional	Preguntas guía	Actividades
1	Bienvenida, presentación de la actividad	5 min	Los estudiantes se organizarán en equipos de trabajo.	Técnica expositiva y diálogo	¿Cuáles son las causas de la acidificación de los océanos? ¿Qué evidencias se tienen? ¿Qué efectos tiene?	-El docente iniciará la sesión con la explicación de la actividad.
6	Exposición de las V de Gowin de la experiencia de catedra anterior ¿Cómo afecta la temperatura a la solubilidad del CO <sub>2</sub> en agua? (dos equipos)	20 min	Exponer las V de Gowin (sólo 2 equipos).	-Técnica expositiva	¿Cómo afecta la temperatura a la solubilidad del CO <sub>2</sub> en agua? ¿Qué relación tiene este fenómeno con los modelos del Cambio Climático?	- Los estudiantes exponen sus diagramas. - El docente explica los modelos y evidencia científicamente aceptada.
2	Actividades experimentales: A) Acidificación del océano. B) Detección de CO <sub>2</sub> con fenolftaleína.	30 min	-Protocolo experimental. -Registro de observaciones y datos.	- Formular una explicación basada en las observaciones; -Conectar la explicación con conocimientos científicos.	¿Qué vinculación existe con la acidificación de los océanos y el cambio climático? ¿Qué especie química aumenta al acidificar el océano?	-El docente explica, guía el procedimiento experimental y resuelve dudas.
	Experiencia de cátedra: Consecuencia de la acidificación de	20 min				

	los océanos en el ecosistema marino.					El docente realizará la actividad.
4	Realización del Diagrama argumentativo sobre la actividad experimental	15 min	Formato del diagrama argumentativo	Análisis de resultados y conclusiones.	¿Cuáles es la relación de la acidificación de los océanos con el cambio climático?	El docente modera, clarifica, define y formaliza los conceptos, explica detalladamente los fenómenos estudiados.
<b>TAREA</b>						
	Elaborar en una hoja el diagrama argumentativo (uno por equipo) y entregar la siguiente clase.					
	Lecturas dirigidas sobre el papel de los arrecifes de coral en la captura de carbono atmosférico o reconstrucciones del ciclo de Carbono global. Realizar un mapa conceptual de la lectura.					

#### 4.2.5.1. ACTIVIDADES EXPERIMENTALES

##### A) Primera parte: Acidificación de los océanos

La práctica experimental se divide en dos partes: una primera parte en la que realizaremos la acidificación del medio y posteriormente la detección de CO<sub>2</sub> con disolución indicadora de col morada.

##### OBJETIVO

- Comprender el proceso de acidificación de los océanos resultante de la disolución de antropogénicos de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> en el agua marina, así como sus implicaciones para el ecosistema.

##### MATERIALES Y REACTIVOS

- 1 botella de plástico
- 2 frascos de vidrio o vaso
- Ácido acético
- Bicarbonato de sodio
- Globo
- Manguera o popote plástico
- Solución indicadora de col morada
- Agua
- Azul de timol (opcional)

## **ACTIVIDAD EXPERIMENTAL: Acidificación del medio y detección de dióxido de carbono**

### **PROCEDIMIENTO**

1. Primero se realiza una reacción ácido-base para obtener el dióxido de carbono  $\text{CO}_2$  que posteriormente se disolverá en agua. Para ello, se introduce vinagre (ácido acético) en una botella y se coloca bicarbonato de sodio dentro de un globo.
2. Luego el globo debe colocarse en la boca de la botella y, después de esto, dejamos que caiga bicarbonato de sodio sobre el vinagre, sujetando firmemente el globo a la boca de la botella para observar la reacción química que produce el dióxido de carbono  $\text{CO}_2$ .
3. Una vez que tengamos el dióxido de carbono  $\text{CO}_2$  dentro del globo lo dejaremos disolver en el agua de uno de los frascos con la ayuda de una manguera dejando el otro frasco con agua como referencia.
4. Luego de disolver el dióxido de carbono  $\text{CO}_2$  en agua, agregaremos a ambos frascos como indicador el líquido resultante después de hervir una col morada durante unos 5 minutos para comprobar la disminución del pH (acidificación) producida después de la disolución de  $\text{CO}_2$  en uno de los matraces.

Una vez que los estudiantes han entendido el proceso y las reacciones químicas por las cuales la acidificación del océano, pasaremos a la segunda parte de la práctica en la que introduciremos las consecuencias de este proceso para el ecosistema a través de otra actividad experimental

### **B) Segunda parte experimental: Detección del dióxido de carbono $\text{CO}_2$ con fenolftaleína**

En una segunda parte de la actividad se presenta el experimento de acidificación del medio y detección del dióxido de carbono  $\text{CO}_2$  con fenolftaleína.

### **OBJETIVOS**

- Visualizar la presencia del dióxido de carbono  $\text{CO}_2$  en la atmósfera.
- Relacionar esta presencia con procesos reactivos químicos con otros compuestos de la atmósfera y de la superficie terrestre.

### **ACTIVIDAD**

La actividad consiste en comprobar que el dióxido de carbono  $\text{CO}_2$  está presente en la atmósfera y es un compuesto reactivo y participa en la dinámica atmosférica y la regulación del clima.

## MATERIALES Y REACTIVOS

- Un vaso,
- dos matraces,
- Hidroxilo de sodio
- agua,
- fenolftaleína,
- un bote o botella con la tapa o el tapón agujereados,
- un tubo fino de plástico,
- una cucharita,
- un par de pipetas,
- papel de plata,
- bicarbonato sódico
- vinagre.

## PROCEDIMIENTO

1. En un vaso pequeño disolver en unos 50 ml de agua una escama o bolita de sosa caustica.
2. En dos matraces, poner en cada uno, unos 100 ml de agua y añadir 10 gotas de disolución de hidróxido de sodio (sosa) que hemos preparado previamente.
3. Añadir en cada matraz una gota de fenolftaleína (La fenolftaleína, de fórmula  $C_{20}H_{14}O_4$ , es un indicador de pH que en disoluciones ácidas permanece incoloro, pero en disoluciones básicas toma un color rosado con un punto de viraje entre  $pH=8,2$  (incoloro) y  $pH=10$  (magenta o rosado)).
4. La disolución de los matraces se pondrá de un color rosado, lo que indica que tiene un PH superior a 8,2. Tapamos con papel de plata la boca de uno de los matraces que nos servirá de referencia.
5. En un bote o botella de plástico que habremos preparado previamente agujereando la tapa o el tapón y haciendo pasar por el agujero un tubito de plástico, pondremos vinagre y bicarbonato cálcico. Rápidamente taparemos y pondremos el otro extremo del tubito que sale de la botella dentro del matraz que no hemos tapado con papel de plata; el tubito hará llegar el gas que se genera dióxido de carbono ( $CO_2$ ) de dentro del bote o de la botella hasta la disolución que tenemos dentro del matraz.
6. Observaremos como el color rosa desaparece rápidamente debido al brusco descenso del PH al entrar gran cantidad de dióxido de carbono  $CO_2$ .
7. Podemos repetir el experimento, pero soplando nosotros y burbujeando en la disolución de sosa teñida por fenolftaleína, veremos cómo pierde el color rosa también, pero le cuesta más tiempo ya que la concentración de dióxido de carbono  $CO_2$  en el aire que expiramos es de aproximadamente el 5%, mientras que el caso de reacción del vinagre con el bicarbonato es muy superior.

**Observaciones:** Tomar medidas de precaución para evitar que la sosa o la disolución de sosa entre en contacto con la piel o cualquier otra parte del cuerpo. Actividad experimental tomada de The Keeling curve <https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/>

### **C) Tercera parte experimental (experiencia de cátedra): Consecuencia de la acidificación de los océanos en el ecosistema marino**

Experimento para identificar las consecuencias de la acidificación de los océanos en los organismos marinos. Esta actividad se realizará como experiencia de cátedra, es decir, la realizará el profesor/a.

#### **OBJETIVO**

- Concientizar sobre el efecto de la acidificación de los océanos en el ecosistema marino.

#### **MATERIALES**

- Vaso de precipitado
- Concha de algún organismo calcáreo
- Ácido clorhídrico concentrado

#### **PROCEDIMIENTO**

1. En un frasco con ácido clorhídrico concentrado disolver la concha de algún organismo calcáreo marino, simulando el efecto de la acidificación del océano sobre los organismos calcáreos y tratando de deducir su consecuencia para el organismo.
2. Luego se integra otro efecto del cambio global antropogénico: el aumento en la temperatura global del océano. Pondremos otro frasco con ácido clorhídrico al fuego y disolveremos una molida cáscara, observando cómo a medida que aumenta la temperatura, la velocidad de la reacción aumenta y, por lo tanto, la cáscara se disuelve más rápido.

#### **4.2.6. ACTIVIDAD 6: Cierre y evaluación**

Al término de la secuencia se utilizarán las herramientas Árbol de problemas, para analizar las causas, efectos y posibles soluciones a las problemáticas del cambio climático y la acidificación de los océanos. Así como una encuesta como instrumentos de evaluación para sondear cuáles fueron los aprendizajes logrados, habilidades y actitudes; los recursos que fueron los más adecuados, que tienen aceptación y viabilidad de ser aplicados en sus aulas o a distancia y se abrirá un breve espacio de preguntas, respuestas y comentarios.

<b>Número de actividad</b>	6	<b>Público meta</b>	Estudiantes de bachillerato			
<b>Título de la actividad</b>	Cierre Evaluación	<b>Nombre del responsable</b>				
<b>Lugar de instrucción</b>	Bachillerato	<b>Número de educandos</b>	25 o 30			
<b>Duración de la actividad</b>	1.30 min					
<b>Mensaje principal (Objetivo general)</b>	Analizar al cambio climático y asociarlo con la acidificación de los océanos.					
<b>Mensaje secundario (Objetivos particulares)</b>	Entender cómo funciona la solución a un problema ambiental requiere saber sobre cambio climático y acidificación de los océanos.					
<b>HPI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Comunicar y justificar la explicación</li> <li>▪ Comunicar procedimientos y explicaciones científicas.</li> </ul>					
<b>Contenidos temático</b>	Cambio climático y acidificación de los océanos.					
<b>Modelo instruccional 5E</b>	6) Comunicar y justificar la explicación; 7) Reflexionar sobre el proceso.					
#	Procedimiento	Duración	Material y equipo	Técnica instruccional	Preguntas guía	Actividades
1	Asistencia y presentación de la actividad.	5 min	-Los estudiantes se organizarán en equipos de trabajo	Técnica expositiva y diálogo. Trabajo en equipo: 5 estudiantes	¿Cómo generar curiosidad en los estudiantes sobre el cambio climático y la acidificación de los océanos?	-El docente iniciará la sesión con la explicación de la actividad.
2	Exposición del diagrama argumentativo	20 min	Formato de exposición del diagrama argumentativo (2 equipos).	Comunicar y justificar la explicación.		Los estudiantes exponen sus diagramas argumentativos.
3	Dividir al grupo en 6 equipos: Solicitar a 3 equipos de estudiantes que realicen un arboles de problemas sobre cambio climático. Por otra parte, solicitar a los otros equipos que elaboren otro árbol de problemas sobre acidificación de los océano, explicando para cada caso: la problemática, las causas, efectos y posibles soluciones.	35 min	Hojas de papel bond y marcadores	Formato: Árbol de problemas para identificar causas, efectos y posibles soluciones.	¿Cuáles son las posibles efectos, causas y soluciones al cambio climático? ¿Cuáles son las posibles efectos, causas y soluciones a la acidificación de los océanos? ¿Cómo se relacionan estos dos fenómenos?	-Los estudiantes elaboran su árbol de problemas.
4	Exposición por equipo de: árbol de problemas y diagrama de rayos de sol.	30 min	Computadora o celular	Técnica expositiva y diálogo		-Los estudiantes observan el video -El docente es guía y facilitador, promueve la discusión del video con bases científicas.

## TAREA

- |   |   |
|---|---|
| 5 | TEDED: Observar video y resolver el cuestionario en <a href="https://ed.ted.com/lessons/could-underwater-farms-help-fight-climate-change-ayana-elizabeth-johnson-and-megan-davis#review">https://ed.ted.com/lessons/could-underwater-farms-help-fight-climate-change-ayana-elizabeth-johnson-and-megan-davis#review</a> |
|---|---|

### 4.2.6.1. ARBOL DE PROBLEMAS: Cambio climático / Acidificación de los océanos

#### OBJETIVO

- Identificar los síntomas de un problema y relacionarlos con el análisis de sus causas, efectos, problemáticas y posibles soluciones del cambio climático y la acidificación de los océanos, en cada diagrama se tiene que explicar la relación del cambio climático con la acidificación de los océanos.
- Elaborar un árbol teniendo los contenidos vistos en las clases y aportaciones de las actividades experimentales.

#### ACTIVIDAD

Esta actividad posibilita transformar del árbol de problemas: las causas (raíces), en el tronco las problemáticas y las consecuencias o efectos se escriben en las hojas se pueden señalar las alternativas para solucionar dichas problemáticas. La intención es que los estudiantes realicen una representación gráfica del cambio climático y la acidificación de los océanos y sus síntomas tomando la forma característica de un árbol.

#### PROCEDIMIENTO

- 1) Para poder desarrollar esta técnica se organiza a los estudiantes en equipos de trabajo, se les asigna el tema a desarrollar y se brindan los materiales: hoja de papel bond y plumones.
- 2) En una hoja de papel bond cada equipo dibujará un árbol de problemas e intentará explicar el problema central y a partir del mismo ver cuáles son las causas básicas y causas secundarias, así como las consecuencias (efectos) en las hojas. Y posibles soluciones fuera del árbol (ver imagen 52).

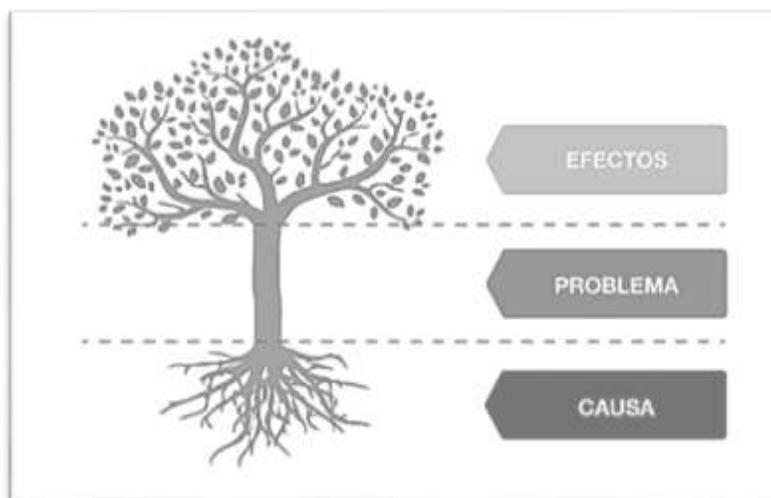


Figura 52. Diagrama del árbol de problemas.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN

#### 5.1. Conclusiones sobre la revisión curricular de planes y programas de estudio de las instituciones educativas de EMS.

A continuación, se presentan las conclusiones de los aspectos más importantes de la revisión curricular realizada a planes y programas de estudio de las instituciones educativas estudiadas que son: Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM, Escuela Nacional Preparatoria de la UNAM (ENP) e Instituto de educación Media Superior (IEMS) de la CDMX.

Referente a la revisión curricular de las asignaturas de biología del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM (CCH), se observa que la única asignatura en donde aparece de forma explícita este contenido es en la asignatura de Biología II como **“desarrollo sustentable”**, vinculado con el tema de seres vivos y ambiente (Programa de Biología II, 2016a).

Respecto a las asignaturas de Química del CCH, la sostenibilidad **no se presenta** de forma explícita, ya que los programas están enfocados en abordar contenidos disciplinares asociados al suelo, agua y aire (Plan de estudio de química, CCH, 2016b y 2016c).

Por consiguiente, se puede concluir que los contenidos de sostenibilidad en el CCH se presentan en planes y programas de estudios a través del concepto de **“desarrollo sustentable”** y sólo está presente en la asignatura de biología II, es decir este contenido está integrado de forma muy débil al currículo de biología, ya que existen 4 asignaturas de biología (I, II, III y IV) y sólo en una de ellas aparece. Respecto a las asignaturas de química la presencia del contenido de sostenibilidad es nula lo cual es sorprendente, ya que también existen 4 asignaturas de química en la estructura curricular del CCH (I, II, III y IV).

Por otro lado, con base a la revisión curricular de las asignaturas de biología de la Escuela Nacional Preparatoria de la UNAM (ENP), el contenido de **“sustentabilidad”** se ubica de forma explícita en Biología IV y se asocia con la enseñanza de los servicios eco sistémicos. Por otra parte, en Biología V también se aborda la **“sustentabilidad”** y esta vinculados con en el objetivo de aprendizaje sobre bioenergías (ENP, DGENP, 2017). Respecto a la asignatura de Química III de la ENP, se observa que es la única asignatura en donde aparece de forma explícita el contenido de sostenibilidad en el tema denominada **“Hacia la sostenibilidad del agua en el planeta”** es decir, está asociado con el uso y manejo responsable del agua. Por lo tanto, se puede concluir que el contenido de sostenibilidad se presenta en la ENP a través del constructo de **“sustentabilidad”** para

la asignatura de biología IV. Referente a la asignatura de química III, se presenta como “sostenibilidad”. Por consiguiente, este contenido está integrado de forma débil al currículo de biología y química del ENP.

Por otro lado, la revisión curricular de las materias de biología del Instituto de Educación Media Superior (IEMS) de la CDMX, se reconoció que en los planes y programas para esta materia no se incluían explícitamente el contenido de sostenibilidad. Sin embargo, en la optativa de química (química, energía y sociedad), se trata explícitamente el contenido de "desarrollo sostenible", y este tema está relacionado con la energía y la protección del medio ambiente. Por lo tanto, el contenido de sostenibilidad está muy débilmente integrado en el plan de estudios de biología y química del IEMS.

