

Epistemología de la educación ambiental

un análisis sobre la construcción de la conciencia ecológica.

Luis Armando Martínez Echeverría



Epistemología de la educación ambiental

Un análisis sobre la construcción de la conciencia ecológica

Epistemología de la educación ambiental

Un análisis sobre la construcción de la conciencia ecológica

Luis Armando Martínez Echeverría



Red Internacional Sobre la Enseñanza de la Investigación



Universidad de Guadalajara



Centro Universitario de Los Altos

Para garantizar la calidad, pertinencia académica y científica de esta obra, el manuscrito fue sometido a un riguroso arbitraje mediante dictamen a doble ciego, emitido por académicos especialistas en la materia, convocados por el Consejo Editorial del Centro Universitario de Los Altos de la Universidad de Guadalajara, México.



Red Internacional sobre la
Enseñanza de la Investigación



Universidad de
Guadalajara



Centro Universitario de
Los Altos

Primera edición 2026

DR. © 2026, Universidad de Guadalajara
Centro Universitario de Los Altos (CUALTOS)
Ave. Rafael Casillas Aceves 1200, C.P. 47620
Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.
<http://www.cualtos.udg.mx>

DR. © 2026, Ediciones RISEI
Red Internacional sobre la Enseñanza de la Investigación
Av. Ferroviaria. Cdla Las Acacias Mz. A V3
Machala, El Oro, Ecuador

ISBN 978-9907-817-03-4

Hecho e impreso en Ecuador
Made and Printed in Ecuador

Contenido

Introducción	11
Educación ambiental. Antecedentes y problemática en México	17
Fundamentos teóricos y epistemológicos de la conciencia ecológica	29
Transformación del paisaje. El impacto de la actividad humana	43
Perspectivas teóricas sobre la alfabetización ambiental	65
El aprendizaje basado en problemas para la educación ambiental	81
De la abstracción teórica a la praxis socioambiental: espacios de aprendizaje activo y formación de la conciencia ambiental	91
Análisis de los recursos pedagógicos para la educación ambiental	109
Conclusiones	143
Referencias	149

“La crisis ecológica es, en todos los sentidos, una crisis de educación”
D. W. Orr, 2005

Introducción

La crisis socioambiental del siglo XXI no se limita a los sistemas biofísicos, sino que también se vincula con una crisis del pensamiento crítico y de los marcos educativos tradicionales. La desconexión entre el desarrollo de las industrias y la reactivación de los ciclos vitales ha derivado en la necesidad de pensar en un nuevo rol para el sujeto y su entorno. En este sentido, la educación ambiental no es una asignatura complementaria, sino una base epistemológica para la construcción de una nueva sociedad.

El suelo y el territorio han sido relegados desde hace tiempo, lo que históricamente ha representado una injusticia, debido a que los sistemas escolares presentan una visión del ambiente como un objeto externo y no como un espacio en el que el sujeto interviene y tiene la corresponsabilidad necesaria para llevar a cabo un cambio. Por ello, superar esta visión requiere una alfabetización ambiental que se traslade de los conceptos básicos y memorísticos a una práctica ética y política del cuidado de la vida.

La complejidad de los problemas ambientales representa la necesidad de soluciones igualmente complejas, es decir, que partan desde la interdisciplinariedad, bajo una perspectiva crítica que vaya más allá de las ciencias naturales, tal y como refieren Fernández y González (2023) en donde los procesos educativos orientados a sostenibilidad poseen mayor éxito que los convencionales (Anderson et al., 2024).

La formación de una conciencia ecológica representa tanto un desafío como una solución en la educación contemporánea, no se trata únicamente de informar sobre el cambio climático, sino de transformar las estructuras cognitivas para cambiar nuestro comportamiento ante el medioambiente. Según Martínez-Espinosa et al., (2024) la educación ambiental debe promover la justicia y la ética, además de que deberían de ser la pieza clave que determine el cuidado de nuestra salud (Kim y Lee, 2023). La transición hacia una verdadera conciencia ambiental necesita de una revisión teórica y epistemológica, al respecto López-Sánchez (2022) mencionan que la epistemología ambiental debe de promover el diálogo entre saberes, en donde la sabiduría local y ancestral tenga sentido, que funcione como los conocimientos previos de las comunidades para tener una repercusión dentro del campo científico.

Uno de los mayores obstáculos de la educación ambiental y la sostenibilidad se representa en que la actividad humana deja una huella imborrable en el planeta, lo que cambia el paisaje y provoca que las nuevas generaciones no logren visualizar el pasado de manera crítica, sino el presente y futuro tal y como los observan en sus contextos inmediatos. Por ello, Silva y Pereira (2023) hacen énfasis en que este cambio de paisaje requiere una transformación pedagógica, en donde los estudiantes desarrollen este pensamiento crítico que les permita entender dichos cambios. Al respecto, Rodríguez y Chen (2024) hacen énfasis en que se trata de un proceso continuo de construcción de significados, en donde la competencia ambiental moderna no solo pretende entender la crisis climática, sino también evaluar el impacto de los sistemas de producción y consumo. Por ello, es importante un cambio epistemológico y de paradigma en las escuelas, en donde la educación ambiental deje de ser una asignatura aislada y excluida y comience a ser una serie de contenidos transversales.

La praxis socioambiental se convierten en una suerte de abstracciones teóricas, por lo que es necesario llevarlas al campo. La presente obra brinda las bases para realizarlo, dado que las metodologías basadas en datos reales son las más útiles para desarrollar el pensamiento crítico (Thompson y Williams, 2023), sin embargo, es necesario realizar un vínculo con la práctica y el campo para que cobren sentido. El diseño de espacios de aprendizaje deben de basarse en metodologías activas, debido a que se trata de un cambio de paradigma. Los entornos naturales, tales como las reservas o los huertos escolares funcionan como laboratorios prácticos que replican lo que sucede en la

realidad, lo que les permite a los alumnos tener un aprendizaje significativo al respecto.

Asimismo, el consumo responsable es uno de los elementos clave que se abordan en el presente libro, dado que una economía globalizada llega a difuminar las prácticas cotidianas que a simple vista se puede llegar a pensar que no tienen un impacto en el medioambiente, o al menos así lo consideran algunos autores como Anderson et al. (2024). Es importante que los estudiantes cambien ese pensamiento y pongan por encima el reciclaje y otras prácticas que son reparadoras; sin embargo, se aplican cuando ya es demasiado tarde. La mejor decisión siempre será la prevención y la no contaminación.

El suelo es, sin duda alguna, uno de los componentes ambientales más olvidados en las agendas educativas y de políticas públicas. Esto, a pesar de que se trata del soporte fundamental para la vida y el sustento de las actividades económicas primarias, así como el sustento laboral de muchas familias directa o indirectamente en el mundo. Por lo tanto, ¿por qué seguimos sobreexplotando este recurso? De esta pregunta nace esta obra: la necesidad de posicionar este recurso como el eje transversal que conecta diversas disciplinas, como la educación ambiental, el cuidado del recurso hídrico y el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), recursos didácticos ejemplificados, mapas especializados y la formación de una conciencia y ética ambiental (García-Vega et al., 2022).

La propuesta que el lector tiene en sus manos posee una naturaleza dual, pues se define principalmente en la rama educativa, pero se sustenta en el trabajo y el rigor científico y técnico de la geografía. No se trata solo de teoría pedagógica desconectada, sino que el presente estudio sirve como medio para apuntalar los supuestos teórico-pedagógicos que se exponen a lo largo de este libro. De esta forma, el lector no tendrá que pensar en abstracciones educativas y ambientales ni trasladarlas a casos imaginarios e hipotéticos, sino que podrá contrastarlas con los datos reales del entorno en el que habita, con el propósito de que el aprendizaje tras leer esta obra sea significativo.