No obstante, se puede concluir que en las instituciones de educación media superior estudiadas de la CDMX, presentan el contenido de la sostenibilidad de forma muy débil en los planes y programas de estudio a partir del uso de diferentes constructos como el desarrollo sustentable, sustentabilidad, sostenibilidad y desarrollo sostenible lo que demuestra que existe una diversidad de enfoques y contenidos curriculares asociados a la enseñanza de la sostenibilidad en los bachilleratos estudiados.

Finalmente se concluye que existe una necesidad de que las instituciones de educación media superior de la CDMX, necesitan valorar más la educación para la sostenibilidad y en consecuencia redefinir sus planes de estudio y programas integrando estos contenidos de manera centralizada. Esto es muy importante porque los estudiantes de bachillerato necesitan recibir una educación integral que les permita abordar los principales desafíos globales que enfrentamos como sociedad. Por consiguiente, es importante incorporar la sostenibilidad en los bachilleratos a través de estrategias institucionales efectivas, en ese sentido, se recomienda que el concepto de sostenibilidad sea tratado de manera transversal con respecto a las cuestiones socio-ambientales locales, abordando intereses de los estudiantes y los desafíos actuales.

## **5.2. Conclusiones sobre el cuestionario diagnóstico.**

En este apartado se presentan las conclusiones extraídas de los principales resultados del cuestionario de diagnóstico para profesores de biología y química. La enseñanza de la sostenibilidad fue reconocida como una prioridad por todos los actores del sector educativo

encuestados (docentes), ya que existe interés en la enseñanza de este contenido en el nivel bachillerato, especialmente en el campo de las ciencias naturales.

Respecto a los comentarios de los docentes encuestados sobre la importancia de la sostenibilidad en la enseñanza, el 98% de los docentes dijo que para ellos era importante. Las ideas reiteradas por los profesores (biología y química) sobre su importancia son: a) sensibilizar a las personas educadas sobre el uso de los recursos naturales y promover su uso responsable; b) comprender los problemas ambientales y proponer soluciones c) proteger la naturaleza. Los conceptos de sostenibilidad que los profesores utilizan en el aula incluyen desarrollo sostenible, luego desarrollo sostenible, luego sostenibilidad y finalmente sostenibilidad.

Mientras tanto, en cuanto a los conceptos centrales utilizados por los profesores de biología para guiar el proceso de enseñanza-aprendizaje en materia de sostenibilidad, los conceptos más comunes son recursos naturales, biodiversidad, ecosistemas, cambio climático y contaminación. Para los profesores de química, los conceptos clave más comunes que guían el proceso de enseñanza-aprendizaje de la sostenibilidad son los recursos naturales, el medio ambiente, la energía, la contaminación y el cambio climático.

Referentes a los *enfoques y procesos de enseñanza* más utilizados por los docentes encuestados para abordar la sostenibilidad son: Educación ambiental (EA); Educación ambiental para la sostenibilidad (ES); Enseñanza activa; Educación STEAM en inglés de Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics; Enseñanza ambiciosa de las ciencias (AST) que es el acrónimo de Ambitious Science Teaching, Modelos y modelaje en ciencias naturales, Investigación acción participativa (IAP) y Enseñanza de las ciencias naturales aplicadas. Respecto a los *métodos de aprendizaje* expresados por los docentes encuestados son: desarrollo de proyectos, prácticas de campo, aprendizaje basado en problemas, estudios de caso, experimentación, investigación acción, servicio acción, aprendizaje en contexto, investigación guiada, uso de secuencias didácticas, modelos y modelaje, desarrollo de prototipos y leer para aprender. Respecto a las *estrategias de enseñanza-aprendizaje* usadas en su práctica docentes para la enseñanza de la sostenibilidad son: Lluvia de ideas, debates, discusiones grupales, exposiciones, elaboración de ensayos, realización de mapas conceptuales y mentales, uso y análisis de artículos, elaboración de ensayos, realización de infografías, análisis de datos y gráficos, uso de videos, uso de simuladores, uso de redes sociales, actividades lúdicas, visita a museos, investigación guiada, debates y discusiones grupales.

Por otro lado, los contenidos curriculares vinculados con la sostenibilidad que aparecen en sus planes y programas de estudio, identificados por los *docentes de biología* son: áreas naturales protegidas, biología y sociedad, bio-prospección, biotecnología, ciclos biogeoquímicos, desarrollo sustentable, educación ambiental, México un país mega diverso, preservación, pérdida de biodiversidad, relación hombre naturaleza, servicios eco sistémicos, seres vivos, así como biodiversidad, cambio global, cambio climático, medio ambiente, mitigación a problemáticas ambientales y sustentabilidad.

Por otra parte, los contenidos curriculares relacionados con la enseñanza de la sostenibilidad que reconocieron en sus planes y programas de estudio los *docentes de química* son: actividades productivas, agua, aire, consumismo, contaminación (agua, suelo y aire), dispositivos móviles (producción y manejo de residuos), efecto invernadero, emisiones de GEI, energía, estequiometría, estilo de vida, factores ambientales, fertilizantes, huella ecológica, huella hídrica, impacto social, petroquímica, polímeros (naturales y sintéticos), producción industrial, reacción química, recursos naturales, salud y suelo, así como, biodiversidad, cambio global, cambio climático, medio ambiente, mitigación a problemáticas ambientales y sustentabilidad.

Finalmente, la enseñanza de la sostenibilidad en las instituciones educativas de EMS estudiadas se aborda a través de:

- Implementación de diversos proyectos escolares sobre desarrollo sustentable, cuidado del ambiente, conservación de especies, tratamiento de residuos, sobre el uso y manejo de recursos naturales.
- Actividades culturales; Utilizando materiales amigables con el medio ambiente; Estudiando las problemáticas ambientales.
- Actividades la educación ambiental; También se señala la importancia de abordar la enseñanza de la sostenibilidad de manera transversal y con enfoque teórico práctico.

### **5.3. Conclusiones de las matrices de representación docente (CoRe).**

En esta investigación se pudo obtener los perfiles docentes personales de cada profesor de química y biología en relación a la enseñanza del tema de sostenibilidad, pero también se pudieron obtener los perfiles docentes colectivos, los cuales dependiendo de la asignatura son un reflejo del

pensamiento docente de los profesores involucrados en las asignaturas de biología y química. En ambas asignaturas se encontró que el conocimiento más robusto y que permea hacia los demás conocimientos es el conocimiento y creencias del docente sobre los objetivos y metas del curso, así como sus conocimientos sobre el currículo (B). De una forma u otra este conocimiento es el más robusto en todos los casos (independientemente de la disciplina), lo que nos lleva suponer que es éste y no otro el que define todo lo demás.

Por consiguiente, se ha logrado caracterizar el conocimiento didáctico del contenido PCK de docentes de bachillerato de la CDMX de diferentes áreas de conocimiento (química y biología). Se reconocieron los componentes y subcomponentes más frecuentes del PCK que fueron: B1, C4, E2, A4 y D2 para ambos grupos de docentes estudiados. Además, la investigación permitió vincular la enseñanza de la sostenibilidad con los planes y programas de estudio de las asignaturas de química y biología a través de los tópicos centrales analizados y los componentes identificados pueden ayudar a integrar la sostenibilidad en el currículo de las instituciones de bachillerato estudiadas.

También ha sido posible explorar el análisis de las prácticas docentes en torno a la enseñanza de la sostenibilidad en sus contextos particulares y realidades institucionales, desde sus prácticas pedagógicas, así como las representaciones de sostenibilidad y tópicos centrales más utilizados. Esta reflexión contribuirá a la creación de nuevas propuestas didácticas para la enseñanza de la sostenibilidad.

Finalmente, es necesario formular nuevos y mejores modelos de enseñanza, caracterizados por los componentes y subcomponentes del PCK de los docentes. En ese sentido, recomendamos diseñar cursos de formación docente e iniciativa pedagógico que apoye el trabajo de los docentes de bachillerato, desde la transversalidad de una forma sencilla y práctica.

#### **5.4. Conclusiones de las entrevistas semiestructuradas.**

Con este estudio pudimos explorar prácticas docentes relacionadas con la enseñanza de la sostenibilidad en materias específicas con diferentes objetivos, contextos y realidades institucionales, sus enfoques pedagógicos y las representaciones más utilizadas de la sostenibilidad y sus temas centrales. Esta reflexión contribuirá a la creación de nuevas propuestas pedagógicas para la enseñanza de la sostenibilidad.

Finalmente, es necesario formular nuevos y mejores modelos de enseñanza que se centren no sólo en lo que los docentes creen que es importante enseñar sino también en fomentar la reflexión sobre los problemas ambientales-sociales y el impacto de los cambios infligidos al planeta. El objetivo debería ser aumentar la preocupación de los ciudadanos por la tierra y por las consecuencias de la falta de conciencia sobre la sostenibilidad. Para ello, recomendamos que los cursos de formación docente se diseñen con enfoques que promuevan la enseñanza de la sostenibilidad de una manera transversal, sencilla y práctica.

#### **5.4. Limitaciones de la investigación**

Como siempre sucede, la limitante que tenemos de investigar en una pequeña muestra por el tiempo, por lo tanto, **no** se revisaron los programas de asignaturas de Ciencias Sociales y Humanidades, ni entrevistamos a profesores de esas asignaturas, no por falta de interés sino por falta de tiempo, por lo que tuvimos que acotar los objetivos de esta investigación al análisis de asignaturas del ámbito de las ciencias naturales (biología y química), por la viabilidad de concluir con el trabajo planteado.

Nos enfocamos al análisis de estas asignaturas (química y biología), porque es en estas materias es dónde se identificaron contenidos temáticos relacionados con la sostenibilidad (al revisar planes y programas de estudio de los bachilleratos analizados), por consiguiente, los profesores que imparten estas asignaturas abordan de alguna forma la enseñanza de la sostenibilidad. Para futuras investigaciones nos gustaría ampliar esta investigación y lograr analizar del pensamiento docente sobre sostenibilidad de profesores/as que impartan otras asignaturas (ciencias o humanidades).

# ARTÍCULO

## Journal of Environmental Studies and Sciences

### PCK about sustainability of high school chemistry and biology teachers

--Manuscript Draft--

<b>Manuscript Number:</b>	ESAS-D-23-00185
<b>Full Title:</b>	PCK about sustainability of high school chemistry and biology teachers
<b>Article Type:</b>	Research Article
<b>Corresponding Author:</b>	Kira Padilla, Ph.D. UNAM Faculty of Chemistry: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química Mexico, City, D.F. MEXICO
<b>Corresponding Author Secondary Information:</b>	
<b>Corresponding Author's Institution:</b>	UNAM Faculty of Chemistry: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química
<b>Corresponding Author's Secondary Institution:</b>	
<b>First Author:</b>	Mariana Muñoz-Galván, master in science education
<b>First Author Secondary Information:</b>	
<b>Order of Authors:</b>	Mariana Muñoz-Galván, master in science education Kira Padilla, Ph-D
<b>Order of Authors Secondary Information:</b>	
<b>Funding Information:</b>	
<b>Abstract:</b>	<p>The pedagogical content knowledge is a specialized knowledge resulting from the practice and experience of the teacher in the classroom. The purpose of this research is to analyze teachers' thinking from the study of this knowledge and its components about sustainability in teachers who teach the subjects of chemistry and biology at the high school level of Mexico City. The methodology used was a multiple case study applied to ten in-service high school teachers of chemistry and biology. The results obtained made it possible to analyze the teachers' thinking about the teaching of sustainability in the context of the subjects of biology and chemistry in relation to the following central topics: ecological balance, natural resources, biodiversity, ecosystems, environment, energy, climate change, and pollution. It was possible to obtain information on the way in which teachers understand the teaching-learning processes for sustainability, the knowledge they have about the topics analyzed, the strategies used, the representations they use and the different evaluation activities they use, as well as the difficulties that arise when teaching sustainability in their classes.</p>
<b>Suggested Reviewers:</b>	

## **PCK about sustainability of high school chemistry and biology teachers**

Mariana Munoz-Galván<sup>1</sup>, Kira Padilla<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instituto de Educación Media Superior de la Ciudad de México (IEMS), Mexico City, Mexico.*

mariana.munoz@iems.edu.mx, IEMS, Plantel Iztapalapa 4, Z.P. 09810.  
ORCID: <https://orcid.org/mx/0000-0002-0189-3037>

<sup>2</sup>*Facultad de Química, UNAM, Mexico City, Mexico.*

[kira@unam.mx](mailto:kira@unam.mx), circuito escolar s/n, Facultad de Química, UNAM, Z.P. 04510.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1037-9099>

**ABSTRACT:** The pedagogical content knowledge is a specialized knowledge resulting from the practice and experience of the teacher in the classroom. The purpose of this research is to analyze teachers' thinking from the study of this knowledge and its components about sustainability in teachers who teach the subjects of chemistry and biology at the high school level of Mexico City. The methodology used was a multiple case study applied to ten in-service high school teachers of chemistry and biology. The results obtained made it possible to analyze the teachers' thinking about the teaching of sustainability in the context of the subjects of biology and chemistry in relation to the following central topics: ecological balance, natural resources, biodiversity, ecosystems, environment, energy, climate change, and pollution. It was possible to obtain information on the way in which teachers understand the teaching-learning processes for sustainability, the knowledge they have about the topics analyzed, the strategies used, the representations they use and the different evaluation activities they use, as well as the difficulties that arise when teaching sustainability in their classes.

**KEYWORDS:** biology and chemistry teachers, high school teachers, Pedagogical content knowledge (PCK), sustainability.

## **Statements and Declarations**

### *Competing Interest and Funding*

This work has non-financial resources from any institution

The authors did not receive support from any organization for the submitted work

The authors declare they have no financial interests.

### *Ethical statement*

In this study, the ethics/human subject requirements of our institutions, at the time the data was collected, were met.

### *Author contributions*

All authors contributed to the study conception and design. Material preparation, data collection and analysis were performed by Mariana Munoz-Galvan. The first draft of the manuscript was written by both authors. All authors read and approved the final manuscript.

## **PCK about sustainability of high school chemistry and biology teachers**

**ABSTRACT:** The pedagogical content knowledge is a specialized knowledge resulting from the practice and experience of the teacher in the classroom. The purpose of this research is to analyze teachers' thinking from the study of this knowledge and its components about sustainability in teachers who teach the subjects of chemistry and biology at the high school level of Mexico City. The methodology used was a multiple case study applied to ten in-service high school teachers of chemistry and biology. The results obtained made it possible to analyze the teachers' thinking about the teaching of sustainability in the context of the subjects of biology and chemistry in relation to the following central topics: ecological balance, natural resources, biodiversity, ecosystems, environment, energy, climate change, and pollution. It was possible to obtain information on the way in which teachers understand the teaching-learning processes for sustainability, the knowledge they have about the topics analyzed, the strategies used, the representations they use and the different evaluation activities they use, as well as the difficulties that arise when teaching sustainability in their classes.

**KEYWORDS:** biology and chemistry teachers, high school teachers, Pedagogical content knowledge (PCK), sustainability

### **Introduction**

High school is a training place where teachers are responsible for helping students to acquire knowledge and skills that will allow them to take responsible decisions and exercise their

1  
2  
3  
4 rights and obligations to successfully integrate into the sustainable development of the  
5  
6 country. However, it has been shown that teachers' beliefs and knowledge have significant  
7  
8 influence on the teaching-learning processes (García & Aguado, 2011). That is why we can  
9  
10 say that teachers' practices and knowledge are linked to the quality of education, because any  
11  
12 approach to teach sustainability or any other subject cannot be successfully implemented  
13  
14 without the teachers' active participation. Therefore, it is considered essential to recognize  
15  
16 what teachers know and understand by sustainability, as well as to identify the ways in which  
17  
18 they teach this subject and what the level of development in the teaching of sustainability in  
19  
20 some of Mexico City's high schools is. Because of the climate emergency that has been  
21  
22 declared by the Common Worlds Research Collective (2020), it is essential that all  
23  
24 educational systems consider the teaching of sustainability as an instrument of behavior  
25  
26 transformation which must be characterized by promoting a learning environment that breaks  
27  
28 the traditional barriers between disciplines (WWF-UK, 2005). Yet, in Mexico, as in many  
29  
30 other places, this has not happened because this subject is taught from scientific disciplines  
31  
32 such as Biology or Chemistry and it is not seen as an independent subject in its own right,  
33  
34 which takes elements from other subjects (Reyes & Quispe, 2018). In this sense, this work  
35  
36 seeks to characterize and analyze the PCK related to the subject of sustainability of in-service  
37  
38 teachers. We are looking to analyze the ways in which high school science teachers teach  
39  
40 this subject and if they address it efficiently.  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49

50 Nowadays, moving towards a sustainable future has become one of the biggest challenges to  
51  
52 guarantee the continuity of all animal and vegetal species in the face of the imminent  
53  
54 planetary emergency (Bybee, 1991) caused by the increase in environmental difficulties such  
55  
56 as ecosystem degradation, depletion of natural resources, loss of biodiversity, pollution,  
57  
58 climate change, the covid-19 pandemic and the increase in inequalities, among others. In this  
59  
60

1  
2  
3  
4 context, education for sustainability (ES) is being promoted as a tool for social transformation  
5  
6 (Aznar & Ull, 2019) that seeks a change from traditional educational models to sustainability-  
7  
8 based teaching-learning approaches (Murga-Menoyo, 2015). Education for sustainability is  
9  
10 looking to improve the quality of education, under a human rights approach which fosters  
11  
12 contextualized learning, promotes social cohesion and interculturality, and is oriented  
13  
14 towards action (Vilches & Gil, 2013). It is also looking to incorporate teacher training  
15  
16 projects on essential sustainability competencies (Wiek et al., 2011) and thereby encourage  
17  
18 its nature as a teaching-learning process (UNESCO, 2009; UNESCO, 2012).

19  
20 We think that it is important to say that we understand sustainability as a science more  
21  
22 focused on preserving the environment than focused on economically sustainable  
23  
24 development. Sustainability is mainly taught in informal education and many researchers  
25  
26 have focused their research on this kind of education. However, we think that it is pertinent  
27  
28 to follow what is happening in formal education too. Because sustainability is not taught in  
29  
30 formal education as an independent subject, but rather it is taught as part of subjects like  
31  
32 chemistry and biology. Sustainability is teaching more like fragments of phenomena and not  
33  
34 necessarily mentioned as a whole. One fundamental idea is that teachers should teach  
35  
36 sustainability from their subject's point of view, and using specific strategies related with  
37  
38 their own perspective. For these reasons, we think that this research is essential, because it  
39  
40 could contribute to give a perspective about what the teachers think, belief and do when they  
41  
42 have to teach the concept of sustainability through the lens of the subject they usually teach.  
43  
44

45  
46 Some teaching practices around sustainability involve e-learning (using digital environments  
47  
48 like labs, simulations, virtual field trips, etc.), inquiry practices that allow students to reflect  
49  
50 on some fundamental ideas related to this subject, such as green chemistry, biodiversity, the  
51  
52 environment, etc. Another necessary approach is System thinking, which is focused on  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3  
4 complex problems that are analyzed from a holistic point of view. Another relevant idea is  
5  
6 that sustainability can be taught both in chemistry and biology, which is quite significant  
7  
8 because students can think, reflect, and solve problems related to sustainability from the  
9  
10 standpoint of these sciences.  
11  
12

### 13 **PCK framework**

14  
15 Pedagogical Content Knowledge (PCK) has become one of most used theoretical constructs  
16  
17 in the last 30 years in science education research. It is a benchmark of professional knowledge  
18  
19 possessed by teachers and it is a fundamental tool for inquiry on teachers' thinking about  
20  
21 specific content (such as sustainability), as well as for pre-service or in-service teacher  
22  
23 training (Abell, 2008). As Shulman (1987) pointed out, teachers can transform  
24  
25 understanding, performance skills, and desired values for attitudes into pedagogical actions  
26  
27 and representations. This is how the PCK makes it possible to enquire about teacher's  
28  
29 thinking on specific contents and their interaction with pedagogy, since all educational  
30  
31 activity is supported by a series of implicit beliefs and theories that are part of the teacher's  
32  
33 thinking and which, in turn, guide their ideas about the knowledge, the construction of their  
34  
35 teaching and the students' learning (Loughran et al., 2008; Garritz, 2007). That is, PCK is a  
36  
37 particular kind of knowledge, which is different from the expert content knowledge and also  
38  
39 from general pedagogical knowledge.  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46

47  
48 In general terms, there are different models related to PCK, which have evolved from  
49  
50 Shulman's first proposal. Among these, the latest one (Carlson & Daehler, 2019) proposes  
51  
52 three different ways of conceptualizing PCK: collective-PCK, where different approaches  
53  
54 and strategies that a group of teachers decide to implement in their classrooms are  
55  
56 represented; personal-PCK, which tells us about how a teacher understands their practice, the  
57  
58 discipline and how to implement and assess it, considering not only the discipline itself, but  
59  
60

1  
2  
3  
4 also the possible filters (perceptions, emotions, beliefs, etc.) that can make the discipline  
5  
6 comprehensible to their students; finally, the enacted-PCK, the one that allows teachers to  
7  
8 take decisions about what to do and how to do it when putting it into practice. In this research,  
9  
10 personal PCK (p-PCK) will be considered, and we will try to integrate a collective PCK (c-  
11  
12 PCK) based on the results of the different teachers.  
13  
14

15  
16 Finally, the study of teachers' thinking on sustainability is an opportunity to contribute to  
17  
18 educational research in the field of Education for Sustainability (ES): an education based on  
19  
20 sustainable social transformation, promoting a rethinking of teaching and learning, as well  
21  
22 as current educational practices around sustainability.  
23  
24

### 25 26 *Personal PCK, the model*

27  
28 According to the Refined Consensus Model (RCM) (Carlson and Daehler, 2019) there are  
29  
30 three different ways to understand PCK. The first one is the enacted PCK, which is  
31  
32 understood as the knowledge used by teachers in their classroom; the second is the personal  
33  
34 PCK, which is an individual's reservoir of knowledge (subject matter, pedagogical, etc.) that  
35  
36 serves as a source of knowledge and skills for the teacher that enables them to plan their  
37  
38 lessons, assess and identify student's ideas, conceptions and difficulties, select an approach,  
39  
40 and take decisions related to their teaching practices in the classroom. The third one is the  
41  
42 collective PCK, which it is the knowledge built from teachers' contributions and the  
43  
44 "combined professional knowledge bases and varied teaching experiences within a given  
45  
46 subject matter" (Carlson and Daehler, 2019, pp. 88).  
47  
48

49  
50 So, in this work we will focus on personal PCK (pPCK). In this sense, various models on  
51  
52 PCK have been proposed, whose knowledge or components have been defined by many  
53  
54 researchers (Van Driel et al., 1998; Magnusson et al., 1999; Van Driel et al., 2002).  
55  
56  
57  
58

1  
2  
3  
4 In the present work, the analysis of teachers' way of thinking to characterize PCK was done  
5  
6 through Author (2011) proposal where the different components and subcomponents of PCK  
7  
8 were described in a simple and organized way. This proposal was considered because it is a  
9  
10 useful tool to study what teachers think and do in relation to their teaching practices. Table 1  
11  
12 shows in detail the five components of PCK initially reported by Magnusson, et al. (1999)  
13  
14 and later adapted by Author (2011).  
15  
16

### 17 18 ***Characterizing PCK***

19  
20 To portray PCK is a complex task that generally requires a combination of strategies used to  
21  
22 improve the data analysis regarding teachers' thinking. These data are collected and analyzed  
23  
24 using different instruments such as: questionnaires with open and closed questions (Gess-  
25  
26 Newsome et al., 2017), class observations carried out by the teachers-in-training or in-  
27  
28 service, concept maps, drawings, questionnaires related to their teaching practices, semi-  
29  
30 structured interviews, etc. (Parga & Mora, 2008).  
31  
32  
33

34  
35 Two of the most widely used methodologies to recognize and characterize PCK that have  
36  
37 been used to describe and document teachers' thinking of primary and secondary level,  
38  
39 particularly on subjects in the field of natural sciences, are the instruments called "Matrix of  
40  
41 content representation (CoRe)" and the Repertories of Professional and Pedagogical  
42  
43 Experience (Re-PyP) (Loughran et al., 2004; Loughran et al., 2008). In this research, we use  
44  
45 a modified version of CoRe to collect our data and an interview related to those elements that  
46  
47 seemed to be important to teachers, but previously we use a brief questionnaire to identify  
48  
49 central ideas related to sustainability that were considered essential by teachers to include in  
50  
51 the curriculum.  
52  
53  
54  
55

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55

**Table 1. Description of components and sub-components used to categorize teachers' PCK. These codes were used for the CoRe and interviews's analysis.**

<b>Approaches toward teaching Science (ATSc)</b>		
<b>Approach</b>	<b>Code</b>	<b>Definition</b>
Process	<b>ATSc-P</b>	Teacher introduces students to the thinking process employed by scientists.
Academic rigor	<b>ATSc-Ar</b>	Students are challenged with difficult problems and activities. Lab work and demonstrations show the relation between concepts and phenomena.
Didactics	<b>ATSc-D</b>	Teacher presents information through lecture or discussion, and questions directed.
Conceptual change	<b>ATSc-Cc</b>	Students are pressed for their views about the world and consider the adequacy of alternative explanations. Teacher facilitates discussion and debates necessary to establish valid knowledge.
Activity-driven	<b>ATSc-Ad</b>	Students participate in 'hands-on' activities used for verification or discovery.
<b>Knowledge of science curriculum (KScC)</b>		
Teachers' knowledge of goals and objectives	<b>KScC-1</b>	Teachers' ideas of students' goals to learn that subject
	<b>KScC-2</b>	Teachers' goals and guidelines across topics
	<b>KScC-3</b>	Students' knowledge acquired in previous courses or what they should learn in this or the next courses.
Teachers' knowledge of specific curricular programs	<b>KScC-4</b>	Knowledge of curriculum and materials related to the subject they teach and others related to this.
<b>Knowledge of students' understanding of science (KSU)</b>		
Knowledge of requirements for learning	<b>KSU-1</b>	Prerequisite, abilities and skills to learn that concept and alternative conceptions
	<b>KSU-2</b>	Variations in students approaches or views
Knowledge of areas of students' difficulty	<b>KSU-3</b>	Science concepts or topics that students find difficult to learn (abstract or lack any connection to students' common experience) or non-intuitive.
Beliefs about what students know or don't, or they should learn	<b>KSU-4</b>	Teachers' beliefs related to that knowledge that he/she assumes or believes that students have or don't; or that knowledge that teachers think students should learn.
<b>Knowledge of assessment in Science (KASc)</b>		
Knowledge of dimensions of science learning to assess	<b>KASc-1</b>	Those concepts that are important or not to assess
Knowledge of methods of assessment	<b>KASc-2</b>	What kind of strategies teachers use to assess students' understanding or those [ideas] that they consider are not so good.
<b>Knowledge of instructional strategies (KIS)</b>		
Knowledge of subject-specific strategies	<b>KIS-1</b>	Strategies that are more general and could be used to teach almost any subject. (e.g., learning to cycle)
Knowledge of topic-specific strategies	<b>KIS-2</b>	Topic specific representations (e.g., illustrations, examples, models, analogies)
	<b>KIS-3</b>	Topic specific activities (e.g., problems, demonstrations, simulations, or experiments)

1  
2  
3  
4 So, our goal is to analyze teachers' way of thinking and pedagogies associated with the  
5  
6 subject of sustainability at high school level, and to characterize how this thinking could be  
7  
8 portrayed as PCK on such subject. This goal will be achieved using the PCK model proposed  
9  
10 by Author (2011) and a modified version of content representation matrices (CoRe)  
11  
12 (Loughran et al., 2004). The following research questions were raised: What is the teacher's  
13  
14 thinking related to the subject of sustainability and the way they usually teach it? What are  
15  
16 the pedagogical strategies that teachers use to teach sustainability? How is the cPCK related  
17  
18 to sustainability?  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26

### 27 **Research design and method**

28  
29 In this research, the content representation matrix (CoRe) was implemented, but with  
30  
31 different central concepts according to chemistry or biology subjects. These central concepts  
32  
33 were identified by asking teachers to answer a previous questionnaire, where questions like:  
34  
35 what ideas they had about sustainability, what were the central concepts that guide their  
36  
37 teaching practice, what were the teaching strategies they use most when they have to teach  
38  
39 sustainability, etc. From this questionnaire, we decided to select five central ideas for each  
40  
41 subject, those that were most used by teachers when they teach sustainability. These five  
42  
43 central ideas selected for each subject are: ecological balance, natural resources, biodiversity,  
44  
45 ecosystems, and the environment (Biology); and environment, natural resources, energy,  
46  
47 climate change, and pollution (Chemistry).  
48  
49  
50  
51  
52  
53

54 The sample was integrated by ten teachers from different high schools who teach chemistry  
55  
56 and biology. In both subjects, the sample consisted of five chemistry and five biology  
57  
58 teachers. All of them were in-service teachers that teach different contents of chemistry and

1  
2  
3  
4 biology. They ranged from 1 to 32 years of experience (see table 2). To preserve the  
5  
6 anonymity of each teacher, pseudonyms were used based on a classification of letters and  
7  
8 numbers, Chem for Chemistry teachers and Bi for biology. So, participants are introduced  
9  
10 as: Chem1, Chem2, Chem3, Chem4 and Chem5 and Bi1, Bi2, Bi3, Bi4 and Bi5. For data  
11  
12 collection, once teachers agreed to participate in the research, we sent them the CoRe in  
13  
14 Excel® file, and let them two or three weeks to answer it.  
15  
16  
17  
18  
19  
20

21 Table 2. Teachers' general characteristics

Chemistry teachers	Degree	Experience (years)	Biology Teachers	Degree	Experience (years)
Chem 1	Bachelor	13	Bi1	Master	12
Chem 2	Master	7	Bi2	Master	15
Chem 3	Master	28	Bi3	Master	18
Chem 4	Master	17	Bi4	Bachelor	1
Chem 5	Master	32	Bi5	Bachelor	3

22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42

### 43 Analysis of data

44  
45  
46 The data analysis was done using Author's (2011, 2012) categorization (see table 1), so the  
47  
48 coding process was carried out by the first author, and the first step was to identify the  
49  
50 components and subcomponents of PCK from teachers' answers of CoRe. This process was  
51  
52 helpful to make a precise description of each one according to the subject they teach (biology  
53  
54 or chemistry), as well as to draw a first detailed description of a personal teaching profile. In  
55  
56 this way, in the present research each teacher was analyzed as an individual case study to  
57  
58

1  
2  
3  
4 later make a joint analysis of all of them. The codes based on the components and  
5  
6 subcomponents of the PCK shown in table 1 describe the knowledge, beliefs, purposes, and  
7  
8 goals of science teaching taken from Author's proposal, which is based on Magnusson et  
9  
10 al.'s (1999) model. To improve the data analysis the ATLAS.ti (9.0) program was used,  
11  
12 where teachers' answers were introduced and coded, and then data is represented as tables  
13  
14 and Sankey diagrams. One advantage of using Atlas.ti is that frequencies (percentages) in  
15  
16 which each component appears are provided, as well as the co-occurrences in which the codes  
17  
18 are related. Therefore, results are shown through Sankey diagrams where the width of the  
19  
20 lines represents frequencies of the analyzed codes (components and subcomponents of PCK,  
21  
22 see table 1). Some Sankey diagrams show those relationships, as well, among components  
23  
24 and the frequency of such relation (co-occurrence). This is relevant because these diagrams  
25  
26 reveal relations among more than two different components. So, we think that Sankey  
27  
28 diagrams better identify when and in which proportion three or more subcomponents are  
29  
30 related.  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38

## 39 **Findings**

40 Results are presented according to the subject taught by teachers, showing one specific case  
41  
42 of each one, and then making a comparative analysis of all the teachers in each group.  
43  
44

### 45 ***Chemistry teachers***

#### 46 ***Teacher Chem3***

47  
48 We chose teacher Chem3 because he shows a robust way to understand his teaching of  
49  
50 sustainability. In this case, different components appear in his answers, some of which have  
51  
52 more frequency than others (see figure 1). So, in relation to approaches to the teaching  
53  
54 (ATSc) of sustainability and the central topics analyzed: environment, natural resources,  
55  
56 energy, climate change and pollution, only two components are shown, process (ATSc-P)  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3  
4 and conceptual change (ATSc-Cc) as observed in the following answer: *It is very important,*  
5  
6 *it must be part of the scientific culture of all citizens. In this way, we hope we could mitigate*  
7 *environmental problems and that they (students) realize that they (environmental issues) are*  
8 *real and measurable problems. I ask them to think that they are part of a team that must*  
9 *provide solutions* (ATSc-Cc). Regarding the knowledge of the curriculum (KScC), the sub-  
10 component (KScC-1) predominates in the teacher's discourse as can be recognized in the  
11 following paragraphs: (1) *If we are not sustainable, there will be severe environmental*  
12 *damage* (KScC-2) and (2) *Sustainability helps to have more rational consumption patterns,*  
13 *so we demand less goods and energy mitigating climate change* (KScC-1). Consequently, it  
14 reflects that in most of the topics taught by Chem3, the teacher's ideas prevail over the content  
15 and teaching objectives. Despite KScC-1 is the most frequent subcomponent related to  
16 knowledge and beliefs about curriculum, KScC-2, KScC-3, and KScC-4 appear as well, but  
17 with much less frequency.  
18

19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36 Another component that appears very frequently is the knowledge of the students' scientific  
37 understanding (KSU). In this case, subcomponent KSU-4 is the most frequent of all, and it  
38 is related to beliefs about what knowledge students have or not, or what the teacher thinks  
39 students should learn. As an example of a phrase made by teacher Chem3 is the following:  
40  
41

42  
43  
44  
45  
46 *If we are not aware that the environment allows us to live since it provides water, air, and*  
47 *soil for subsistence, we will deplete it and endanger our personal survival and as a species*  
48 *(KSU-4).*  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59

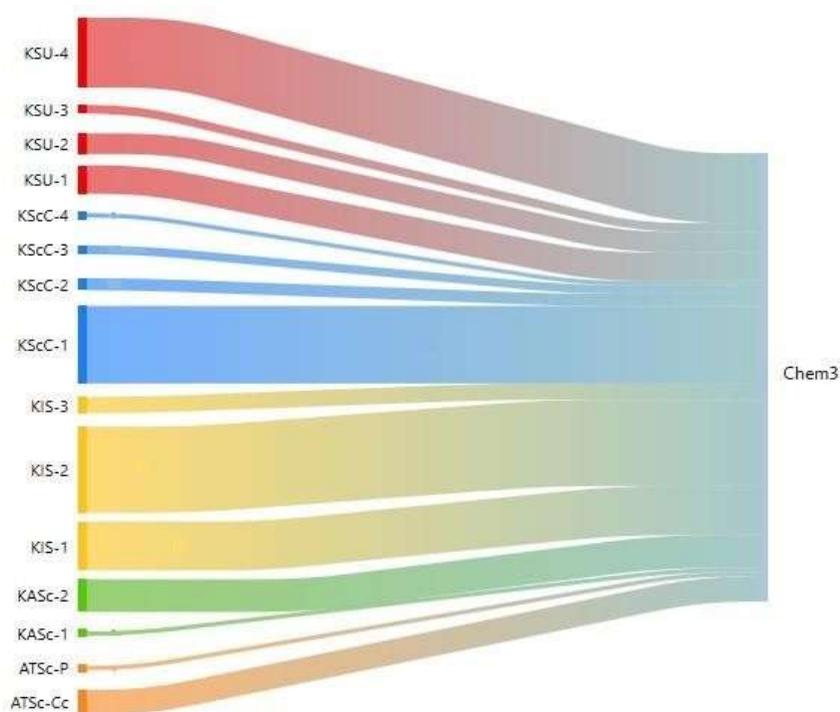


Figure 1. Sankey diagram on the teacher profile of Professor Chem3. The width of the lines represents the frequency of each sub-component.