Por ello, el punto central de esta obra radica en el análisis del territorio, que en las últimas décadas ha experimentado un cambio radical en su paisaje, por la fuerte presión del cambio de uso de suelo, ante la presión de cambiar del cultivo tradicional (maíz, frijol, solo por citar algunos ejemplos) a la expansión de la agroindustria (arándanos, frambuesas, por citar algunos ejemplos), destacando que esta presión no es exclusiva de un pequeño territorio, estado, país. Sino que en el mundo

en general está siendo presionada por este cambio; esto repercute de manera directa e indirecta en el medioambiente.

En el primer capítulo se presenta una justificación de la educación ambiental en el territorio, pues se expone cómo el suelo ha sido históricamente relegado a una visión superficial en los planes de estudio de México. Se plantea también la urgencia de integrar el cuidado de la tierra como un elemento multifactorial y vivo, no solo como medio necesario para la expansión urbana y agrícola, sino para la supervivencia del planeta (Amatta et al., 2024). Asimismo, se contextualizan el desafío de la crisis climática global y los compromisos internacionales. Se enfatiza que un suelo en buenas condiciones, es decir, sano y rico en materia orgánica, es un aliado importante para la absorción de carbono y la mitigación de los desastres naturales que enfrenta el mundo en la actualidad.

El segundo capítulo lleva a la obra hacia los fundamentos teóricos y epistemológicos de la educación ambiental. Se propone superar la visión conservacionista del pasado y adoptar una educación integral que reconozca al medioambiente como un elemento importante de la vida social, económica, política, a lo largo de la historia del ser humano. Este enfoque es de vital importancia porque rompe con la fragmentación del conocimiento en las escuelas y, de esta forma, facilita la comprensión completa de los fenómenos medioambientales. También se introduce el concepto de “ecociencia”, en el que las realidades sociales se vinculan con la actividad científica, de modo que los estudiantes puedan posicionarse críticamente ante los fenómenos ambientales. Asimismo, se exponen cuatro dimensiones clave: la cognitiva, la afectiva, la conativa y la activa. El presente documento guía al lector para entender cómo pasar del conocimiento técnico al desarrollo de vínculos emocionales y, después, a la ejecución de prácticas responsables en su entorno inmediato, para proponer soluciones en la vida cotidiana. En este proceso, el papel del docente cobra un sentido de identidad, pues deja de ser un transmisor de información para convertirse en un mediador e investigador de su propia práctica. El docente debe diagnosticar su labor para utilizar el entorno inmediato como fuente de información para formar valores ambientales.

El tercer capítulo constituye el nodo técnico de esta obra, pues expone la dinámica espacial y la transformación del territorio. Es aquí donde se describe la configuración física del entorno en el que habitamos y refiere cómo cualquier alteración en alguno de los elementos físicos y naturales que integran el espacio geográfico en

donde habitamos repercute de manera negativa en algún otro lugar del territorio, mismo que puede estar cerca de donde habitamos o a kilómetros de distancia de lugares que probablemente no conocemos. La rigurosidad científica de este análisis multitemporal se manifiesta en un periodo de tiempo que abarca entre los años 2008 y 2020, en el que se utilizan herramientas de sistemas de información geográfica, así como el uso de imágenes satelitales de alta precisión, Con estos insumos se logran tener resultados que permiten al lector observar y cuantificar el cambio exponencial sobre el suelo, que con el paso de los años, se ha transformado de manera antrópica, como por ejemplo: ha dejado de ser zona boscosa, para ser una zona de cultivo, o dejaron de ser zonas de cultivos tradicionales, pasando a ser zonas de agroindustria.

Con esta evidencia científica, el cuarto capítulo se aborda de manera interdisciplinaria a través de lo que se denomina “nodos del conocimiento”. Explican los puntos de unión curricular en los que las matemáticas, la geografía, la ética y las ciencias naturales se entrelazan para analizar los problemas como fenómenos multidimensionales y no como datos desconectados.

El quinto capítulo aborda el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) como una estrategia didáctica innovadora aplicada al estudio del suelo. Se propone que los alumnos se enfrenten a problemas relevantes de su entorno inmediato, de modo que se empodere el compromiso ético y autónomo para el conocimiento y el cuidado ambiental, en primera escala, de su entorno inmediato y a su vez de su estado, país o el mundo en general. Además, se destaca la importancia de integrar la tecnología en el aula mediante herramientas de análisis y teledetección. El acceso a plataformas como *Google Earth* y *Google Maps*, que son visualizadores geográficos gratuitos que permiten al usuario explorar el mundo de forma visual, sin tener que viajar. Además de herramientas especializadas como QGIS y ArcGIS, en donde se procesan imágenes satelitales, entre las cuales se encuentra Sentinel-2, que se considera imágenes ópticas de mediana resolución, aptas para observar los cambios de uso de suelo agrícola y forestal con el paso de los años. Estas herramientas permiten que los estudiantes se conviertan en científicos incipientes, capaces de monitorear la salud de su entorno y visualizar el cambio de uso de suelo, como, por ejemplo, la pérdida de cobertura forestal con evidencia real, o la sequía de un cuerpo de agua a lo largo de los años (Angulo-Mina et al., 2025).

El sexto capítulo traslada la enseñanza a la práctica empírica mediante la huerta escolar, concebida como un ecosistema de

aprendizaje completo y como un aula viva. Este espacio permite humanizar la ciencia del suelo, convirtiendo la siembra en una experiencia sensorial que fortalece el sentido de pertenencia y el respeto por el medioambiente. Se vinculan aquí los principios de la agroecología como una alternativa resiliente frente a la agricultura industrial química. Los estudiantes aprenden a gestionar los suelos específicos del entorno, aplicando técnicas de conservación que priorizan la estabilidad ecológica sobre la acumulación económica (Barreto, 2025).

Después, en el capítulo 7, se profundiza en la formación de la conciencia ambiental y en el consumo responsable. Se propone un giro hacia el ecocentrismo, en el que la naturaleza sea reconocida por su valor intrínseco, lo que insta a los estudiantes a reconocer la existencia de diversos agentes, que son capaces de modificar las dinámicas del uso del suelo que afectan a su territorio. Un elemento distintivo y fundamental de este libro es el octavo capítulo, que funciona como un banco de recursos didácticos, compuesto por una variedad de mapas que contienen descripciones exhaustivas. Estos mapas, más conocidos como temáticos, no son meras ilustraciones, sino guías diseñadas para ser implementadas como herramientas que faciliten el desarrollo de la conciencia ambiental en el estudiante. Esta obra aspira a colaborar en la enorme tarea que tiene la humanidad en este momento y que consiste en la formación de ciudadanos críticos capaces de gestionar su territorio de manera sostenible. La rigurosidad del análisis técnico, junto con estrategias pedagógicas activas, se conecta con la búsqueda de que la educación ambiental sea una herramienta real de transformación social que proteja la riqueza natural para las futuras generaciones.