In relation to assessment knowledge (KASc), the subcomponent (KASc-2) is mainly presented as can be seen in the following answer: *I have used case studies (KASc-2), they make posters (KASc-2), I have applied multiple-choice questionnaires (KASc-2) and portfolios (KASc-2)*. These results show the type of strategies related to evaluation mainly employed by Chem3, but at the same time it shows that assessment is not as important as curriculum, teaching strategies or students' knowledge in his PCK. This result is in line with those reported in literature.

Finally, knowledge of instructional strategies (KIS) is as frequent as KSU. However, the most frequent subcomponent for Chem3 concerning KIS is topic specific representation (KIS-2) and can be seen in the following answer to the question (what procedures do you use for students to commit to the concept?): *Analogies (KIS-2), examples (KIS-2), readings*

1  
2  
3  
4 (KIS-2), *discussions* (KIS-2), *laboratory practices* (KIS-3), *simulators* (KIS-3). The  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59

the aforementioned strategies imply that Chem3 mostly uses specific strategies and representations to teach the selected topics, even using subcomponents (KIS-3) when proposing experimental activities and simulators.

In figure 1, the variation of components and subcomponents of the PCK of Chem3 teacher is shown through a Sankey diagram. As was stated before, there are three dominant components in this teacher's teaching profile: their own ideas about why students learn the topic of sustainability (KScC-1), what they believe students should or should not know or learn (KSU-4), and the type of specific teaching strategies used to make the topic understandable (KIS-2). In other words, many of their decisions are based on their own beliefs about how and why students learn about sustainability.

In figure 2, the relations among the most frequent components mentioned by Chem3 are shown. As we can see KScC-1 is strongly related with KSU4, but at the same time it is related with KSU-4 through KSCC-2. These relations show that this teacher's ideas of students' goals about the topic are strongly related to his own beliefs about what students should or should not learn. At the same time these ideas (KScC-1) have a relation with teachers' goals and guidelines across the subject, which is related to KSU-4 and ATSc-Cc (approach to conceptual change). In this figure, it is easier to visualize how the inter-relationships among subcomponents are. And we can understand that they can be more complicated than just one relation, for example, in figure 2 the relation KScC-1/KScC-2/KSU4/ATSc-Cc is shown as one type, but another example could be KScC-1/KSC-2/KSU-2/KSU4 or one as simple as KScC-1/KSU4. So, this kind of analysis allows us to obtain a better understanding of those relationships that are present in the teachers' PCK.

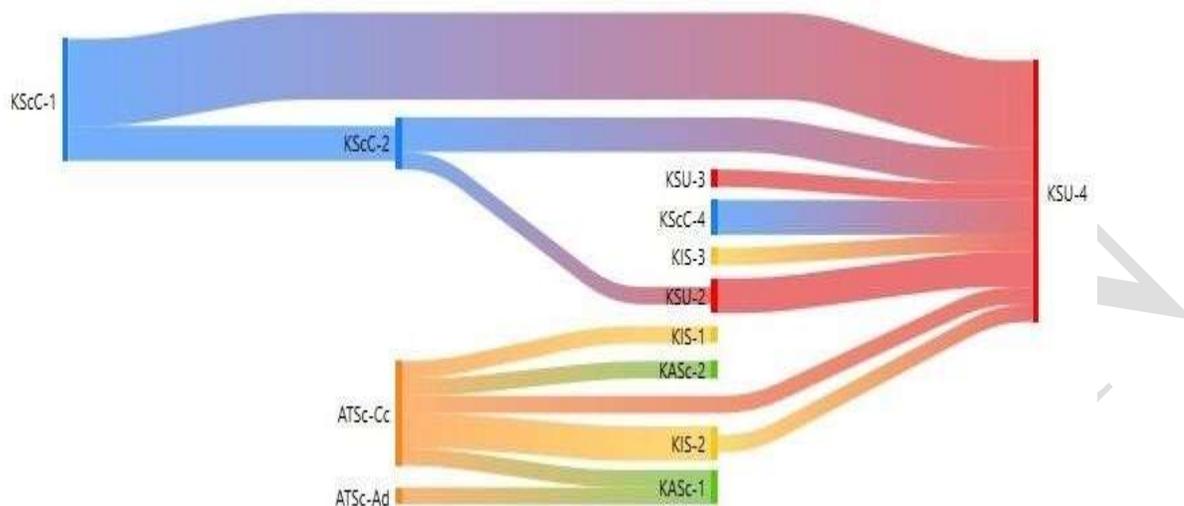


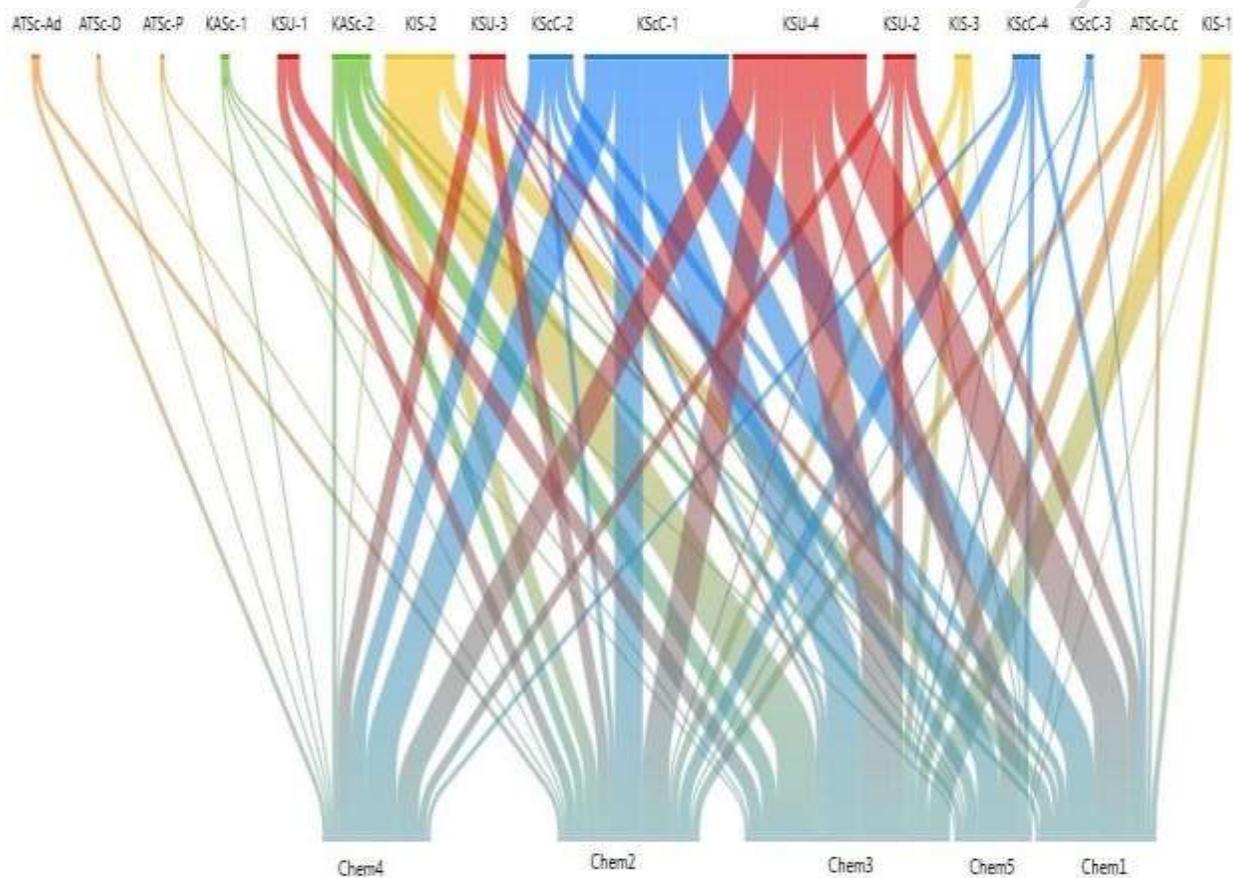
Figure 2. Sankey diagram where inter-relations (co-occurrences) among sub-components are shown.

*Variation of PCK components used by all chemistry teachers: cPCK*

When we analyze all the answers given by chemistry teachers, it is possible to notice that they have a very similar teaching profile, but different frequencies of components and subcomponents. In figure 4 the relationships among teachers' profiles are shown. In addition, it is possible to notice that the most frequent components and subcomponents are KSU-4, KScC-1 and KIS-2. That is, as in the case of Chem3, personal beliefs are those that permeate the teaching of sustainability. It is important to note how teachers' profiles differ from each other in width, and in frequency. For example, Chem3 shows a more robust profile than Chem5 and this is quite visible in the Sankey diagram, as it shows a greater variety of subcomponents in their PCK, and these also appear thicker in the diagram. In contrast, the PCK of teacher Chem5 shows less thickness at the origin of its profile and even a thinner branching in the subcomponents used.

In figure 3, all chemistry teachers' profiles are shown, which makes it possible to outline a general view of what a collective PCK (Carlson and Daehler, 2019) could be, which in

1  
2  
3  
4 general terms is very similar to the teachers' personal PCK. It is important to note that there  
5  
6  
7 are teachers whose pPCK is wider and more robust than others.



38  
39  
40 Figure 3. Sankey diagrams for chemistry teachers, what we are calling collective PCK for  
41 these teachers.

42  
43  
44 The next highest-frequency component is KIS (knowledge of instructional strategies) with  
45 19%, which also draws our attention because these strategies are not defined by the teaching  
46 approach, but by the teacher's knowledge and beliefs about curriculum and how students  
47 learn. Finally, the last component which appears in a lower proportion (7%) is KASc. We  
48 consider it to be one of the most important types of knowledge, because assessment is what  
49 allows teachers to decide if students are understanding and can apply what they have learned.  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59 Despite KASc having lower frequencies, it does not mean that it is not important for teachers.

1  
2  
3  
4 Simply, they are more focused on pointing out methods without mentioning the implicit  
5  
6 reflection in the evaluation process.  
7

8  
9  
10 Following the line of analysis, the subcomponents with the highest percentage of appearance  
11  
12 in the collective PCK will be discussed. The component related to orientation towards the  
13  
14 teaching of science that most appears is ATSc-Cc (4%). It refers to conceptual change. An  
15  
16 example of how it was demonstrated is: *I hope to generate a real change in their behavior;*  
17  
18 *a change that will impact their home and their day to day lives* (Chem1). This component is  
19  
20 related to the approach used by teachers to make sustainability a part of students' scientific  
21  
22 culture and it is considered beneficial to teach in a specific context in order to achieve a real  
23  
24 change in students' habits by generating awareness, reflecting on environmental issues in  
25  
26 their daily life and proposing possible solutions.  
27  
28  
29

30  
31 The component related to knowledge of the scientific curriculum that most appears is KScC-  
32  
33 1 (22%), which is the teachers' ideas about students' goals to learn sustainability.  
34  
35 Consequently, in most of the topics taught, the teachers' own ideas prevail over contents and  
36  
37 teaching goals regarding sustainability and central topics analyzed. For example, to show the  
38  
39 importance of sustainability, teachers pointed out some issues like climate change, how  
40  
41 resources are used, pollution, etc., To illustrate: *It refers specifically to the sustainable use of*  
42  
43 *resources by each generation, without putting their availability at risk (or looking for*  
44  
45 *recycling or replacement alternatives) for new generations* (Chem5).  
46  
47  
48  
49

50  
51 In the Knowledge of students' scientific understanding, components that appear most are  
52  
53 KSU-4 (21%) and KSU-3 (6%). The first one refers to teacher's beliefs related to the  
54  
55 knowledge that students may or may not possess, or the knowledge that the teacher thinks  
56  
57 that students should learn such as caring for the environment, proper management of natural  
58  
59

1  
2  
3  
4 resources and addressing climate change. For instance, teacher Chem1 mentions: *All actions*  
5  
6 *we take can generate an impact on the climate, so becoming aware from small to complex*  
7  
8 *activities is important for students.* Regarding understanding the causes of pollution, teacher  
9  
10 Chem2 says: *Students understand that pollution is directly related to the excessive use of*  
11  
12 *some resources.*

13  
14 In the case of KSU-3 (6%) knowledge of students' areas of difficulty, teachers mention that  
15  
16 those difficulties are associated with the lack of real interest, since students talked about  
17  
18 caring for the environment and sustainability, but there is no real commitment to do so; they  
19  
20 consider it a fad. It also stands out (KSU-3) when teachers expressed the limitations  
21  
22 connected to the learning of central topics, for example, teacher (Chem1) said: *their*  
23  
24 *immediate reality, everyone lives in varied conditions that make them see the problem in*  
25  
26 *different degrees of complexity and damage.*

27  
28 In relation to assessment, the most frequent component is methods of assessment (KASc-2,  
29  
30 6%). So, in relation to this component, the instruments of assessment most frequently used  
31  
32 by teachers are case studies, questionnaires, preparation of posters, portfolios and student  
33  
34 participation. For example, professor Chem2 said: *I usually use some questionnaires to*  
35  
36 *evaluate what they normally do and questionnaires that reflect the consumption of luxury*  
37  
38 *items and some basic necessities.*

39  
40 Finally, the most frequent component related to knowledge of topic-specific strategies is KIS-  
41  
42 2 (11%). This is associated to the use of representations in science, specifically in the teaching  
43  
44 of sustainability. As an example, teacher Chem5 mentioned: *The procedures focus on the*  
45  
46 *elaboration of models, experimental work with low environmental impact and*  
47  
48 *demonstrations (videos or face-to-face) when this resource is the ideal one for safety and*  
49  
50 *cost (Chem5).* Other strategies mentioned about these components (KIS-1 and KIS-2) were  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3  
4 use of real-life examples, analysis of articles, videos, case studies, analogies, exhibitions,  
5  
6 elaboration of infographics, digital resources, and ecological footprint calculations.  
7

### 8 ***Biology teachers***

#### 9 *Teacher Bi3*

10  
11 In this case (see figure 4), we will start with approaches towards teaching (ATSc) of  
12 sustainability and their relation to ecological balance, natural resources, biodiversity,  
13  
14 ecosystems, and the environment, where the most commonly used approach by this teacher  
15 is (ATSc-Cc) focus of conceptual change. One example is: *for each of them to make a change*  
16 *in their lifestyle that can help mitigate this problem* (ATSc-Cc). Another approach is (ATSc-  
17 Ad) activity-driven, which also stands out as observed in the following sentence: *Because it*  
18 *must be instilled in them, first, the knowledge of how delicate the ecological balance is and*  
19 *second, that they identify the attitudes and actions to take to maintain the ecological balance*  
20 *of the environment within sustainability* (ATSc-Ad). Regarding the knowledge of the  
21 curriculum (KScC), the sub-component (KScC-1) predominates in the teacher's discourse, as  
22 can be recognized in the following paragraphs: *Ecological balance is the relationship*  
23 *between the human, natural and built subsystem, where man develops their activities and*  
24 *projects in a sustainable way with environmental resources; It is to reduce and minimize*  
25 *environmental impacts that modify environments and produce imbalances on the planet such*  
26 *as natural phenomena that affect the quality of the environment* (KScC-1). Consequently, it  
27 reflects that in most of the subjects taught by Bi3, the teacher's ideas prevail over contents  
28 and teaching goals.  
29

30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
Regarding the knowledge of the students' scientific understanding (KSU), Bi3 perceives the  
following: *Because it must be instilled in them, first, the knowledge of how delicate the*  
*ecological balance is and second, that they identify the attitudes and actions to take to*

maintain the ecological balance of the environment within sustainability (KSU-4). In this case KSU-4 prevails, which means that the teacher imposes their beliefs related to the knowledge that students may or may not possess, or the knowledge that the teacher thinks students should learn. Regarding the knowledge of assessment (KASc), KASc-1 is mostly represented as can be seen in the following answer: *The evaluation consists of the development of an investigation within a protected natural area (KASc-2) and different criteria are requested that cover several topics including those of sustainability (KASc-1) and ecological balance, as well as ecosystem services (KASc-1)*. These results show the type of assessment strategy that Bi3 uses and how students can apply the knowledge of those important concepts.

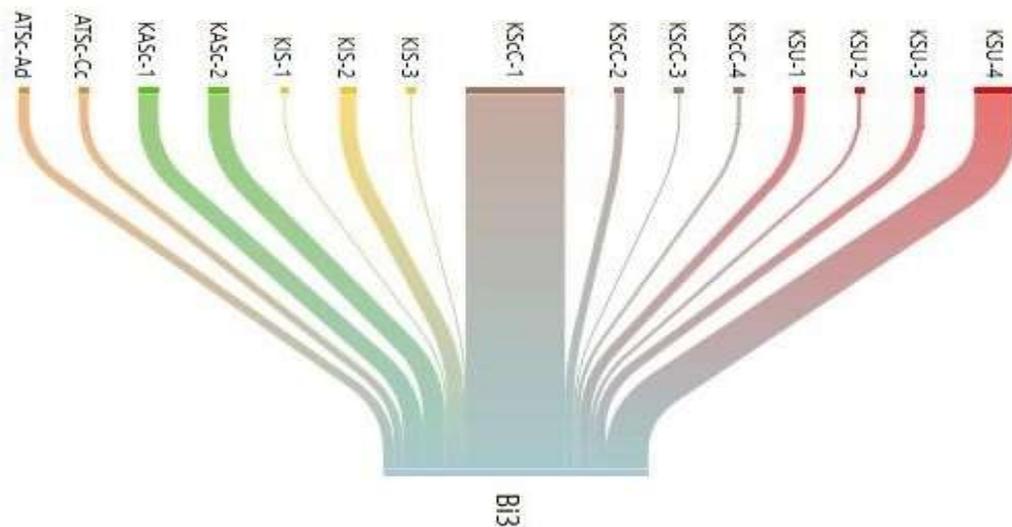


Figure 4. Sankey diagram on the teaching profile of Professor Bi3.