La educación ambiental. Antecedentes y problemática en México

Durante décadas en México, el tema de la educación ambiental solo se abordaba de manera superficial en las materias de ciencias sociales y de ciencias naturales de los planes de estudio oficiales. En algunas materias se hacía referencia, de manera general, a elementos naturales como el cuidado del agua, la contaminación del aire, la flora y la fauna (SEP, 1993). En México, el cuidado del suelo nunca se ha visto como un elemento integrador del cuidado del medioambiente; siempre se ha relacionado con el entorno del crecimiento urbano y la producción agrícola. En Europa, en la década de los setenta, el suelo dejó de ser visto solo como un componente agrícola; pasó a ser reconocido como un elemento integrador del medioambiente, como un elemento regulador del ciclo del agua, de la regeneración de la biodiversidad y de la regeneración de contaminantes. Según Prado (2014).

En la medida en que el suelo se degrada, el ser humano está poniendo en riesgo su futuro, ya que, en la medida en que se reduce la disponibilidad de suelos fértiles, se compromete la producción de alimentos y se altera la biodiversidad (Naciones Unidas, 2023).

En el 2015, los 193 miembros de las Naciones Unidas aprobaron los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). México, al ser miembro de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), está comprometido a cumplir los 17 ODS establecidos en el 2015. En

específico, el ODS 15, que es el que nos atañe en este libro. El ODS número 15, denominado Vida de ecosistemas terrestres. (Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2015). Cuya meta es promover el restablecimiento y la protección del suelo para revertir en el mediano plazo la degradación del suelo.

Ante este escenario, México se comprometió a adoptar este marco legal internacional y aplicarlo en los planes de estudio, para enseñar y concientizar a las presentes y futuras generaciones, haciendo hincapié en que el suelo es parte del ecosistema, es un recurso vivo, que desarrolla varias funciones vitales en la supervivencia de todo ser vivo. Su capacidad de infiltrar agua, regeneración del suelo, flora y su aportación a los microclimas, entre otras funciones. La protección del medioambiente está respaldada por sus respectivas leyes en cada país, así como por leyes a nivel internacional.

En México, la protección del medioambiente dejó de ser una protección meramente regional sustentada por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) desde el año de 1987, misma que en la actualidad está respaldada por el Derecho Internacional Ambiental (DIA) el cual es una armonización entre las políticas de cuidado del medioambiente y las políticas educativas en todo el mundo. En 1972, en Estocolmo, se abordó por primera vez a nivel internacional la protección del medioambiente a nivel jurídico. Llamado el principio 19. Ahí se establecieron las primeras reglas para informar sobre las acciones que implementa cada país hacia la protección de la degradación ambiental. Para Castillo-Vargas (2024) la "Justicia Educativa". Ya no solo consiste en informar acciones, sino que es dotar a las futuras generaciones de herramientas jurídicas para defender ante tribunales internacionales lo que ellos consideren como degradación ambiental por parte de las autoridades locales.

De esta manera, la educación ambiental está estrechamente ligada a más derechos que tiene todo individuo, como el acceso a agua potable, derecho a vivir en un entorno saludable que a su vez propicie una salud digna a lo largo de su vida. Para esto, en el contexto educativo, es importante considerar que las instancias de educación en todos los niveles integren una materia transversal referente al derecho ambiental.

A nivel internacional se han alcanzado diversos acuerdos de manera vinculatoria, como lo son: el Acuerdo de Escazú, que tiene un alcance para América Latina y el Caribe; aquí se establecieron la mayoría de los acuerdos en derechos ambientales a nivel educativo. Es así como la educación ambiental se ha implementado en una pedagogía

que incluye en los planes de estudio temas como los derechos humanos, así como el cuidado del territorio. Es decir, la educación ambiental pasó del solo sembrar, regar y cuidar los árboles a ser más activos en acciones públicas para la protección y defensa de los ecosistemas que nos rodean; y, la Convención de Aarhus: Se centra en la justicia ambiental tecnológica, en donde la educación se basa en aprender el uso de herramientas como imágenes satelitales y la incorporación de la inteligencia artificial, para comprender qué elementos son los que influyen en la dinámica de la zonificación del suelo, tanto urbano como rural (Méndez-García, 2025)

En la actualidad, el mundo se rige bajo los Objetivos del Desarrollo Sostenible, que en su totalidad son 17 grandes metas, que fueron aprobadas por la Organización de las Naciones Unidas en el año 2015. La principal finalidad de estos objetivos fue atender las principales problemáticas que enfrenta el mundo, y la cual tiene como propósito lograr que, en el 2030, mediante una alianza global, el mundo alcance a revertir la degradación ambiental, protegiendo el medioambiente del planeta y con ello los seres humanos mejoren su calidad de vida. Los ODS están basados sobre cinco pilares fundamentales, como lo son: Personas, Planeta, Prosperidad, Paz y Alianzas.

Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (Agenda 2030) son: 1, Fin de la pobreza: Erradicar la pobreza en todas sus formas; 2, Hambre cero: Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y mejorar la nutrición; 3, Salud y bienestar: Garantizar una vida sana y promover el bienestar; 4, Educación de calidad: Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad; 5, Igualdad de género: Lograr la igualdad entre géneros y empoderar a mujeres y niñas; 6, Agua limpia y saneamiento: Garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del agua; 7, Energía asequible y no contaminante: Asegurar el acceso a energía sostenible y moderna; 8, Trabajo decente y crecimiento económico: Fomentar el crecimiento económico inclusivo y el empleo pleno; 9, Industria, innovación e infraestructura: Construir infraestructuras resilientes y fomentar la innovación; 10, Reducción de las desigualdades: Reducir la desigualdad en y entre los países; 11, Ciudades y comunidades sostenibles: Lograr que las ciudades sean inclusivas, seguras y sostenibles; 12, Producción y consumo responsables: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles; 13, Acción por el clima: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático; 14, Vida submarina: Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos y mares; 15, Vida de ecosistemas terrestres: Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la

desertificación y detener la pérdida de biodiversidad; 16, Paz, justicia e instituciones sólidas: Promover sociedades pacíficas e inclusivas, facilitar el acceso a la justicia, 17, Alianzas para lograr los objetivos: Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la Alianza Mundial.

Lo que compete a este libro, están estrechamente ligados los objetivos 4 y 13. El ODS 4 refiere a la Educación de Calidad y su Meta 4.7, que busca la formación en desarrollo sostenible. El ODS 13 atiende la Acción por el Clima, la cual ha impulsado que los países creen leyes en materia de resiliencia ambiental. Un estudio de la UNESCO (2023) resalta la importancia que tiene la apropiación del cambio climático en el currículo escolar, como un elemento de seguridad nacional y planetaria, para hacer frente a los efectos de la degradación ambiental, propiciados por el mismo ser humano. De esta manera es como surge el concepto de educación basada en la experiencia de la naturaleza, en donde el alumno pasa del aula al territorio, para comprender de manera directa los procesos biológicos y químicos que dan vida al suelo, alimentos y permiten la subsistencia del ser humano.

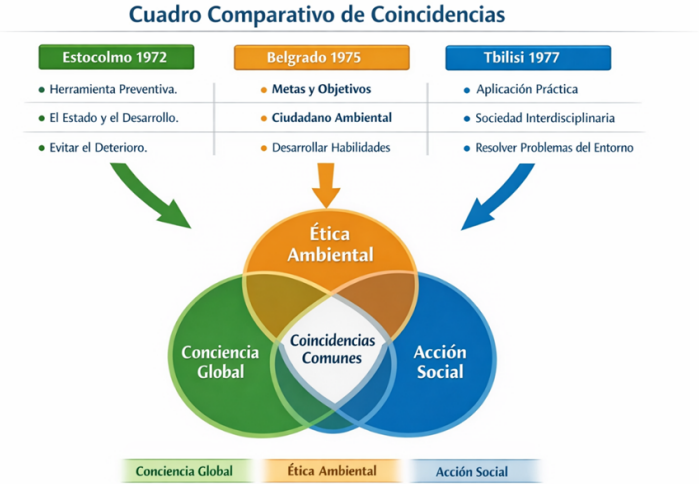
A lo largo de las décadas, se han presentado diversos acontecimientos, que han hecho que replantee la educación ambiental, de lo antropogénico a lo más sistemático. Es decir, de lo macro a lo micro.