Finally, regarding the knowledge of instructional strategies (KIS), this teacher mainly presents the KIS-2 subcomponent, as can be seen in the following sentence: *First, we review videos (KIS-2) and some articles (KIS-2), and then I ask them to look for the ecological niche*

1  
2  
3  
4 *of three different animals. By doing this, they realize how important a species is within the*  
5  
6 *ecological balance of an ecosystem (KIS-2). [A] research (KIS-1) and presentation (KIS-2)*  
7  
8 *related to a protected natural area of Mexico City are carried out highlighting the type of*  
9  
10 *ecosystem to which it belongs, what are the ecosystem services provided by this (KASc-1),*  
11  
12 *how it has been affected by human activity and which are the possible proposals to recover*  
13  
14 *the area in a sustainable way. In the last examples given by Bi3, it is shown that he makes*  
15  
16  
17 use of strategies and specific representations using contextualized research methodologies  
18  
19 and exposition of solutions.  
20  
21

22  
23  
24 In figure 4, the dominant knowledge in this teacher are KScC-1 and KSU-4, that is, his own  
25  
26 knowledge and beliefs about curriculum are what define and permeate the rest of teacher  
27  
28 profile. This approach mainly impacts the type of strategies used, highlighting particular  
29  
30 representations of the discipline. It is worth noting that although teaching profiles of Chem3  
31  
32 and Bi3 are similar, it is observed that the chemistry teacher profile is more robust in terms  
33  
34 of the types of knowledge that comprise it.  
35  
36

37  
38  
39 In figure 5 the relations among the most frequent components that are present in the pPCK  
40  
41 of Bi3 are shown. We can notice that there are complex relations, for example ATSc-  
42  
43 Ad/ATSc-Cc/KSU-4, but at the same time ATSc-Ad is related with KSU-4 through KASc-  
44  
45 2, KIS-2 and KScC-1. So, two components can be related through one or more different  
46  
47 subcomponents. What we can see is that they combined two approaches, hands-on and  
48  
49 conceptual change, with what they believe students should learn. At the same time, relations  
50  
51 among assessment and teaching strategies on sustainability appear. Likewise, the ATSc-Ad  
52  
53 is related to ATSc-CC and hence there is a bifurcation where the assessment strategies  
54  
55 (KASc-2) and the interests of the students (KScC-1) are taken into account, and these two,  
56  
57  
58

at the same time, are related to KSU-4. We consider that these relations are much more complex than those present in Chem3, and this occurs because sustainability is a frequent content in biology curricula and programs, so they have developed a more complex teaching thinking. We can say that the strategies used are more diverse than those used by chemistry teachers.

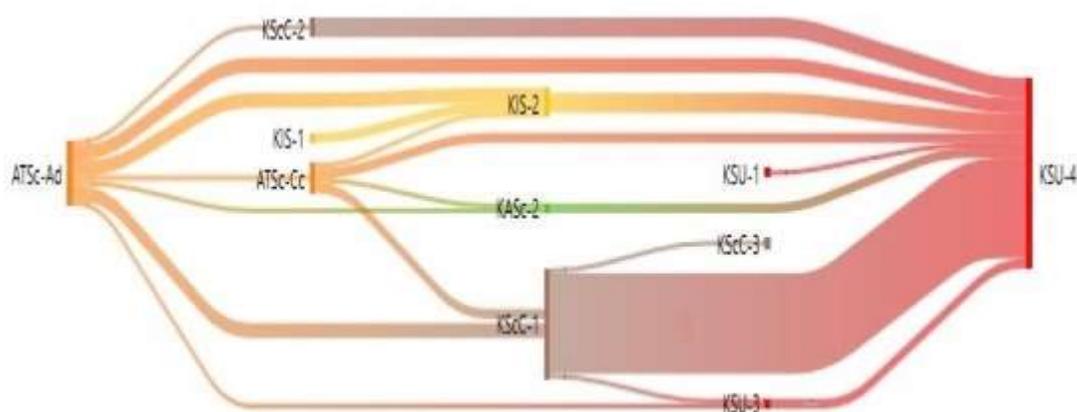
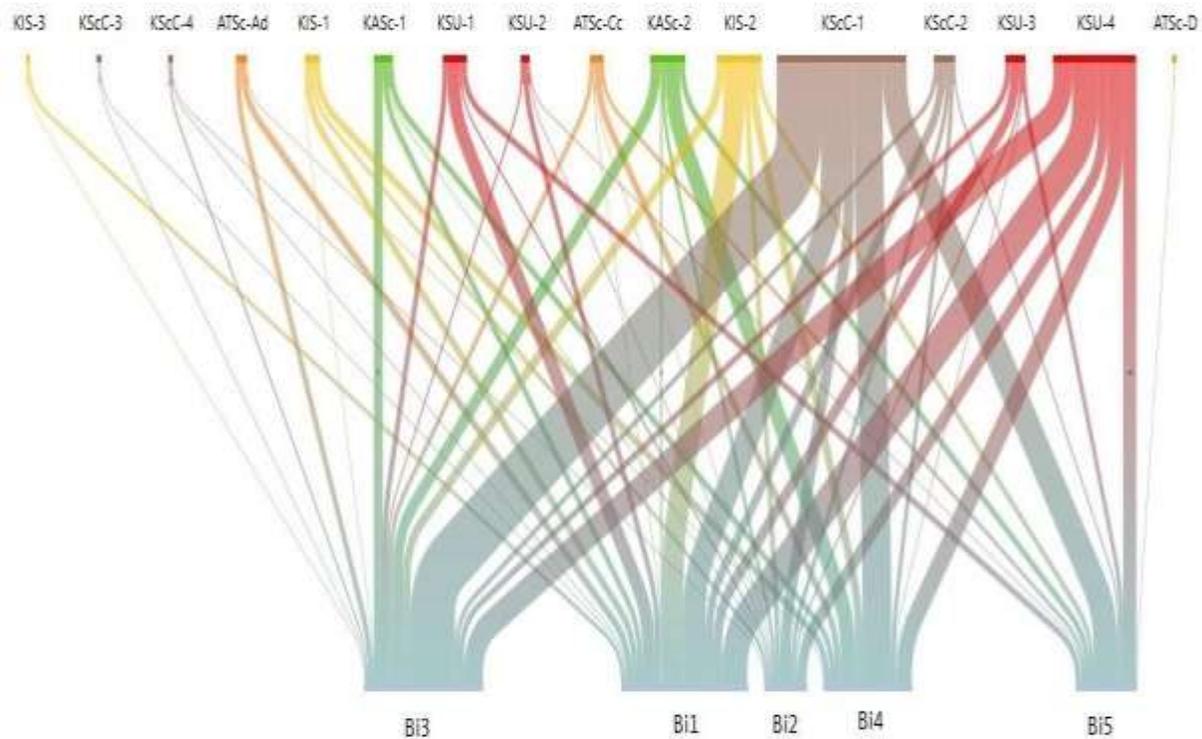


Figure 5. Sankey diagrams of Bi3 where inter-relations among sub-components are shown. Notice that this is more complex than the one of Chem3.

*Variation of PCK components used by all biology teachers: cPCK*

The comparative analysis of answers given by biology teachers is shown in figure 6 as a Sankey diagram where all biology teaching profiles show the use of similar components but with different frequency. The components that allow us to build their teaching profile are ATSc-Cc, KScC-1, KSU-4, KASc-2 and KIS-2. It is also possible to observe that the most robust teaching profiles are Bi1 and Bi3, with Bi3 having more variety of knowledge than Bi1. Another relevant aspect is that approaches used by teachers have little influence over other knowledges, but KScC, KSU and KIS do. This means that the knowledge that the

1  
2  
3  
4 teacher possesses about the curriculum and about the students, in addition to the instructional  
5  
6 strategies, predominantly in the case of Bi1 teacher, define teachers' profiles. According to  
7  
8 the analysis, the teacher with the least robust profile is Bi2, although it has at least eleven  
9  
10 components used, the flow lines are thinner than for other teachers.  
11  
12



13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
Figure 6. Sankey diagram of variation of PCK components used by biology teachers, what we call collective PCK for biology teachers.

In approaches towards the teaching of science, conceptual change (ATSc-Cc, 3%) as well as activity-driven (ATSc-Ad, 3%) are the most frequent subcomponents. In the first one, we find ideas such as encourage students to be critical, show an active role, reflect, pose personal questions, give their points of view, participate in local environmental problems, act with creativity and motivation, develop projects in their immediate environment, and promote changes in sustainable habits. An example: *That students were able to reflect on the impact their actions have on daily life* (Bi5).

1  
2  
3  
4 Following with analysis, activity-driven teaching approaches (ATSc-Ad, 3%) show the same  
5  
6 percentage as conceptual change (ATSc-Cc). For example, teachers mentioned *that students*  
7  
8 *participate in practical activities used for verification or discovery*, an example of a  
9  
10 paragraph given by one of the teachers is: *[students can] calculate their ecological footprint,*  
11  
12 *see their impact and learn about actions they can take to reduce their ecological footprint*  
13  
14 (Bi1).  
15  
16

17  
18  
19 In relation to knowledge of the scientific curriculum (KScC-1), it got 30%. This is the highest  
20  
21 frequency for the components and is related to teachers' knowledge about goals and  
22  
23 objectives of the course. Some examples are *I want students to understand the importance of*  
24  
25 *contributing to sustainable development for their current and future lives, that they feel part*  
26  
27 *of this process and that they are not alien to sustainable development (Bi1); I consider it to*  
28  
29 *be one of the most relevant topics in my course, I dedicate more time to the planning of*  
30  
31 *activities, and I do not skimp on class time for reflection (Bi5).*  
32  
33

34  
35  
36 Continuing with components analysis, beliefs about what students know and do not know, or  
37  
38 what they should learn (KSU-4) got a 19%, some examples of what teachers said are *At least*  
39  
40 *in my teaching practice, with each concept I intend to configure a "new vision" regarding*  
41  
42 *individual commitment to the impact on the environment and how this is crucial for a less*  
43  
44 *harsh future for future generations (Bi5).* Other ideas mentioned in this component are: i)  
45  
46 That students integrate into their lives the respect and commitment to care for nature; ii) to  
47  
48 recognize the importance of sustainability, and that biodiversity is essential to achieve  
49  
50 sustainable development and improve the quality of life; iii) That they are aware of the  
51  
52 consequences of their actions; iv) that Mexico's natural ecosystems provide many services  
53  
54 crucial to the country's development, including rainwater harvesting, pollination, and climate  
55  
56  
57  
58  
59

1  
2  
3  
4 regulation; v) that natural resources and ecosystems must be managed sustainably in part to  
5  
6 meet the needs of populations.  
7

8  
9 In relation to assessment, the most mentioned component was knowledge of evaluation  
10 strategies and methods (KASc-2, 8%), where they mentioned that students must be able to  
11 pose and solve case studies, group discussions, brainstorming, project development, directed  
12 investigations, concept mapping, presentations, tests, and problem solving. For example,  
13  
14 teacher Bi1 said: *Their ability to offer explanations for certain phenomena considering their*  
15 *articulation of concepts in their arguments, clarity. Their ability to offer examples.*  
16  
17  
18

19  
20  
21  
22 Finally, the last knowledge is about specific strategies for a topic (KIS-2, 10%) knowledge  
23 of specific strategies for a topic, where it was identified that teachers used many kinds of  
24 teaching strategies like representations, case studies, videos, and group discussions (Bi4).  
25  
26 Other strategies mentioned are analogies, examples, classification games, project  
27 development, use of real-life examples, analysis of images and articles, investigations,  
28  
29 analysis of successful cases of sustainable development, drawing of diagrams, calculation of  
30 ecological footprint and exhibitions.  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38

### 39 40 41 **Discussion**

42  
43 In this research, it was possible to obtain the personal teaching profiles of each teacher of  
44 chemistry and biology in relation to teaching the subject of sustainability, but it was also  
45 possible to obtain the collective teaching profiles, which, depending on the subject, are a  
46 reflection of teachers' thinking. In both subjects, Chemistry and Biology, it was found that  
47 the most robust knowledge that permeates other types of knowledge is the teachers'  
48 knowledge and beliefs about the objectives and goals of the course, as well as their  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58 knowledge about the curriculum (KScC). One way or another, this knowledge is what we  
59  
60 can say defines the rest of the knowledge in all cases, regardless of the discipline, which is

1  
2  
3  
4 noteworthy since teachers are more influenced by their personal beliefs about sustainability,  
5  
6 because in Spanish sustainable development and sustainability are not synonymous; the first  
7  
8 one is more related to economy, and the second is related to environmental preservation.  
9

10 In this work it has been possible to characterize the PCK related to sustainability of high  
11  
12 school teachers from different areas of knowledge (chemistry and biology) in Mexico City.  
13

14 The most frequent components and subcomponents of PCK identified are: KScC-1, KSU-4,  
15  
16 KIS2, ATSc-Cc and KASc-2 for both groups of teachers studied. In addition, the research  
17  
18 made it possible to link the teaching of sustainability to the curricula of chemistry and biology  
19  
20 through the central topics analyzed and, such knowledge can help to integrate sustainability  
21  
22 into the curriculum of high school institutions. However, even when teachers are clear about  
23  
24 the importance of the subject, this importance is not observed because the approach proposed  
25  
26 by education for sustainability does not permeate their teaching practices.  
27  
28  
29  
30  
31

32 For the chemistry teachers, it was possible to characterize the subcomponents of the PCK  
33  
34 they used when sustainability is taught, which means a shift from the conceptual change  
35  
36 approach to the teaching of science (ATSc-Cc), as teachers accept sustainability as part of  
37  
38 their scientific culture. This allowed us to obtain a teaching context in which students develop  
39  
40 changes in habits and attitudes, and which allowed teachers to give perspectives on  
41  
42 environmental problems and reflect on possible solutions, and to develop critical students for  
43  
44 decision-making. The most prominent component of PCK was the subcomponent curricular  
45  
46 knowledge (KScC-1). Therefore, it reflects that, in most of the topics taught by teachers, their  
47  
48 ideas prevail over the contents and teaching objectives that are important for sustainability  
49  
50 and sustainable development, caring for the environment, resources natural and clean energy  
51  
52 sources.  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3  
4 The component that permeates the most is that of teaching beliefs about what students should  
5  
6 know and how they should learn it. However, they also emphasize aspects that are important  
7  
8 in relation to what they consider important: that students recognize the importance of  
9  
10 sustainability, feel part of the world, the environment and biodiversity; being aware of the  
11  
12 consequences of their actions and attitudes, and that they incorporate them into their lives, as  
13  
14 well as respect and commitment to the care of nature, etc. Regarding the evaluation  
15  
16 knowledge, there is a predominant subcomponent that refers to the type of strategies that are  
17  
18 used for that purpose (KIS-2), some of which are: coherent explanation, argumentation,  
19  
20 ability to offer examples, management of cases with worksheets, group discussions, written  
21  
22 research, presentation, and review of the project. Likewise, they usually represent a  
23  
24 subcomponent that refers to specific strategies and representations used by teachers, such as:  
25  
26 case studies, project development, use of real-life examples, analysis of images, articles and  
27  
28 videos, research, and exhibitions in addition to the ability to offer examples, case sheets,  
29  
30 group discussions, written research, project presentations, and tests.  
31  
32  
33

34  
35  
36 To provide an answer to the research questions, we consider that the teaching profiles show  
37  
38 a great variety, both of approaches and teaching strategies as well as the way teachers  
39  
40 understand sustainability. Another important aspect is that the profiles of chemistry teachers  
41  
42 are different from those of biology teachers. There is a greater complexity in the biology  
43  
44 teachers because sustainability is more frequently found in the biology curriculum than in  
45  
46 the chemistry one. In the first, it is associated with contents such as ecology, biodiversity,  
47  
48 natural resources, which are a core part of the discipline. In chemistry, sustainability is  
49  
50 associated with environmental pollution and climate change, both of which are considered  
51  
52 more applications of knowledge. We also find that the forms of teaching are closely related  
53  
54 to what is reported in the literature. That is, teachers use various types of approaches and  
55  
56  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3  
4 strategies where critical thinking is promoted. A change in habits and attitudes that can  
5  
6 impact on the daily lives of students, and on decision making is sought.  
7

8  
9  
10 Considering that there are very few studies about teachers' PCK and sustainability, and there  
11  
12 is nothing about high school teachers (Birdsall, 2015; Nousheen et al. 2022), we think that  
13  
14 this research provides a view of what chemistry and biology teachers do and understand by  
15  
16 sustainability and what they do to make this idea comprehensible for students. Another  
17  
18 important issue is that sustainability is teaching and interpreted as fragmented subject that  
19  
20 will depends on what content is taught and from what discipline (chemistry or biology). As  
21  
22 a consequence, they will have different PCK.  
23  
24

## 25 26 27 28 29 30 **Conclusions**

31  
32 With this study, it was possible to explore teaching practices around the teaching of  
33  
34 sustainability in particular subjects with different goals, contexts and institutional realities,  
35  
36 their pedagogical practices, as well as the most used representations of sustainability and its  
37  
38 central topics. This reflection will contribute to the creation of new pedagogical proposals  
39  
40 for the teaching of sustainability.  
41  
42

43  
44 Finally, it is necessary to formulate new and better teaching models, which focus not only on  
45  
46 what teachers believe is important to teach, but also on fostering reflection on environmental  
47  
48 and social problems and the impact of the changes that the planet suffers. The idea should be  
49  
50 to have more and more citizens concerned about the planet and the consequences that the  
51  
52 lack of awareness about sustainability implies. In this sense, we recommend that teacher  
53  
54 training courses be designed with approaches that promote the teaching of sustainability from  
55  
56 transversality in a simple and practical way.  
57  
58  
59  
60

## References

Author (2011)

Author (2012)

Abell SK (2008) Twenty years later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405–1416.

<https://doi.org/10.1080/09500690802187041>

ATLAS.ti Scientific software development GmbH [Atlas.ti 22 Mac]. 2022. Get it from

<https://atlasti.com>

Aznar-Minguet P, Ull-Solís MA (2019) Educación y sostenibilidad en la Universidad de Valencia: construyendo el futuro desde el pasado [Education and Sustainability at the University of Valencia: building the future from the past]. *Revista de educación Ambiental y Sostenibilidad (Journal of environmental and sustainability education)*, 1(1), 1202, p.1–16.

[https://doi.org/10.25267/rev\\_educ\\_ambient\\_sostenibilidad.2019.v1.i1.1202](https://doi.org/10.25267/rev_educ_ambient_sostenibilidad.2019.v1.i1.1202)

Birdsall S (2015). Analysing teachers' translation of sustainability using a PCK framework,

*Environmental education Research*, 21:5, 753-776, DOI:

10.1080/13504622.2014.933776

Bybee RW (1991) Planet earth in crisis: How should science educators respond?. *The*

*American Biology Teacher*, 53(3), 146–153. <https://doi.org/10.2307/4449248>

Carlson J, Daehler K (2019) The refined consensus model of pedagogical content knowledge

in science education. In Hume A, Cooper R, Borowski A (eds.). *Repositioning*

*Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp.

77-92) Springer Nature Singapore, [https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2)

- 1  
2  
3  
4 Common Worlds Research Collective. (2020) *Learning to become with the world: Education*  
5  
6 *for future survival*. UNESCO: Futures of Education Report [background paper].  
7  
8 Retrieved from <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374032>  
9
- 10  
11 García AR, Aguado AM (2011) Naturaleza de la ciencia y construcción del conocimiento  
12 científico [Nature of science and the building of scientific knowledge]. In Cañal, P.  
13 (Ed.), *Biología y Geología. Complementos de formación disciplinar*. (pp. 9–26).  
14  
15 Barcelona: Graó.  
16  
17  
18
- 19  
20 Garritz A (2007) Análisis del conocimiento pedagógico del curso “Ciencia y Sociedad” a  
21 nivel universitario. [Pedagogical content knowledge’s analysis of “science and  
22 society” course at university level]. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación*  
23 *de las ciencias.*, 4(2), 226–246.  
24  
25 [https://doi.org/10.25267/rev\\_eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2007.v4.i2.02](https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2007.v4.i2.02)  
26  
27  
28
- 29  
30  
31  
32  
33 Gess-Newsome J, Taylor JA, Carlson J, et al. (2017) Teacher pedagogical content  
34 knowledge, practice, and student achievement. *International Journal of Science*  
35 *Education*, 41(7), 944–963. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1265158>  
36  
37  
38
- 39  
40  
41 Loughran, J, Mulhall P, Berry A (2004) In search of pedagogical content knowledge in  
42 science: Developing ways of articulating and documenting professional practice.  
43 *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370-391.  
44  
45  
46
- 47  
48 Loughran J, Mulhall P, Berry A (2008) Exploring Pedagogical Content Knowledge in  
49 Science Teacher Education. *International Journal of Science Education*, 30(10),  
50  
51 1301–1320. <https://doi.org/10.1080/09500690802187009>  
52  
53  
54
- 55  
56  
57  
58  
59  
60 Magnusson SJ, Krajcik JS, Borko H (1999) Nature, Sources, and Development of  
Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In J. Gess-Newsome & N.  
Lederman (eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 95-132). The

1  
2  
3  
4 Netherlands: Science & Technology Education Library, Kluwer Academic  
5  
6 Publishers.  
7

8  
9 Murga-Menoyo MN (2015) Competencias para el desarrollo sostenible: las capacidades,  
10 actitudes y valores meta de la educación en el marco de la Agenda global post-2015  
11 [Competences for sustainable development: the skills, attitudes and target values of  
12 education in the framework of the post-2015 Global Agenda]. *Forum Educación*,  
13  
14 [Competences for sustainable development: the skills, attitudes and target values of  
15 education in the framework of the post-2015 Global Agenda]. *Forum Educación*,  
16  
17 13(19), 55–83. <https://doi.org/10.14516/fde.2015.013.019.004>  
18  
19

20  
21 Nousheen A, Abid Zia M, Waseem M (2022) Exploring pre-service teachers' self-efficacy,  
22 content knowledge, and pedagogical knowledge concerning education for  
23 sustainable development. *Environmental Education Research*, DOI:  
24  
25 10.1080/13504622.2022.2128055  
26  
27  
28  
29

30  
31 Parga-Lozano DL, Mora-Penagos WM (2008) El conocimiento didáctico del contenido en  
32 química: integración de las tramas de contenido histórico–epistemológicas con las  
33  
34 tramas de contexto–aprendizaje [The Pedagogical content knowledge in chemistry:  
35 integration of historical-epistemological content plots with context-learning plots].  
36  
37 *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, (24). <https://doi.org/10.17227/ted.num24-1083>  
38  
39  
40  
41

42  
43 Reyes GR, Quispe LA (2018) La perspectiva ambiental en el nivel educativo medio superior  
44 en México.[The environmental perspective in the upper middle education level in  
45 Mexico]. In Vázquez GO, Carillo HM (Ed.), *Desarrollo Sostenible: Educación*  
46  
47 *ambiental, experiencias prácticas y evaluación de las políticas públicas* (pp. 113–  
48  
49 136). Puebla México: Montiel & Soriano Editores S. A. de C. V.  
50  
51  
52

53  
54 Shulman L (1987) Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard*  
55  
56 *Educational Review*, 57(1), 1–23.  
57  
58  
59 <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>  
60

1  
2  
3  
4 UNESCO World Conference on Education for Sustainable Development. (2012). *Journal of*  
5  
6 *Education for Sustainable Development*, 6(2), 291–292.  
7  
8 <https://doi.org/10.1177/0973408212475262>  
9

10  
11 UNESCO, Scientific and Cultural Organization (2009). Bonn Declaration. In UNESCO  
12  
13 World Conference on Education for Sustainable Development (pp. 1–6). Bonn:  
14  
15 UNESCO.  
16

17  
18  
19 van Driel JH, Verloop N, de Vos W (1998) Developing science teachers' pedagogical content  
20  
21 knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673–695.  
22  
23 [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199808\)35:6%3C673::AID-](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199808)35:6%3C673::AID-)  
24  
25 [TEA5%3E3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199808)35:6%3C673::AID-TEA5%3E3.0.CO;2-J)  
26

27  
28  
29 van Driel JH, Jong OD, Verloop N (2002) The development of preservice chemistry teachers'  
30  
31 pedagogical content knowledge. *Science Education*, 86(4), 572–590.  
32  
33 <https://doi.org/10.1002/sce.10010>

34  
35  
36 Vilches A, Gil-Pérez D (2013) Ciencia de la sostenibilidad: Un nuevo campo de  
37  
38 conocimientos al que la química y la educación química están contribuyendo  
39  
40 [Sustainability Science: A New Field of Knowledge to which Chemistry and  
41  
42 Chemistry Education Are Contributing]. *Educación Química*, 24(2), 199–206.  
43  
44 [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(13\)72463-7](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(13)72463-7)  
45

46  
47  
48 Wiek A, Withycombe L, Redman CL (2011) Key competencies in sustainability: a reference  
49  
50 framework for academic program development. *Sustainability Science*, 6(2), 203–  
51  
52 218. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6>  
53

54  
55 WWF (2005) *Learning for sustainability – Planning a classroom topic on communities and*  
56  
57 *sustainability*. WWF-UK: Godalming.  
58  
59  
60

**ANEXO A.**  
**GUIONES DE ENTREVISTAS SEMIESTRUCTURADAS**

**I. Guion de entrevista docente Bi2**

1. Usted comenta en su CORE que le da importancia a la sostenibilidad y expone que principalmente le da en el tema de servicios eco sistémicos, podría aplicarnos con mayor detalle *¿Qué quiere que los estudiantes aprendan en torno a esta idea?*
2. Dentro de la estructura curricular de las asignaturas de biología que impartes, *¿existen estos temas o es una iniciativa personal para abordarlos?*
3. Dentro de este tema también menciona el impacto de las acciones humanas al respecto, *¿por qué usted cree importante esta relación y cómo lo podríamos asociar con la enseñanza de la sostenibilidad?*
4. *¿Qué constructo empleas?*, ósea porque vemos que en la comunidad docente de bachillerato hay diferentes términos, ¿no? algunos utilizan sostenibilidad, otros desarrollo sustentable o sustentabilidad *¿Qué constructo es el que tú empleas?*
5. Ahora, *¿respecto a las dificultades o limitaciones que has notado en los estudiantes para abordar estos temas? ¿Has notado alguna?*
6. Respecto a esta interacción de disciplinas *¿has implementado algún proyecto o alguna actividad en donde compartas con otros profesores de otras áreas, esta línea de interdisciplinaria para enseñar?*
7. Respecto a las estrategias que mencionaste *¿qué instrumentos has utilizado para evaluarlas?*, entonces entiendo qué en esta parte está el área de rúbricas, ¿no? *¿utilizas otro instrumento para evaluar?*
8. En ese sentido, *¿tú creaste esos materiales didácticos, por ejemplo, esta guía que tú utilizas, tú la diseñaste?*
9. *¿Has identificado alguna concepción alternativa que sea como muy recurrente en tus estudiantes al abordar estos temas?*
10. *¿Qué habilidades consideras que deben poseer los profesores, digamos, de tu ámbito de la biología es la institución para poder desarrollar estos temas o contenidos?*
11. Y ahora, respecto a principios y valores que tú consideras que promueves en tus clases asociados a esta temática, *¿cuáles serían esos principios y valores?*

12. *¿Qué herramientas tecnológicas has empleado, sobre todo en este contexto de pandemia, que hemos tenido que fortalecer estas nuevas dinámicas virtuales?*

## **II. Guion de entrevista Bi4**

1. Usted comenta en el CORE en relación a la importancia de la sostenibilidad aborda el tema de servicios eco sistémicos, *¿podría explicarnos con más detalle que quiere que los estudiantes aprendan en torno a esta idea y cómo se relaciona con la sostenibilidad?*
2. En este contexto de equilibrio ecológico también que exploramos sus ideas en el CORE. Usted comenta también que tiene un impacto, sobre todo en relación con las actividades humanas y que es algo que usted señala mucho en el momento que enseña ese contenido. *¿Nos podría decir cómo relación a ese contenido con la sostenibilidad y por qué es importante para usted señalarlo?*
3. *¿Qué concepto, empleo, qué enfoque de sostenibilidad, porque sabemos que de repente variaciones en cuanto a los términos o los enfoques teóricos?*
4. Respecto a los contenidos que se mencionan en el CORE, nos podría por favor explicarme un poquito más o con mayor detalle *¿qué más sabe usted sobre estos contenidos?* Por ejemplo, recursos naturales, biodiversidad, ecosistema y medio ambiente, *¿algo relevante o algo extra que usted sepa que quizás no se los enseña a sus estudiantes? ¿Pero que le ayude este conocimiento a su desempeño en práctica docente?*
5. *¿Ha notado alguna dificultad o limitación que se presenten los estudiantes al aprender estos temas?*
6. Relacionan con el pensamiento de los estudiantes, *¿usted qué cree que sea lo que influye en su aprendizaje? Ósea, ¿los nota e interesados motivados o son temas que quizás no influyen en el pensamiento del estudiante?*
7. Respecto *¿algunas concepciones alternativas que haya identificado en sus estudiantes? ¿habría alguna que le llame la atención o que sea como más recurrente?*
8. En el sentido de los profesores, *¿qué habilidades piensa que deben tener los profesores de su institución, que es el Colegio de Ciencias y Humanidades para poder abordar estos temas de la enseñanza de la sostenibilidad y los tópicos asociados?*
9. Respecto a algunos valores que usted promueve en su clase respecto a este tema, *¿hay algunos?*

10. Ahora que menciona las estrategias, *¿qué estrategias son las que más utiliza para enseñar estos temas?*
11. Respecto a las herramientas tecnológicas, sobre todo ahora que estamos en tiempos de COVID que hemos tenido que fortalecer la enseñanza virtual, *¿qué herramientas ha empleado profesora? y ¿qué le han funcionado?, comenta genially en esta exposición ¿qué otras herramientas o plataformas ha utilizado?*
12. Por mi parte son todas las preguntas de la entrevista, *¿quiere agregar algún comentario más?*

### III. Guion de entrevista Bi5

1. *¿Cómo piensas la conexión de la sostenibilidad con estos tópicos para biología el equilibrio ecológico, los recursos naturales, biodiversidad, ecosistema y medio ambiente?*
2. Yo hice una revisión de los contenidos de los programas y veo que incluso también, como bien comentas, *¿hay un objetivo para la biodiversidad en México?, ¿no?*
3. Ahora también de las preguntas del CORE, yo veía que hacías cómo, *¿cómo que tenías una visión crítica hacia el constructo de medio ambiente? ¿cuáles crees que sean las razones para que los jóvenes aprendan este concepto?*
4. Ahora bien, *¿has notado alguna dificultad o limitación para enseñar estos temas?*
5. Respecto a las estrategias de enseñanza que utilizase, mencionaste algunas que tenían que ver con estos temas, pero *¿nos podrías este mencionar otras que utilices para para impartir estos temas?*
6. *¿En cuanto a los instrumentos de evaluación que utilizas, qué es lo que más empleas?*
7. También te quería preguntar, *¿tú comentas que utilizas el concepto de desarrollo sustentable? ¿Me podrías dar como un término general de este concepto?*
8. *¿has notado algunas concepciones alternativas respecto a este tema de desarrollo sustentable por parte de los estudiantes?*
9. Ahora, *¿qué habilidades crees que deben desarrollar los profesores para poder enseñar estos conceptos?*
10. Y respecto a los valores que promueven las clases, *¿cuáles serían como los principales valores?*
11. También te quería preguntar *¿qué herramientas tecnológicas has empleado ahora en esta época virtual?*

#### Guion de entrevista Qu4

1. Usted comenta que su programa de química 1 y de química 2 del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM, tiene un enfoque hacia abordar algunos temas: agua, aire, suelo, pero se abordan desde la mirada de la química, desde una perspectiva disciplinar, pero no se trata la parte ambiental y sostenibilidad. Entonces la pregunta es, *¿por qué no? ¿Por qué cree usted que no se aborda desde ese enfoque y qué otros temas? ¿Desde su programa piensa que se pueden abordar desde la sostenibilidad?*
2. *¿Si hubiera el interés de la institución y de los profesores de integrar estos temas, que temas crees que vendrían bien para la asignatura de química del Colegio de Ciencias y Humanidades? Algunos temas enfocados a la sostenibilidad.*
3. También comenta con base en tu CORE que, pues muchas veces *¿por falta de tiempo no se ven estos temas o por la situación de que hay otros temas fundamentales dentro de la estructura, no del de la química?*
4. Mencionas en tu documento en el CORE que algunos temas que se pueden asociar al ambiente o a la sostenibilidad tienen que ver con el consumismo, con la energía, con esta parte, que se asocia de alguna forma con algunos de los temas primordialmente mencionas las repercusiones de las actividades humanas *¿cómo es que abordar estos temas en tus clases?*
5. Entonces bajo esta experiencia y el contexto, *¿identificas alguna dificultad?*
6. *¿Otra dificultad que asocies, pero a los estudiantes?, o sea ¿que se les presente a los estudiantes para percibir estos contenidos o para trabajarlos?*
7. Algunos de los temas relacionados con la sostenibilidad, los abordas haciendo alusión con algunos ejemplos de la historia de la humanidad como que se han presentado algunas catástrofes, problemáticas sobresalientes, comentabas que abordabas Fukushima, o algunas cuestiones de la vida real, la pregunta es *¿por qué empleas ese tipo de estrategias?, digamos para explicar estas temáticas y ¿qué otras estrategias empleas en el aula para abordar estos temas?*
8. *¿Y cómo esperas que estos aprendizajes impacten en la vida de los estudiantes? ¿Los que llegan a abordar con este enfoque?*
9. *¿Has visto, por ejemplo, algunas estrategias a nivel institucional, o sea, proyectos que tengan que ver con estos temas ambientales o sostenibilidad?*

10. ¿Crees que deberían entender esta alguna capacitación profesional? Ya lo mencionaste, no hay en la institución como tal, estas capacitaciones y bueno, no sé también en el sentido de los valores o la ética, con esta visión que mencionas más global de contexto, ¿Si crees pertinente que se puedan abordar estos temas?