Antecedentes históricos de convenciones abordando el problema del medioambiente :

Como señala el Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente (PNUMA, 2023), la Conferencia de Estocolmo de 1972 marcó un parteaguas, al establecer el vínculo entre el desarrollo y el medioambiente, en donde la educación es la principal herramienta para evitar el deterioro del mundo.

Para Fernández y Santos (2024), el Seminario de Belgrado de 1975 fue el punto de partida para definir los puntos clave para el "ciudadano ambiental", en donde se resalta que el individuo es consciente y capaz de desarrollar habilidades para abordar los problemas ecológicos de manera individual como colectiva.

Imagen 1. Comparativo entre las conferencias del medioambiente



Fuente: Elaboración propia.

Como menciona García-López (2025), la Conferencia de Tbilisi de 1977 representa el acontecimiento de mayor relevancia, al establecer que la educación ambiental debe ser continua e interdisciplinaria, para que logre penetrar en la sociedad y de esta manera logren en conjunto resolver problemas concretos de su entorno.

En 1992 se celebró la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medioambiente y el Desarrollo (CNUMAD), también conocida como la cumbre de (RIO) agenda 21. Para la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2023), fue un evento que cambiaría el rumbo del mundo en materia ambiental.

En la cumbre de RIO se reunieron representantes de 172 países, contando con la presencia de 100 presidentes, lo que representó un hito en la historia, ya que fue la reunión de líderes más grande que se había realizado.

En esta agenda se establecieron 40 capítulos divididos en 4 secciones, para que se aborde en todas las dimensiones que comprenden un país, ya que todas están relacionadas con el medioambiente. Dichas secciones son:

1. La Sección I: Capítulo del 1 al 8. Que recibió el nombre de Dimensiones sociales y económicas. En donde se abordan principalmente los temas de pobreza y salud.

2. La Sección II: Capítulo del 9 al 22. Que recibió el nombre de Conservación y gestión de los recursos para el desarrollo. En donde se abordan principalmente los temas de recursos naturales como el aire, el agua, los bosques. Así como los residuos generados por el ser humano.

3. Sección III: Capítulo del 23 al 32. Que recibió el nombre de Fortalecimiento del papel de los grupos principales. En donde se aborda que todo ser humano debe participar, sin distinción de edad, género, estudios, creencia o posición económica. Así como las empresas y las organizaciones no gubernamentales (ONGs).

4. Sección IV: Capítulo del 23 al 340. Que recibió el nombre de medios de ejecución. Esta es la parte donde se explica quién aportará el recurso económico. La tecnología por usar y, principalmente, la formación educativa para el cuidado del medioambiente.

Estos 40 capítulos son un compendio de todas las problemáticas que se presentaban a nivel global en esa época, y todas tenían en común el medioambiente. Como el cuidado de no contaminar los cuerpos de agua, lagos, lagunas y océanos. El cuidado de la biodiversidad de los bosques en su flora y fauna. Reducir la contaminación por parte de las empresas y, principalmente, que todo ser humano tuviera acceso a la educación.

Lo que respecta a este libro es fundamental el capítulo 36. En él hace referencia a que, si no hay educación o conciencia ambiental, no sirve de nada tener toda la tecnología disponible. Sin educación, el ser humano no sabría el motivo por el cual hay que cuidar el entorno en el que vivimos y no destruir nuestro futuro.

Después de la cumbre de RIO de 1992, han continuado las agendas a nivel mundial para lograr lo que ahí se acordó. Para Martínez-Casas (2025), del (2005-2014) fue un periodo en el que no solo se buscaba informar sobre el medioambiente, sino que logró que se integrará en los planes de estudio de educación básica a nivel global la masificación de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS); de esta manera se impregnará la cultura ambiental a nivel escolar desde la raíz.

Para el 2015. Se formalizó un acuerdo global a través de la firma. Acuerdo de París en 2015, la Organización de las Naciones

Unidas (ONU, 2024), en la que se estableció la Acción para el Empoderamiento Climático (ACE).

Con este acuerdo paso de la acción educativa romántica, del mantener limpio nuestro entorno y el cuidado de la flora y fauna. Esta acción estaba siendo mínima ante los problemas climáticos que cada vez estaban siendo más grandes.

Con el establecimiento de la (ACE), la enseñanza de la educación ambiental pasó de ser meramente teórica a la acción, con ejemplos reales de lo que estaba destruyendo al planeta. De esta manera, las generaciones presentes en esa época y futuras, al contar con educación con conciencia ambiental, ayudarían a mejorar las condiciones del planeta, al tomar conciencia en casa sobre acciones que mitiguen el cambio climático.

La llegada de la transformación tecnológica en la industria.

De acuerdo con la UNESCO (2024), la Cumbre de Glasgow (COP26), realizada en el 2021, logró que el tema de la crisis climática se implementara en todos los niveles educativos, es decir, que ya no solo era necesario que los niños aprendieran del medioambiente y conocieran las problemáticas que existen, sino que también los universitarios se involucraran en conocer y proponer soluciones a dichos problemas.

En el 2024, se llevó a cabo la cumbre del Futuro de la ONU. Como lo señala Rivera (2024), esta cumbre evidenció la falta de análisis de datos, lo que representa una problemática real para atender los problemas del medioambiente. Ante esta situación, es necesario que en la educación se utilicen las herramientas tecnológicas, que les ayuden a conocer el estado actual de su entorno y de esta manera mantenerlos protegidos.

Actualmente, se aborda el medioambiente desde la perspectiva de la educación geográfica y ambiental, que no es otra cosa más que el uso de las herramientas SIG (Sistemas de Información Geográfica) para el apoyo en el cuidado y restauración de los suelos, acuíferos y el aire.

Tabla 1. Cronología mundial de la conciencia ambiental

Cumbre / Encuentro	Año	Eje principal de la educación Ambiental	Impacto en la innovación Educativa
Conf. de Estocolmo	1972	La EA como herramienta de supervivencia.	Creación del Programa de la ONU para el Medioambiente (PNUMA).
Seminario de Belgrado	1975	Definición de metas y perfil del ciudadano.	Publicación de la "Carta de Belgrado": ética y conciencia.
Conf. de Tbilisi	1977	Interdisciplinariedad y enfoque regional.	Establecimiento de los principios rectores de la enseñanza ecológica.
Cumbre de la Tierra (Río)	1992	Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS).	Capítulo 36 de la Agenda 21: vínculo entre economía y ecología.
Cumbre de Johannesburgo	2002	Vínculo entre educación, pobreza y salud.	Lanzamiento del Decenio de la Educación para el Desarrollo Sostenible.
Acuerdo de París (COP21)	2015	Acción para el Empoderamiento Climático (ACE).	La EA como estrategia de mitigación de emisiones.
Cumbre de Glasgow (COP26)	2021	Integración curricular obligatoria.	Compromiso estatal de incluir cambio climático en todas las materias.
Cumbre del Futuro (ONU)	2024	Alfabetización digital y justicia de datos.	Reconocimiento del impacto de la IA y el Big Data en el territorio.
Revisión de Belgrado	2025	Educación regenerativa y territorial.	Fomento de la "cosecha de plásticos" y restauración de suelos.