#### **Guion de entrevista Qu5**

1. *¿Qué concepto empleas relacionados con la sostenibilidad en tus clases?*
2. *¿Qué estrategias empleas para enseñar los temas relacionados con la sostenibilidad?*
3. *¿Qué temas de química se pueden relacionar con la enseñanza de la sostenibilidad?*
4. *¿Qué más sabes sobre la sostenibilidad, que no le enseñes a tus estudiantes?*
5. *¿Has notado alguna dificultad o limitación para enseñar estos temas?*
6. *¿Qué formas de evaluación utilizas en actividades y estrategias?*
7. *¿Qué herramientas tecnologías has utilizado para enseñar estos temas?*

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abell, S. K. (2008). Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405–1416. <https://doi.org/10.1080/09500690802187041>
- Alba Hidalgo, D. (2017). Hacia una fundamentación de la sostenibilidad en la educación superior. *Revista Iberoamericana de Educación*, 73, 15–34. <https://doi.org/10.35362/rie730197>
- Alcalá-del-Olmo, M. J. (2020). El Desarrollo Sostenible como Reto Pedagógico de la Universidad del Siglo XXI. *Anduli*, 19, 59–80. <https://doi.org/10.12795/anduli.2020.i19.03>
- Alcántara, A., & Fidel Zorrilla, J. (1969). Globalización y educación media superior en México. En busca de la pertinencia curricular. *Perfiles Educativos*, 32(127). <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2010.127.18878>
- Alvarado, C., Cañada, F. C., Garritz, A., & Jiménez, V. M. (2015). Canonical pedagogical content knowledge by CoRes for teaching acid–base chemistry at high school. *Chemistry Education. Research and Practice*, 16(3), 603–618. <https://doi.org/10.1039/c4rp00125g>
- Alvarado-Zamorano, Clara; Garritz, Andoni; Guerra-Santos, Guianeya Valentina; Sosa, Ana María; Teresa, Carmen de. «Enseñanza y aprendizaje de ácidos y bases en contexto: acidificación de los océanos». *Educació química*, 2011, Núm. 10, p. 4-10, <https://raco.cat/index.php/EduQ/article/view/254344>
- Asale, R.. (2023). *sostenible / Diccionario de la lengua española*. «Diccionario De La Lengua Española» - Edición Del Tricentenario. Retrieved April 20, 2023, from <https://dle.rae.es/sostenible>
- Avendaño, M. N. V., & Febres Cordero-Briceño, M. E. (2019). Environmental Education and Education for Sustainability: history, fundamentals and/Educación Ambiental y Educación para la Sostenibilidad: historia, fundamentos y tendencias. *REVISTA ENCUENTROS*, 17(02). <https://doi.org/10.15665/encuent.v17i02.661>
- Ávila, P. a. O. (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad. *Tabula Rasa*, 28, 409–423. <https://doi.org/10.25058/20112742.n28.18>
- Aznar Minguet, P., Ull, M. A., Piñero, A., & Martínez-Agut, M. P. (2013). La sostenibilidad en la formación universitaria: desafíos y oportunidades. *Educación XXI*, 17(1). <https://doi.org/10.5944/educxx1.17.1.10708>
- Blanco, G. S., & Pérez, M. V. V. (2006). Diseño de unidades didácticas en el área de Ciencias Experimentales. *Enseñanza De Las Ciencias*, 11(1), 33–44. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.454>
- *Beyond Benign*. (s. f.). <https://www.beyondbenign.org/>

- Birdsall, S. (2014). Analysing teachers' translation of sustainability using a PCK framework. *Environmental Education Research*, 21(5), 753–776. <https://doi.org/10.1080/13504622.2014.933776>
- Birdsall, S. (2015). The pedagogical realisation of education for sustainability. *Environmental Education Research*, 22(3), 432–433. <https://doi.org/10.1080/13504622.2015.1018140>
- Bogotch, I. (2017). A new world order? Finding a local place for educational leadership. *Journal of Educational Administration and History*, 49(3), 231–246. <https://doi.org/10.1080/00220620.2017.1315379>
- Brundtland, G. H. (1987). Our Common Future—Call for Action. *Environmental Conservation*, 14(4), 291–294. <https://doi.org/10.1017/s0376892900016805>
- Bybee, R. W. (1991). Planet Earth in crisis: How should science educators respond? *American Biology Teacher*, 53(3), 146–153. <https://doi.org/10.2307/4449248>
- Calixto Flores, R. (2015). Educación ambiental para la sustentabilidad en la educación secundaria. *Actualidades Investigativas en Educación*, 15(3). <https://doi.org/10.15517/aie.v15i3.20929>
- Cárdenas-Naranjo, N. C. (2021). Transversalidad curricular de la educación ambiental desde la acción del docente de Educación Básica. *EPISTEME KOINONIA*, 4(7), 122. <https://doi.org/10.35381/e.k.v4i7.1178>
- Cardeñoso Domingo, J. M., Azcárate Goded, P., & Oliva Martínez, J. M. (2013). La inclusión de la sostenibilidad en la formación inicial del profesorado de Secundaria de Ciencias y Matemáticas. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 10(extra), 780–796. [https://doi.org/10.25267/rev\\_eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2013.v10.iextra.19](https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2013.v10.iextra.19)
- Carlson, J. y Daehler, K. (2019). *The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education* (A. Hume, R. Cooper, A. Borowski A., Ed.). [https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2)
- Casas, A., Torres, I., Delgado-Lemus, A., Rangel-Landa, S., Ilsley, C., Torres-Guevara, J., Cruz, A., Parra, F., Moreno-Calles, A. I., Camou, A., Castillo, A., Ayala-Orozco, B., Blancas, J. J., Vallejo, M., Solís, L., Bullen, A., Ortiz, T., & Farfán, B. (2017). Ciencia para la sustentabilidad: investigación, educación y procesos participativos. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 113–128. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.003>
- Cifuentes-Faura, J. (2021). Situación actual de la educación para la sostenibilidad en las universidades españolas. *Revista Internacional de Sostenibilidad*, 3(1), 1–18. <https://doi.org/10.18848/2642-2719/cgp/v03i01/1-18>
- Clark, W. (2011). Robert W. Kates' Reader: *Sustentabilidade em Debate*, 2(1). <https://doi.org/10.18472/sustdeb.v2n1.2011.3917>

- Clark, W. C., van Kerkhoff, L., Lebel, L., & Gallopin, G. C. (2016). Crafting Usable Knowledge for Sustainable Development. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2782651>
- Colegio de Ciencias y Humanidades. (2016a). *Programas de Estudio Área de Ciencias Experimentales (Biología III-IV)*. Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, CCH, UNAM.
- Colegio de Ciencias y Humanidades. (2016b). *Programas de Estudio Área de Ciencias Experimentales (Química I-II)*. Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, CCH, UNAM.
- Colegio de Ciencias y Humanidades. (2016c). *Programas de Estudio Área de Ciencias Experimentales (Química III-IV)*. Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, CCH, UNAM.
- *Colegio de Ciencias y Humanidades | Aprender a aprender, aprender a hacer y aprender a ser*. (2023). Retrieved December 6, 2023, from <https://www.cch.unam.mx>
- Collazo Expósito, L. M., & Geli De Ciurana, A. M. (2017). Avanzar en la educación para la sostenibilidad. Combinación de metodologías para trabajar el pensamiento crítico y autónomo, la reflexión y la capacidad de transformación del sistema. *Revista Iberoamericana de Educación*, 73, 131–154. <https://doi.org/10.35362/rie730295>
- Coral, J. S. (2016). Educando para qué y para quién. El cambio de paradigma que el desarrollo sostenible demanda a la educación superior. *Lan Harremanak*, 32, 18–36. <https://doi.org/10.1387/lan-harremanak.15389>
- Daza-Orozco, C. E. (2022, November 25). *Educación superior: sustentabilidad y prácticas innovadoras*. <http://revistapiensapinter.co/index.php/editorial/article/view/188>
- Daza Sepúlveda, S. (2009). Notas sobre la sustentabilidad y la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Educación Química*, 20, 252–259. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(18\)30060-0](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(18)30060-0)
- De Ecología Y Cambio Climático, I. N. (s. f.). *Infografías*. gob.mx. <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/infografias-178284>
- De La Iglesia, E. S. (2020). Bioética y educación ambiental como compromiso para la sostenibilidad. *Revista Iberoamericana De Bioética*, 13, 01–10. <https://doi.org/10.14422/rib.i13.y2020.005>
- Development, W. C. O. E. A. (1987). *Our Common Future*. Oxford ; New York : Oxford University Press.
- Díaz, C. V., & Cofré, H. (2014). Conocimiento Pedagógico del Contenido: ¿el paradigma perdido en la formación inicial y continua de profesores en Chile? *Estudios Pedagógicos*, 40(Especial), 323–338. <https://doi.org/10.4067/s0718-07052014000200019>
- *El Decenio de las Naciones Unidas para la EDS*. (2018, 3 septiembre). UNESCO. Recuperado 30 de junio de 2022, de <https://es.unesco.org/themes/educacion-desarrollo-sostenible/comprender-EDS/decenio-onu>

- Development, W. C. O. E. A. (1987). *Our Common Future*. Oxford ; New York : Oxford University Press.
- Educación para la sostenibilidad. (2006). *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 3(2), 300–303. [https://doi.org/10.25267/rev\\_eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2006.v3.i2.10](https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2006.v3.i2.10)
- *Educación para la sostenibilidad: un motor para el cambio global*. (s. f.). Green European Journal. <https://www.greeneuropeanjournal.eu/educacion-para-la-sostenibilidad-un-motor-para-el-cambio-global/>
- España, E., & Prieto, T. (2009). Educar para la sostenibilidad: el contexto de los problemas socio-científicos. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 6(3), 345–354. [https://doi.org/10.25267/rev\\_eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2009.v6.i3.03](https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2009.v6.i3.03)
- Espejel Rodríguez, A., & Flores Hernández, A. (2017). EXPERIENCIAS EXITOSAS DE EDUCACIÓN AMBIENTAL EN LOS JÓVENES DEL BACHILLERATO DE TLAXCALA, MÉXICO. *Luna Azul*, 44, 294–315. <https://doi.org/10.17151/luaz.2017.44.18>
- Flores, R. C. (2015). Educación ambiental para la sustentabilidad en la educación secundaria. *Actualidades Investigativas En Educación*, 15(3). <https://doi.org/10.15517/aie.v15i3.20929>
- Folke, C., Polasky, S., Rockström, J., Galaz, V., Westley, F., Lamont, M., Scheffer, M., Österblom, H., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Seto, K. C., Weber, E. U., Crona, B. I., Daily, G. C., Dasgupta, P., Gaffney, O., Gordon, L. J., Hoff, H., Levin, S. A., . . . Walker, B. H. (2021). Our future in the Anthropocene biosphere. *Ambio*, 50(4), 834–869. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01544-8>
- Folke, C., & Rockström, J. (2009). Turbulent times. *Global Environmental Change*, 19(1), 1–3. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.06.007>
- Francis Salazar, S. (2011). El conocimiento pedagógico del contenido como categoría de estudio de la formación docente. *Actualidades Investigativas en Educación*, 5(2). <https://doi.org/10.15517/aie.v5i2.9139>
- García Díaz, E., Fernández Arroyo, J., Rodríguez Marín, F., & Puig Gutiérrez, M. (2019). Más allá de la sostenibilidad: por una Educación Ambiental que incremente la resiliencia de la población ante el decrecimiento. *REVISTA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y SOSTENIBILIDAD*, 1(1), 1–15. [https://doi.org/10.25267/rev\\_educ\\_ambient\\_sostenibilidad.2019.v1.i1.1101](https://doi.org/10.25267/rev_educ_ambient_sostenibilidad.2019.v1.i1.1101)
- Galicia, M. L. M., Martínez, J., Reyes-Sánchez, L. B., Hernández, O. M., Razo, G. A. A., Valdivia, A. E. O., & Miranda, R. (2011). ¿Qué tan verde es un experimento? *Educación Química*, 22(3), 240-248. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(18\)30140-x](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(18)30140-x)
- Garritz, A. (2007). Análisis del conocimiento pedagógico del curso “Ciencia y Sociedad” a nivel universitario. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 4(2), 226–246. [https://doi.org/10.25267/rev\\_eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2007.v4.i2.02](https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2007.v4.i2.02)

- Garritz, A. (2013). PCK for dummies. *Educación Química*, 24, 462–465. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(13\)72512-6](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(13)72512-6)
- Gawlik-Kobylińska, M., Walkowiak, W., & Maciejewski, P. (2020). Improvement of a Sustainable World through the Application of Innovative Didactic Tools in Green Chemistry Teaching: A Review. *Journal of Chemical Education*, 97(4), 916–924. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b01038>
- Gess - Newsome, J. (1999). Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation. En J. Gess - Newsome & N. G. Lederman (Ed.), *Pedagogical content knowledge and science education: The construct and its implications for science education* (pp. 21–50). Dordrecht, Netherlands: Kluwer.
- Gess-Newsome, J., Cardenas, S., Austin, B., Carlson, J., Gardner, A., Stuhlsatz, M., Taylor J., & C. Wilson. (2011, abril). *Impact of educative material and transformative professional development on teachers PCK, practice, and student achievement*. USA. NARST, Orlando.
- Gess-Newsome, J., Taylor, J. A., Carlson, J., Gardner, A. L., Wilson, C. D., & Stuhlsatz, M. A. M. (2017). Teacher pedagogical content knowledge, practice, and student achievement. *International Journal of Science Education*, 41(7), 944–963. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1265158>
- *Guía didáctica EN-CLAVE 2030 para educadores y educadoras / Fundación Cepaim*. (2021, 25 enero). Fundación Cepaim. [http://cepaim.org/th\\_gallery/guia-didactica-en-clave-2030-para-educadores-y-educadoras/](http://cepaim.org/th_gallery/guia-didactica-en-clave-2030-para-educadores-y-educadoras/)
- Gil-Pérez, D., Vilches, A., Toscano, J. C., & Macías, Ó. (2006, 16 abril). *Década de la Educación para un Futuro sostenible (2005–2014): Un punto de inflexión necesario en la atención a la situación del planeta*. Década de la Educación para un Futuro sostenible (2005–2014): Un punto de inflexión necesario en la atención a la situación del planeta. Recuperado 1 de julio de 2022, de <https://rieoei.org/historico/documentos/rie40a06.htm>
- Gomes, K. R. F. P., Nascimento, S. M. D., Leite, E. F., & Alves, J. L. (2020). Sostenibilidad y Políticas Públicas: Tratamiento en Educación Ambiental Contemporánea. *Research, Society and Development*, 9(9), e707997880. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7880>
- González-Ugalde, C. (2014). Investigación fenomenográfica. *Magis. Revista Internacional de Investigación en Educación*, 7(14), 141. <https://doi.org/10.11144/javeriana.m7-14.infe>
- Hurney, C. A., Nash, C., Hartman, C. J. B., & Brantmeier, E. J. (2016). Incorporating sustainability content and pedagogy through faculty development. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 17(5), 582–600. <https://doi.org/10.1108/ijshe-12-2014-0180>
- *ICS/IED/UNESCO (2016). Informe Mundial sobre Ciencias Sociales 2016 – Afrontar el reto de las desigualdades y trazar vías hacia un mundo justo*. Ediciones UNESCO, París (Francia). ISBN 978-92-3-100164-2. (n.d.). <https://revistas.um.es/azarbe/article/download/275331/222721/1079581>

- INEE. (2015). *Panorama Educativo de México 2015. Indicadores del Sistema Educativo Nacional. Educación Básica y Media Superior. México*. INNE. Recuperado 2 de julio de 2022, de <https://www.inee.edu.mx/mapa2015/pdfestados/>
- INECC. (s. f.). <http://elcambioclimaticodefrente.inecc.gob.mx/>
- National Geographic España. (2016, 7 octubre). *BEFORE THE FLOOD - Trailer subtítulo* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=duYoh8c86c4>
- Instituto de Educación Media Superior. (2005). *Planes y Programas de Estudio* (IEMS, Ed.). Secretaria de Desarrollo Social, GDF.
- *IEMS - Instituto de Educación Media Superior de la Ciudad de México*. (2023). Retrieved December 6, 2023, from <http://www.iems.df.gob.mx/seccion-planteles>
- Isaac-Márquez, R. (2011, 1 noviembre). *Cultura ambiental en estudiantes de bachillerato. Estudio de caso de la educación ambiental en el nivel medio superior de Campeche* / *Revista Electrónica de Investigación Educativa*. *Revista Electrónica de Investigación Educativa (REDIE)*. Recuperado 3 de julio de 2022, de <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/285>
- *IPCC, 2014: Anexo II: Glosario* [Mach, K.J., S. Planton y C. von Stechow (eds.)]. En: *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]: Vol. IPCC, Ginebra, Suiza, págs. 127-141*. (2014). [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/03/AR5\\_SYR\\_Glossary](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/03/AR5_SYR_Glossary)
- Kates, R., Clark, W. C., & Al., E. (2001). Sustainability Science. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.257359>
- Kates, R. W. (2011). What kind of a science is sustainability science? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(49), 19449–19450. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116097108>
- Kates, R. W., Clark, W. C., Corell, R., Hall, J. M., Jaeger, C. C., Lowe, I., McCarthy, J. J., Schellnhuber, H. J., Bolin, B., Dickson, N. M., Faucheux, S., Gallopin, G. C., Grubler, A., Huntley, B., Jäger, J., Jodha, N. S., Kasperson, R. E., Mabogunje, A., Matson, P., . . . Svedin, U. (2001). Sustainability Science. *Science*, 292(5517), 641–642. <https://doi.org/10.1126/science.1059386>
- Komiyama, H., & Takeuchi, K. (2006). Sustainability science: building a new discipline. *Sustainability Science*, 1(1), 1–6. <https://doi.org/10.1007/s11625-006-0007-4>

- Lederman, N. G., & Gess-Newsome, J. (1992). Do subject matter knowledge, pedagogical knowledge, and pedagogical content knowledge constitute the ideal gas law of science teaching? *Journal of Science Teacher Education*, 3(1), 16–20. <https://doi.org/10.1007/bf02614732>
- Leff, E., & Elizalde, A. (2010). Sujeto, subjetividad, identidad y sustentabilidad. *Polis (Santiago)*, 9(27), 7–12. <https://doi.org/10.4067/s0718-65682010000300001>
- Levintova, E. M., & Mueller, D. W. (2015). Sustainability: Teaching an Interdisciplinary Threshold Concept through Traditional Lecture and Active Learning. *The Canadian Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 6(1). <https://doi.org/10.5206/cjsotl-rcacea.2015.1.3>
- López, A. R. (2015). Bermejo Gómez de Segura, Roberto: Del desarrollo sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis (2014). Editorial: Hegoa, Instituto de Estudios sobre Desarrollo y Cooperación Internacional. *Ecodiseño & Sostenibilidad*. <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/ecodiseno/article/download/8050/799>
- Lorenzo Quiles, O., & Zaragoza Loya, J. D. (2014a). Educación Media y Superior en México: análisis teórico de la realidad actual. *DEDiCA Revista de Educação e Humanidades (dreh)*, 6, 59–72. <https://doi.org/10.30827/dreh.v0i6.6961>
- Lorenzo Quiles, O., & Zaragoza Loya, J. D. (2014b). Educación Media y Superior en México: análisis teórico de la realidad actual. *DEDiCA Revista de Educação e Humanidades (dreh)*, 6, 59–72. <https://doi.org/10.30827/dreh.v0i6.6961>
- Lorenzo, M. G. (2017). Enseñar y aprender ciencias. Nuevos escenarios para la interacción entre docentes y estudiantes. *Educación Y Educadores*, 20(2), 249–263. <https://doi.org/10.5294/edu.2017.20.2.5>
- Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2008). Exploring Pedagogical Content Knowledge in Science Teacher Education. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1301–1320. <https://doi.org/10.1080/09500690802187009>
- Lozano, D. L. P., & Penagos, W. M. M. (2014). El PCK, un espacio de diversidad teórica: Conceptos y experiencias unificadoras en relación con la didáctica de los contenidos en química. *Educación Química*, 25(3), 332–342. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(14\)70549-x](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(14)70549-x)
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. En J. Gess-Newsome & N. Lederman (Ed.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 95–132). The Netherlands: Science & Technology Education Library, Kluwer Academic Publishers.
- Maldonado Salazar, TD. (2009). *Educación ambiental para la sustentabilidad*. Horizonte Sanitario, 8(2), 4-7. Redalyc.org. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457845132003>