Fuente: Elaboración propia.

Conocer los elementos que integran nuestro entorno geográfico es de vital importancia. Tal como lo señala Leff (1998), la educación ambiental no debe entenderse simplemente como un cambio de valores, sino como una nueva forma de habitar el territorio, conocer y comprender los elementos que lo integran, formando un ambiente ecológico territorial. Bajo esta premisa, el análisis del suelo deja de ser una descripción física para convertirse en un acto de conciencia ciudadana.

Para Santos (2000), el territorio no es un objeto suelto; es entender el rol que tiene cada uno de los elementos geográficos que se presentan en nuestro territorio (valles, montañas, laderas, lagos y lagunas) y el rol que tiene la red hidrográfica. De esta manera comprenderemos que son la base de nuestra propia existencia de manera colectiva (Chérrez et al., 2025).

Vivimos tiempos acelerados, en los que se hace presente una barrera cognitiva entre los seres humanos y el entorno que nos rodea; desconocemos los elementos que conforman el paisaje. Sí tiene la capacidad de reconocer marcas comerciales, pero no sabe de dónde proviene el agua potable que consume a diario, no sabe distinguir entre un bosque y una zona arbolada. "El analfabeto ecológico es la persona que no sabe de dónde viene su agua, dónde termina su basura o cuál es el nombre del árbol que crece frente a su ventana" (Orr, 1992)

Pero no solo es el sistema educativo quien tiene que reforzar la concientización de la importancia del suelo, sino que también les corresponde a las diversas estancias afines al cuidado del suelo y la biodiversidad, como son instancias gubernamentales de los distintos órdenes de gobierno de México (municipal, estatal y federal). Si no se adopta una política pública real y permanente, se seguirá pensando que el suelo es inagotable para la agricultura y que es un medio para la expansión urbana. Ignorando que estamos destruyendo nuestro futuro (Aranda et al., 2023).

En la educación básica en México existe desconocimiento sobre el papel que desempeña el suelo en la biodiversidad. Como señala la UNAM (2021), el suelo es el componente ambiental más olvidado; se lo ve como un simple elemento para la expansión urbana y el uso agrícola, además de percibirlo como algo sucio por ser un receptor de desechos. Esta percepción origina una creciente degradación de este, olvidando o ignorando que es un recurso no renovable y que tardó millones de años en formarse (Condori et al., 2025).

Como señala la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020), la densidad biológica es tal que una cucharadita de suelo saludable supera en población a la humanidad entera. Existe un desconocimiento total, ya que el suelo está compuesto por microfauna, bacterias y hongos, quienes son los generadores de la materia orgánica, así como el aprovechamiento de los nutrientes, mismos que dan origen de manera directa a la flora, (árboles, arbustos, plantas), regula el clima, facilita la filtración de agua a los mantos acuíferos, elemento principal en la producción de alimentos y la vida misma, además de ser fuente de elementos para el desarrollo de medicamentos, solo por mencionar algunos.

En la actualidad, el mundo vive una crisis climática, de la que todos hablan, pero pocos saben realmente qué es. Según Wallace-Wells (2019), la percepción pública sobre el cambio climático suele ser superficial, ignorando que el fenómeno es un sistema físico alterado que

ya posee una inercia propia difícil de controlar. El suelo es un factor importante ante esta crisis y, junto con los océanos, son los elementos que absorben y retienen más carbón (calor), generado por las actividades humanas, que aumentan la temperatura del planeta y generan una crisis climática. El suelo sano, es decir, rico en materia orgánica, tiene la capacidad de retener y absorber el carbono presente en la atmósfera. De acuerdo con Lal (2020), la alteración del suelo, provocada por la sobreexplotación de la agricultura intensiva, origina que el carbono que se almacena en el suelo se oxide y se libere como dióxido de carbono, lo que contribuye directamente al calentamiento global. Seguir ignorando esta problemática y no integrarla en los planes educativos en México, sobre la importancia que tiene el suelo en la salud del planeta y en la supervivencia del ser humano, es no reconocer que tenemos en nuestras manos la solución al desastre natural que estamos llevando a nuestro planeta Tierra.

La FAO (2015). En la escala del tiempo de vida de un ser humano, el suelo se convierte en un recurso no renovable, porque la formación de un centímetro de suelo fértil puede tardar hasta un milenio. Lo que la naturaleza tarda un milenio en generar, el ser humano puede desaparecerlo en cuestión de meses, por diversos factores, como la deforestación, la alteración del uso del suelo, la contaminación y las malas prácticas agrícolas, entre otras. Un suelo alterado, o desnudo, desprotegido, es arrastrado por un temporal de lluvias o erosionado por el viento (Cámara de Diputados, 2024).

La alimentación del ser humano depende del suelo. La FAO (2015) hace énfasis en la dependencia del ser humano de la tierra; señala que aproximadamente el 95 % de la producción alimentaria mundial se produce en el suelo. Cotler et al. (2020) argumentan que la ignorancia sobre la importancia del suelo, así como la ambición por obtener mayores rendimientos por hectárea, provocan una sobreexplotación del suelo, que en el mediano plazo compromete la producción agrícola tanto en cultivos de riego como en cultivos de temporal. Es por ello que es de vital importancia enseñar la cultura del cuidado del suelo en los planes de estudio en México (Flores, 2026).

El papel crítico que desempeña el suelo en el ciclo global del carbono, actuando como un regulador clave del clima. El diagrama, la imagen de la izquierda ilustra un suelo sano, rico en materia orgánica y con una cubierta vegetal densa, que funciona como un sumidero neto de carbono. A través de la fotosíntesis, las plantas capturan el dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera y lo incorporan a su biomasa. Al morir,

esta biomasa se descompone e integra en el suelo como carbono orgánico estable, donde puede permanecer almacenado durante largos períodos, mitigando así el efecto invernadero.

Por el contrario, la imagen del lado derecho representa un suelo degradado por prácticas como la agricultura intensiva o la deforestación. La pérdida de la cubierta vegetal y la perturbación mecánica del suelo exponen la materia orgánica al oxígeno, acelerando su descomposición y provocando la liberación de grandes cantidades de CO₂ a la atmósfera. Este proceso convierte al suelo en una fuente neta de emisiones, intensificando el cambio climático (Gálvez, Barreto y Nogueira, 2026).

El rol que tiene la masa forestal, selva, matorral, pastizal y agricultura de temporal en el suelo y en el ciclo hidrológico del agua, al recargar los mantos acuíferos subterráneos. En la imagen de la izquierda se aprecia cómo un suelo con masa forestal trabaja como un filtro hídrico. Los pinos son plantas perennes, compuestas por muchas ramas y raíces; con el paso del tiempo, estos pinos renuevan su follaje y generan en el suelo una capa de hojarasca, que, entre una de sus múltiples funciones, está la de amortiguar el impacto de las gotas de lluvia. Lo que respecta a las raíces, generan una red fina superficial y profunda, cuya finalidad es absorber el agua y nutrientes hacia las capas más profundas del suelo. Este tipo de sistema radicular es característico de las plantas perennes como los árboles y pinos, que pueden tener raíces que alcanzan niveles de agua subterránea profunda.

En la imagen de la derecha, ilustra lo que sucede cuando el uso de suelo, ya sea forestal, selva, matorral, pastizal y agricultura de temporal, es sustituido por agricultura intensiva o es deforestado; propician la alteración del ciclo natural de recarga de las aguas subterráneas. Esto se debe a que se elimina la vegetación nativa, la compactación del suelo por el uso constante de maquinaria en la preparación del suelo en la agricultura intensiva, ocasionando un daño devastador al perder porosidad y, por consiguiente, afecta la infiltración a los mantos acuíferos.

Como resultado de este cambio de uso del suelo, hay una alteración del ciclo de infiltración hacia las aguas subterráneas en tiempos de lluvia, al no encontrar las condiciones para penetrar. En su lugar, corre rápidamente sobre la superficie del suelo; este fenómeno es conocido en el ámbito geográfico como “escorrentía superficial”. De esta manera se interrumpe el ciclo de la recarga hídrica natural. Además, esta escorrentía también arrasa con el suelo, así como con hojarasca

pendiente abajo, propiciando la erosión y aumentando el riesgo de deslaves y posibles inundaciones en zonas urbanas en zonas bajas (Lizcano-Pabón, 2025).

Ambos diagramas hacen énfasis en la importancia de un manejo sostenible del suelo para mantener su función de secuestro de carbono e infiltración del agua y, de esta manera, evitar que se convierta en un contribuyente al calentamiento global y la extinción de flora, fauna y de la vida misma del ser humano (CAF, 2023).

Tabla 2. Artículos publicados sobre la interacción social en los años veinte del siglo XX

	Beneficios	Perjuicios
Aspecto	Suelo sano	Suelo alterado
Vegetación	Bosques, árboles y plantas que capturan CO ₂ .	Suelo desnudo propicia sequedad
Agua	En temporada de lluvia, el agua se infiltra en el subsuelo	El agua se evapora o corre por la superficie.
Carbono	Limpia el aire	Libera CO ₂ a la atmósfera, alterando el clima.
Resultado	El clima se mantiene estable y se producen alimentos en abundancia	Genera sequías, altera el clima y existe escasez de alimentos

Fuente: Elaboración propia.

La comparación de un suelo sano y uno alterado muestra cómo el suelo tiene un impacto directo en el balance medioambiental y el aseguramiento de alimento de la humanidad.

Un suelo con vegetación es sinónimo de vida; en temporada de lluvias, el agua fluye por los cauces y permite la infiltración al subsuelo; esto permite la captura de CO₂, que limpia el aire. En tanto que un suelo alterado carece de vegetación, es un suelo totalmente desnudo, el cual, en temporada de lluvias, el agua corre por la superficie y se lleva todo lo que encuentra en su camino; no retiene el CO₂, lo que provoca la alteración del clima y la presencia de los microclimas (gases de efecto invernadero). Provocando la poca fertilidad del suelo y, por ende, la escasez de alimentos.

En resumen, sin un suelo sano, está en riesgo la supervivencia de toda la vida del planeta.

Fundamentos teóricos y epistemológicos de la conciencia ecológica

La educación ambiental (EA) se trataba, al menos en el pasado, de una perspectiva conservadora centrada en proteger los recursos naturales de una manera aislada; sin embargo, hoy constituye una dimensión esencial de la educación integral de los ciudadanos. Dicha transformación tiene que ver con reconocer al medioambiente no solo como un escenario biofísico, sino más bien como una construcción compleja en la que convergen factores ambientales, sociales, culturales, políticos e históricos.

En este sentido, pensar en un sistema complejo y dinámico que considere las interrelaciones entre los vínculos de los seres humanos y la naturaleza; precisamente en ese tenor hablamos de la EA. Para lograr este propósito, la educación debería ser un proceso continuo y, al mismo tiempo, permanente, en el que se oriente a los individuos a que tomen conciencia ambiental en su totalidad. Este enfoque sistémico permite superar lo que conocemos como fragmentación del conocimiento, lo que facilita una comprensión más general y completa de los fenómenos.

El surgimiento de esta racionalidad ambiental corresponde a una crisis moderna, que se caracteriza por ver de manera mecanizada e ignorar los límites de nuestro planeta, donde la contaminación e invasión terminan repercutiendo en nuestra vida cotidiana. García y

Priotto (2010) enfatizan que la crisis ambiental, en realidad, es una crisis social, inteligible porque exige herramientas intelectuales distintas para ser comprendida y mitigada. Por lo tanto, la EA es clave para la sostenibilidad y para promover la responsabilidad social, la ética y el cuidado.

La evolución de este concepto permitió que la EA se integrara en la cultura científica contemporánea, donde la incertidumbre, el riesgo y la complejidad se abordaron de manera correlacionada. Para lograr conocer lo que desconocíamos, medir lo que ocurre y comprender de qué manera se relacionan o interactúan diversos elementos en la EA. Asimismo, Sauvé (2010) explica que la educaci3n científica y ambiental debe cruzarse para fortalecer los esfuerzos en este ámbito, de tal forma que exista un concepto denominado “ecociencia”. A prop3sito de ella, tiene que ver con reconocer el anclaje de las actividades científicas en las realidades sociales, así como con brindar herramientas para que el estudiante se posicione ante los retos sociales y locales con una perspectiva crítica y bien fundamentada (Casillas-Zapata y Adame-Rivera, 2024).

Los procesos de conciencia ambiental, entendidos como aquellos que brindan conocimientos, disposiciones y acciones relativas a la protecci3n de la naturaleza. Villamil Velandia (2018) nos comparte una reflexi3n al respecto, en la que la conciencia ambiental se concibe más bien como un factor asociado a la intenci3n de adoptar conductas a favor del ambiente. Sin embargo, para que esta conciencia sea efectiva, es necesario que impacte en las siguientes cuatro dimensiones: cognitiva, afectiva, conativa y activa, las cuales se explican en los párrafos posteriores.

La dimensi3n cognitiva es el primer escal3n de una larga fila de procesos; en ella se agrupan conocimientos y se comprenden los ecosistemas y sus principales problemas. Villamil Velandia (2018) muestra que esta dimensi3n rebasa los límites de la posesi3n de informaci3n técnica, dado que implica un desarrollo más atribuido a esquemas sobre las soluciones y los responsables de la degradaci3n ecol3gica. En el ámbito escolar, esto se traduce en que el estudiante comprenda los procesos como la deforestaci3n, la erosi3n y la pérdida de nutrientes del suelo.

Un ejemplo real es cuando un estudiante visita o mira imágenes de una ladera, que antes era un bosque y ahora es suelo desnudo. Lo primero que se piensa es que se talaron árboles de manera legal o ilegal

para la obtención de madera o para llevar a cabo un cambio de uso de suelo; esto se le conoce como conocimiento básico. En la medida en que empieza a informarse, documentarse, empieza a generar un conocimiento racional. Comprende cuál era la función del pino en el suelo, cómo sus raíces eran la fortaleza del pino para mantenerse de pie en la ladera y la hojarasca fungió como una capa para mantener el suelo húmedo y rico en nutrientes. Ahora que ya no está esa capa de pinos, en tiempos de lluvia, las gotas impactan directamente en el suelo que ya no tiene esa capa de hojarasca que lo protegía, lo que con el paso del tiempo propicia que se erosione esa capa de suelo fértil. Ahora, en lugar de un bosque, se tiene un suelo desnudo de rocas y pobre en nutrientes. Aquí es donde entra el razonamiento cognitivo, al relacionar que, a falta de suelo fértil, la siembra de algún tipo de semilla podrá germinar, al no tener los nutrientes ni suelo de donde sostenerse.