- Mallén, I. R. (2009). *La educación para la sustentabilidad: análisis y perspectiva a partir de la experiencia de dos sistemas de bachillerato en comunidades rurales mexicanas*. Redalyc.org. Recuperado 3 de julio de 2022, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193414421006>
- Marouli, C. (2021). Sustainability Education for the Future? Challenges and Implications for Education and Pedagogy in the 21st Century. *Sustainability*, 13(5), 2901. <https://doi.org/10.3390/su13052901>
- Martínez-Fernández, Cynthia Nayeli, & González Gaudiano, Edgar Javier. (2015). Las políticas para la sustentabilidad de las Instituciones de Educación Superior en México: entre el debate y la acción. *Revista de la educación superior*, 44(174), 61-74. Recuperado en 06 de diciembre de 2023, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-27602015000200004&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-27602015000200004&lng=es&tlng=es)
- McGreavy, B., & Kates, R. (2012). Interview with Robert Kates, Pathfinder in Sustainability Science. *Maine Policy Review*, 21(1). <https://doi.org/10.53558/loqj6542>
- Medir Huerta, R. M., Heras Colás, R., & Magin Valentí, C. (2015). Una propuesta evaluativa para actividades de educación ambiental para la sostenibilidad. *Educación XXI*, 19(1). <https://doi.org/10.5944/educxx1.15589>
- Meesuk, P., Wongrugsu, A., & Wangkaewhiran, T. (2021). Sustainable Teacher Professional Development Through Professional Learning Community: PLC. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 23(2), 30–44. <https://doi.org/10.2478/jtes-2021-0015>
- Méndez, E. R. E. R., Martínez, A. J. G., & Rosas, L. S. (2009). Estrategia de educación en desarrollo sustentable para el nivel medio superior tecnológico en México. *Revista Iberoamericana De Educación (Impresa)*, 48(2), 1–11. <https://doi.org/10.35362/rie4822234>
- Michalopoulou, E., Shallcross, D. E., Atkins, E., Tierney, A., Norman, N. C., Preist, C., O’Doherty, S., Saunders, R., Birkett, A., Willmore, C., & Ninos, I. (2019). The End of Simple Problems: Repositioning Chemistry in Higher Education and Society Using a Systems Thinking Approach and the United Nations’ Sustainable Development Goals as a Framework. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2825–2835. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00270>
- Moran, M. (2023, September 14). *Educación - desarrollo sostenible*. Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/education>
- Moriana, L. (2023, August 7). Desarrollo sostenible: definición y ejemplos. *ecologiaverde.com*. <https://www.ecologiaverde.com/desarrollo-sostenible-definicion-y-ejemplos-1106.html>
- Moore, J. W. (2008). Sustainability. *Journal of Chemical Education*, 85(12), 1595. <https://doi.org/10.1021/ed085p1595>

- Monroe, R. (2021, August 5). *The keeling curve*. The Keeling Curve. <https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/>
- Murga-Menoyo, M. N. (2015). Competencias para el desarrollo sostenible: las capacidades, actitudes y valores meta de la educación en el marco de la Agenda global post-2015. *Foro de Educación*, 13(19), 55–83. <https://doi.org/10.14516/fde.2015.013.019.004>
- Murga-Menoyo, M. N., & Novo, M. (2017). Sostenibilidad, desarrollo «glocal» y ciudadanía planetaria. Referentes de una Pedagogía para el desarrollo sostenible. *Teoría de la Educación. Revista Interuniversitaria*, 29(1), 55–78. <https://doi.org/10.14201/teoredu2915579>
- Organización de las Naciones Unidas. (2018, diciembre). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. (LC/G.2681-P/Rev.3). CEPAL, Santiago.
- OEI | Secretaría General. (s. f.). Organización de Estados Iberoamericanos. <http://www.oei.es/decada/accion.php?accion=25>
- Padilla, K., & van Driel, J. (2011). The relationships between PCK components: the case of quantum chemistry professors. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 12(3), 367–378. <https://doi.org/10.1039/c1rp90043a>
- Padilla, K., & van Driel, J. H. (2012). Relationships among cognitive and emotional knowledge of teaching quantum chemistry at university level. *Educación Química*, 23, 311–326. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(17\)30159-3](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(17)30159-3)
- Parga Lozano, D. L., & Mora Penagos, W. M. (2008). El conocimiento didáctico del contenido en química: integración de las tramas de contenido histórico–epistemológicas con las tramas de contexto–aprendizaje. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, 24. <https://doi.org/10.17227/ted.num24-1083>
- Parga Lozano, D. L., & Mora Penagos, W. M. (2014). El PCK, un espacio de diversidad teórica: Conceptos y experiencias unificadoras en relación con la didáctica de los contenidos en química. *Educación Química*, 25(3), 332–342. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(14\)70549-x](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(14)70549-x)
- Parra Angarita, W., Angulo Delgado, F. y Soto Lombana, C. (2021). El PCK del Profesor de Ciencias en Educación Superior y su Relación con el Andamiaje. *Biografía*. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/14830>
- Pike, L., Shannon, T., Lawrimore, K., McGee, A., Taylor, M., & Lamoreaux, G. (2003). Science education and sustainability initiatives. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 4(3), 218–229. <https://doi.org/10.1108/14676370310485410>
- *Programa de Acción de Educación para la Sostenibilidad de Bizkaia 2020* (SBN: 978–84-7752-577-6). (2020, julio). Boletín Oficial de Bizkaia núm. 128.

- Profepa. (n.d.). *Profepa - La ley al servicio de la naturaleza - Glosario*. Procuraduría Federal De Protección Al Ambiente, PROFEPA. Retrieved March 20, 2023, from [http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/766/1/mx/glosario.html?num\\_letra=3&num\\_letra\\_siguiete=4](http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/766/1/mx/glosario.html?num_letra=3&num_letra_siguiete=4)
- Ramírez, Rodolfo, Francisco Rodríguez y Concepción Torres (2017). Educación para un desarrollo sostenible: la reforma necesaria. 23 de agosto de 2017. Serie: Aportes al debate parlamentario, No. 7. Instituto Belisario Domínguez. Senado de la República. México.
- Reyes-Banda, S., Hannz-Sámano, C. I., & Arriaga-López, E. (2023). Recuperación de las experiencias en educación ambiental, una formación inmersiva del docente en la Escuela Normal No. 1 de Toluca. *Revista RedCA*, 6(16), 92. <https://doi.org/10.36677/redca.v6i16.21428>
- Reyes G., R. y Quispe L., A. (2018). La perspectiva ambiental en el nivel educativo medio superior en México. En Vázquez, G., O. y Carillo H., M.(Coord.) (Ed.), *Desarrollo Sostenible: Educación ambiental, experiencias prácticas y evaluación de las políticas públicas* (pp. 113–136). Puebla, México: Montiel & Soriano Editores S. A. de C. ISBN: 978–607-98467-0-1 V.
- Reyes-Cárdenas, F., & Padilla, K. (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Educación Química*, 23(4), 415–421. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(17\)30129-5](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(17)30129-5)
- Ríos Bedoya, J. M., & Lopera-Pérez, M. (2022, October 28). *Vista de El Conocimiento Didáctico de Contenido de docentes de primaria sobre Educación Ambiental y sustentabilidad*. Retrieved May 12, 2023, from <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/18222/11697>
- Rivas-Escobar, H. M., Luna-Cabrera, G. C., & Moreno-Molina, A. A. (2021). La transversalidad de la educación ambiental en dos instituciones educativas del departamento de Nariño, Colombia. *Revista Boletín Redipe*, 10(5), 232–247. <https://doi.org/10.36260/rbr.v10i5.1300>
- Rivero A., Wamba A.M. (2011). Naturaleza de la ciencia y construcción del conocimiento científico. En En Cañal, P. (Coord.) (Ed.), *Biología y Geología. Complementos de formación disciplinar* (pp. 9–26). Barcelona: Graó.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K. J., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., De Wit, C. A., Hughes, T. P., Van Der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. J., Costanza, R., Svedin, U., . . . Foley, J. A. (2009). Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecology and Society*, 14(2). <https://doi.org/10.5751/es-03180-140232>
- Rodríguez, A. E., & Hernández, A. F. (2017). Experiencias exitosas de educación ambiental en los jóvenes del bachillerato de Tlaxcala, México. *Revista Luna Azul*, 44, 294–315. <https://doi.org/10.17151/luaz.2017.44.18>
- Rozman, T., & Rozman, M. F. (2020). Education for Sustainability. *International Journal of Smart Education and Urban Society*, 11(1), 41–63. <https://doi.org/10.4018/ijseus.2020010104>

- Sánchez Blanco, G., & Valcárcel Pérez, M. V. (2006). Diseño de unidades didácticas en el área de Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 11(1), 33–44. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4549>
- Sánchez, L. P. J. (2019). Tejiendo relaciones entre la investigación en Educación Ambiental y comunidades tradicionales: aportes para el pensamiento ambiental Latinoamericano. *Gestión y Ambiente*, 22(2), 323–333. <https://doi.org/10.15446/ga.v22n2.80960>
- Saura Calixto, P., & Hernández Prados, M. N. (2009). La evolución del concepto de sostenibilidad y su incidencia en la educación ambiental. *Teoría de la Educación. Revista Interuniversitaria*, 20. <https://doi.org/10.14201/989>
- Schertz, K. (2020). Ocean Acidification Experimental Design Lab. *Teaching AP® Science*. <https://teachingapscience.com/ocean-acidification-experimental-design-lab>
- Scheuch, M., Panhuber, T., Winter, S., Kelemen-Finan, J., Bardy-Durchhalter, M., & Kapelari, S. (2018). Butterflies & wild bees: biology teachers' PCK development through citizen science. *Journal of Biological Education*, 52(1), 79–88. <https://doi.org/10.1080/00219266.2017.1405530>
- Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–23. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- SHULMAN, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189x015002004>
- Singer-Brodowski, M. (2017). Pedagogical content knowledge of sustainability. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 18(6), 841–856. <https://doi.org/10.1108/ijsh-02-2016-0035>
- Solís-Espallargas, C., Ruiz-Morales, J., Limón-Domínguez, D., & Valderrama-Hernández, R. (2019). Sustainability in the University: A Study of Its Presence in Curricula, Teachers and Students of Education. *Sustainability*, 11(23), 6620. <https://doi.org/10.3390/su11236620>
- Spangenberg, J. H. (2011). Sustainability science: a review, an analysis and some empirical lessons. *Environmental Conservation*, 38(3), 275–287. <https://doi.org/10.1017/s0376892911000270>
- Sterling, S. (2016). A Commentary on Education and Sustainable Development Goals. *Journal of Education for Sustainable Development*, 10(2), 208–213. <https://doi.org/10.1177/0973408216661886>
- Stockholm Resilience Centre. (2015). Principles for Building Resilience: Sustaining Ecosystem Services in Social Ecological Systems. Retrieved March 3, 2018, from <https://www.stockholmresilience.org/publications.htm>

- Stoll, L. (2011). Leading professional learning communities. En J. Robertson & H. Timperley (Ed.), *Leadership and learning* (pp. 103–117). SAGE Publications Ltd.
- Tengö, M., Brondizio, E. S., Elmqvist, T., Malmer, P., & Spierenburg, M. (2014). Connecting Diverse Knowledge Systems for Enhanced Ecosystem Governance: The Multiple Evidence Base Approach. *AMBIO*, 43(5), 579–591. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0501-3>
- Terrón Amigón, E. (1970). Esbozo de la educación ambiental en el currículum de educación básica en México. Una revisión retrospectiva de los planes y programas de estudio. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 49(1), 315–346. <https://doi.org/10.48102/rlee.2019.49.1.42>
- Tilbury, D. (2011). *Education for Sustainable Development: An Expert Review of Processes and Learning' Paris: UNESCO* (Available in Spanish, ED-2010/WS/46 ed.). UNESCO. ISBN: 0–9566140-8-5.
- Unam, D.-. (2023.). *Escuela Nacional Preparatoria | UNAM*. Retrieved December 6, 2023, from <http://enp.unam.mx/>
- *Understanding Global Change.* (s. f.). Understanding Global Change. <https://cleanet.org/clean/literacy/tools/UGC/index.html>
- *Underwater farms vs. Climate change - Ayana Elizabeth Johnson and Megan Davis.* (2023, March 4). [Video]. TED-Ed. <https://ed.ted.com/lessons/could-underwater-farms-help-fight-climate-change-ayana-elizabeth-johnson-and-megan-davis#review>
- United Nations. (2022.). *Sostenibilidad | Naciones Unidas*. Retrieved June 18, 2022, from <https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/sostenibilidad>
- UNESCO World Conference on Education for Sustainable Development. (2012). *Journal of Education for Sustainable Development*, 6(2), 291–292. <https://doi.org/10.1177/0973408212475262>
- UNESCO Institute for Lifelong Learning. (2017). *Ciudades del aprendizaje y los ODS*. Instituto de la UNESCO para el Aprendizaje a lo Largo de Toda la Vida (UIL).
- van Driel, J. H., Jong, O. D., & Verloop, N. (2002). The development of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge. *Science Education*, 86(4), 572–590. <https://doi.org/10.1002/sce.10010>
- van Driel, J. H., Verloop, N., & de Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673–695. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1098-2736\(199808\)35:6](https://doi.org/10.1002/(sici)1098-2736(199808)35:6)
- Vega Marcote, P., Freitas, M., Álvarez Suárez, P., & Fleuri, R. (2007). Marco teórico y metodológico de educación ambiental e intercultural para un desarrollo sostenible. *Revista Eureka sobre enseñanza y*

- Vergara Díaz, C., & Cofré Mardones, H. (2014). Conocimiento Pedagógico del Contenido: ¿el paradigma perdido en la formación inicial y continua de profesores en Chile? *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 40(Especial), 323–338. <https://doi.org/10.4067/s0718-07052014000200019>
- Vilches, A., & Gil Pérez, D. (2013). Ciencia de la sostenibilidad: Un nuevo campo de conocimientos al que la química y la educación química están contribuyendo. *Educación Química*, 24(2), 199–206. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(13\)72463-7](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(13)72463-7)
- Vilches, A., & Gil-Pérez, D. (2010). ¿Cómo puede contribuir la educación a la construcción de un futuro sostenible? *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 7(extra), 297–315. [https://doi.org/10.25267/rev\\_eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2010.v7.iextra.12](https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.iextra.12)
- Vilches, A., & Gil-Pérez, D. (2016). La Ciencia de la Sostenibilidad: una necesaria revolución científica. *Ciência & Educação*, 22(1), 1–6. <https://doi.org/10.1590/1516-731320160010001>
- Wamba A.M., R. A. (2011). *Naturaleza de la ciencia y construcción del conocimiento científico*. (En Cañal, P. (Coord.), Ed.; Biología y Geología. Complementos de formación disciplinar.). Barcelona: Graó.
- Widener, J. M., Gliedt, T., & Tziganuk, A. (2016). Assessing sustainability teaching and learning in geography education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 17(5), 698–718. <https://doi.org/10.1108/ijsh-03-2015-0050>
- Wiek, A., Withycombe, L., & Redman, C. L. (2011). Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development. *Sustainability Science*, 6(2), 203–218. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6>
- WWF-UK, & Gayford, C. (2008). *Learning for sustainability: from the pupils' perspective* (A report of a three-year longitudinal study of 15 schools from June 2005 to June 2008). WWF-UK.
- WWF. (2020). *Cómo el COVID-19 representa un reto para la sostenibilidad*. (2020, July 22). World Wildlife Fund. <https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/como-el-covid-19-representa-un-reto-para-la-sostenibilidad>
- Yzmaya, N. (2022, 2 mayo). *Subsecretaría de Educación Media Superior: SNB - Sistema Nacional de Bachillerato*. SNB - Sistema Nacional de Bachillerato. Recuperado 3 de julio de 2022, de [http://www.sems.gob.mx/es/sems/sistema\\_nacional\\_bachillerato](http://www.sems.gob.mx/es/sems/sistema_nacional_bachillerato)
- Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Summerhayes, C. P., Wolfe, A. P., Barnosky, A. D., Cearreta, A., Crutzen, P., Ellis, E., Fairchild, I. J., Gałuszka, A., Haff, P., Hajdas, I., Head, M. J., Ivar Do Sul, J. A., Jeandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J. R., Neal, C., Odada, E., . . . Williams, M. (2017). The Working Group on the

Anthropocene: Summary of evidence and interim recommendations. *Anthropocene*, 19, 55–60.  
<https://doi.org/10.1016/j.ancene.2017.09.001>

- Zoller, U. (2012). Science Education for Global Sustainability: What Is Necessary for Teaching, Learning, and Assessment Strategies? *Journal of Chemical Education*, 89(3), 297–300.  
<https://doi.org/10.1021/ed300047v>