La dimensión afectiva tiene que ver más con la preocupación, el respeto y el amor hacia los componentes del medioambiente, por más poético que parezca. Esta dimensión nos ayuda a "sentir" y "valorar" el territorio. Según Miranda López et al. (2014), es de suma importancia que los sentimientos de pertenencia a la formación de una cultura ambiental genuina en el estudiante se desarrollen. La intención es que la percepción tan abstracta que mantienen los sujetos se transforme en un vínculo emocional en el que reconozcan su propia identidad ligada al territorio que habitan (CEPAL, 2023).

Continuando con el ejemplo de la ladera deforestada. En donde antes todo estaba lleno de vida de color verde, ahora está erosionado, en donde el color de la tierra es lo que sobresale. Las personas, al observar este cambio, sienten en su interior una tristeza, por el cambio radical; recuerdan lo bonito que se veía cuando todo era bosque, pero esa tristeza solo queda en un sentimiento pasajero, ya que no perciben que ese cambio pueda afectar de manera directa su vida cotidiana o su futuro inmediato.

Al analizar a profundidad lo sucedido, entra la dimensión afectiva; al darse cuenta de la conexión que tiene con su entorno, al darse cuenta de que ese bosque forma parte de la historia de su comunidad, al percibir que ya no existe ese bosque, siente que ha perdido algo propio.

En tiempos de lluvias, al ver cómo el agua arrastra el suelo, entiende que hay una cicatriz en el suelo, siente sentimiento de tristeza y dolor al percibir cómo se degrada la naturaleza, al no tener nada que

la proteja. Entra el sentimiento de preocupación, por lo que vivirán sus hijos y futuras generaciones, que solo sabrán que existió un bosque por imágenes o por historias contadas por las personas adultas.

La dimensión conativa representa más la disposición psicológica, es decir, el interés y la voluntad de actuar a favor del medioambiente. El comportamiento de las personas ante situaciones de injusticia o degradación ecológica. En ella, el estudiante se manifiesta con una actitud positiva y participativa. Del conocimiento y el sentimiento pasan de estar pasivos a tomar acción. Ya no solo es "saber" y "sentir", ahora hay que "actuar", es decir, hacer algo en concreto para mitigar la degradación del territorio. Muestra interés en involucrarse en proyectos de restauración que beneficien a su comunidad y al medioambiente.

Al observar la deforestación y sentir dolor por ese cambio en el paisaje y sus efectos en la erosión del suelo, es momento de hacer algo para restaurar el equilibrio ecológico. De manera individual o colectiva, toma la iniciativa de participar en campañas de reforestación de esa u otras zonas que presentan problemas similares, mediante el apoyo de especialistas que asesoran de qué manera hay que hacer la reforestación para frenar la erosión. Pero no solo actúa de manera directa, sino que de manera indirecta toma conciencia de que pudiera estar comprando productos que provienen de zonas deforestadas; por tal motivo deja de consumir dichos productos. De esta manera se convierte en un guardián del bosque, del que ya aprendió el valor ecosistémico que tiene en su vida y lo que haga a favor del bosque repercutirá en la vida de su comunidad (Marín et al., 2025).

La cuarta dimensión, que es la última, pero no menos importante, se traduce más como la dimensión activa, como aquella ejecución real y efectiva de prácticas en las que, al ser responsables, el conocimiento, el sentimiento y la voluntad se conjuntan y se convierten en comportamiento a favor del medioambiente. En este sentido, acciones como el manejo adecuado de los residuos, el consumo responsable y la protección del suelo se convierten en indicadores que conforman la conciencia ambiental observada en la vida cotidiana y en lo empírico.

Ya no solo es reforestar, sino llevar a cabo acciones de manera organizada y con conocimiento de causa, es decir, de manera científica. Efectúa acciones no solo de reforestación, sino que, aplicando de manera científica esa reforestación, no solo revive el paisaje, sino que

frena la erosión, reactiva el suelo al reaparecer los nutrientes (Puentes, 2025).

Se incorpora a grupos de vigilancia en pro del cuidado de las zonas ambientales, mediante la promoción de declaración de zonas de protección ambiental; de esta manera pasa de una acción individual a una colectiva. De esta manera se puede compartir la experiencia de cómo evitar o recuperar zonas ecológicas alteradas.

En conclusión, de estas cuatro dimensiones. Podemos decir que recuperar una zona alterada no solo basta con ver y sentir, sino que hay que actuar, pero no de manera aislada; es decir, no basta con solo plantar un pino y cuidarlo, sino que esta acción se realice de manera colectiva, para que en el corto plazo se convierta en una política pública que fomente la restauración del suelo. Así de esta manera es como se puede revertir el deterioro ambiental y dejar de ser un sueño utópico el equilibrio ambiental.

Tabla 3. Integración ambiental de las cuatro dimensiones.

Dimensión	Pregunta clave
Cognitiva	¿Entiendo cómo la deforestación afecta en el corto plazo la disponibilidad de agua en mi casa?
Afectiva	¿Me duele ver aquel paisaje verde, ahora convertido en polvo?
Conativa	¿Estoy decidido y convencido de actuar para revertir dicha afectación?
Activa	¿Qué acciones realizó de manera colectiva para restaurar el territorio?

Fuente: Elaboración propia.

En este sentido, la perspectiva interdisciplinaria es indispensable para que el medioambiente pueda considerarse como un conjunto de lo biológico, lo químico, lo social y lo económico, donde se entrelazan y, además, permiten construir explicaciones plausibles. La educación ambiental debe romper con los muros de las asignaturas tradicionales para trasladarse a un diálogo de saberes que permitan entender la realidad de manera integral.

Existen nodos interdisciplinarios que son puntos de unión curricular donde los contenidos de diversas asignaturas llegan a cruzarse ante problemas reales. Estos funcionan más como ejes articulares que le dan sentido y coherencia al aprendizaje; permiten así que los estudiantes apliquen de manera práctica lo aprendido en diversas áreas del conocimiento.

Un ejemplo se da cuando estudiamos el cambio de uso de suelo forestal; ahí se activan diversos nodos de conocimiento. En un principio,

las matemáticas, al calcular la superficie de deforestación; después, la geografía, al el tipo de vegetación afectada, la afectación del clima, el relieve, la pendiente; seguido por la ética al debatir sobre las responsabilidades de los actores que conforman el fenómeno; y, por último, las ciencias naturales que estudian la pérdida de la biodiversidad. Esta integración de diferentes áreas de conocimiento asegura que el problema no sea visto como un dato aislado, sino más bien como aquel fenómeno multidimensional que afecta la vida en todas sus escalas.

Implementar estos nodos resulta importante porque permiten que el currículo escolar se vuelva más dinámico y relevante para el contexto local. Trabajando de esta manera, la educación en las instituciones escolares llega a transmitir el conocimiento de manera más integrada y no fragmentada. Los estudiantes aprenden a conectar las teorías abstractas con fenómenos prácticos.

En el centro de este capítulo se encuentran la geografía y su epistemología al relacionarse con la educación, que propone el suelo como objeto pedagógico. El suelo, entonces, no es solamente un sustrato físico sobre el cual caminamos, sino que representa la base misma de la vida y un soporte fundamental de toda actividad humana. En este sentido, este capítulo ofrece la oportunidad de conectar los saberes científicos y geográficos con la experiencia sensible y cotidiana de la pedagogía y la educación.

El suelo, visto más bien como un laboratorio educativo, es ideal para que los estudiantes se relacionen directamente con la naturaleza, al observar directamente las capas de la tierra, desde formas, colores, dimensiones y la vida que llega a albergar, flora y fauna. El estudiante vive un proceso de indagación desde lo concreto hasta lo abstracto. Esta metodología permite que los conceptos complejos sobre la química de los suelos y la geología se vuelvan tangibles y comprensibles mediante la experimentación y la observación.

Es importante que la educación ambiental supere la mera clasificación técnica del suelo; es decir, aunque son datos importantes desde la mirada científica, el propósito pedagógico es entender el suelo como un recurso finito y siempre vulnerable. El enfoque debe centrarse en los procesos que lo forman, que lo mantienen y que lo destruyen debido a la intervención humana.

Asimismo, el suelo posee una dimensión económica y de identidad que no debe ignorarse. Para muchas comunidades, la tierra es el sustento económico principal, incluso un eje articulador de su propia cultura, por lo que reconocer su valor social resulta primordial para entender cómo solucionar los problemas de manera integral y holística.

Al integrar los factores bióticos y abióticos en el estudio del suelo, permite comprenderlo como un ecosistema vivo. Los estudiantes perciben la materia orgánica a través de sus microorganismos y de los ciclos naturales que los conforman y generan vida. Este conocimiento es clave para fomentar prácticas de manejo sustentable que eviten el uso excesivo de productos químicos.

Hasta este momento, este análisis nos lleva a discutir los paradigmas del desarrollo y de la sostenibilidad. Actualmente, existe una lucha entre el desarrollo económico cada vez más acelerado enfocado hacia la agroindustria, el crecimiento de las zonas urbanas, habitacionales, comerciales e industriales y la necesidad de conservar los ecosistemas y el suelo. La educación ambiental tiene la tarea de poner estas tensiones sobre la mesa, al analizar críticamente a los que se benefician y a quienes pierden con este modelo actual.

El desarrollo sostenible no debe ser un concepto que pase de moda, sino más bien un valor ético y político que se mantenga siempre sobre la mesa en cualquier discusión sobre el medioambiente. Tiene relación con reconocer los recursos del planeta como elementos limitados y finitos, y que el crecimiento económico no se debe sobreponer a la justicia social y la degradación biológica. La escuela debe significar un espacio donde estas teorías permitan que los jóvenes imaginen y propongan alternativas de desarrollo que sean compatibles con los límites de la naturaleza.

Los futuros ciudadanos deben dotarse de la capacidad crítica para cuestionar y equilibrar la presión productiva sobre el territorio. No se trata únicamente de oponerse al desarrollo, sino más bien de seguir el camino de la sostenibilidad real, donde la producción de riqueza respete la riqueza natural. Este equilibrio requiere que los ciudadanos estén informados y que además participen y se comprometan con la protección de los recursos naturales.

En todo este proceso, el docente desempeña un rol fundamental como mediador, estableciendo las relaciones entre el conocimiento y los estudiantes. Es decir, no ser un mero transmisor de conocimientos, sino

más bien un guía que provoque y propicie oportunidades de aprendizaje mediante la escucha y el trabajo colaborativo. El docente, como mediador, también ayuda al alumno a transformar su conocimiento en información técnica y en herramientas que le permitan cuidar nuestro medioambiente.

Además de esto, el profesor debe actuar como un investigador de su propia práctica, donde diagnostique constantemente las debilidades y fortalezas de su labor educativa. Miranda López et al. (2014) destacan que el trabajo metodológico es muy importante en las escuelas, porque unifica criterios y vincula de forma efectiva la teoría con la práctica docente. Este proceso es, en realidad, una reflexión continua sobre los ritmos y estilos de aprendizaje de los estudiantes.

El entorno inmediato constituye el recurso didáctico principal; Villamil Velandia (2018) sugiere que el espacio natural, es decir, fuera del aula tradicional, es la fuente principal y con mayor potencial para formar los valores ambientales. Utilizar su propia comunidad, familia y casa permite que los estudiantes desarrollen un sentido de pertenencia, más que cualquier libro de texto.

La educación ambiental fundamentada teóricamente busca formar sujetos críticos, que no solo comprendan su entorno, sino que también sean capaces de transformarlo a favor del medioambiente. Integrar las cuatro dimensiones que se expusieron párrafos arriba es vital para crear un conocimiento compartido, animar a la corresponsabilidad y desarrollar una conciencia ambiental. Este proyecto pedagógico se centra en el respeto a la naturaleza, el conocimiento del suelo y el equilibrio ecológico y económico.

Integrar la educación ambiental en la enseñanza de las ciencias permite abordar las problemáticas desde una perspectiva viva y distinta a la convencional. Las problemáticas representan retos sociales complejos en donde los tratamientos son vitales para que puedan solucionarse. Introducir estos debates en temas políticos y sociales resulta útil para que las políticas públicas no sean solamente ideas sin fundamento, sino que estén bien sustentadas y logren capitalizarse.

Este cruce entre la educación científica y la ambiental propicia un espacio de innovación pedagógica que reconoce la actividad científica en la realidad social. En este sentido, no solo basta con acercar a los estudiantes a los aspectos biofísicos, sino que es necesario reconstruir la red de relaciones entre lo social, lo cultural y la naturaleza.

Sin embargo, para que estas discusiones se trasladen a cambios reales en el campo de la empírica, es indispensable que la alfabetización ecológica y ambiental profunda se dé en las escuelas. Motomura (2002) sostiene que las decisiones que afectan la sostenibilidad deben ser tomadas por personajes que comprendan cómo funcionan los cambios en los ecosistemas. Por ello, la formación docente debería incluir aspectos que involucren las 4 dimensiones antes mencionadas.

En el aspecto metodológico, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) se convierte en una estrategia muy efectiva para contextualizar el estudio del suelo con los problemas reales de las comunidades. Esta metodología permite a los estudiantes enfrentar retos relevantes con base en los conocimientos que poseen y los aspectos técnicos que han recabado. Por ejemplo, tener un huerto escolar. El ABP fomenta que los estudiantes posean autonomía propia e indaguen críticamente información necesaria de su entorno inmediato, para proponer soluciones.

Estos escenarios educativos deben centrarse en desarrollar las competencias que permitan a los estudiantes identificar problemas reales y vincularlos con análisis escolares. Sin embargo, se necesitan situaciones planteadas en clase que no sean artificiales, sino que estén relacionadas con los contextos inmediatos de los estudiantes. Trabajar en grupos pequeños o mesas de trabajo en donde el docente esté mediando y se asegure de que los alumnos logren incorporar diversos procedimientos para comprender la situación real o hipotética.

La relevancia de implementar estos procesos desde las primeras etapas de la vida es indiscutible para el éxito de cualquier proyecto pedagógico. Investigaciones sobre el desarrollo infantil señalan que los primeros años definen las capacidades futuras del individuo, dado que el cerebro alcanza casi su tamaño definitivo a los seis años. En este sentido, la Educación Ambiental (EA) en la infancia no es solo un proceso educativo, sino un factor preventivo indispensable que ayuda a compensar desigualdades sociales, instalando una conciencia ambiental sólida desde la receptividad propia de la niñez.

Para que un modelo pedagógico funcione realmente en el aula, debe cumplir tres funciones clave: interpretar la realidad de manera sencilla, diseñar los rasgos más importantes del aprendizaje y ajustar la práctica para obtener mejores resultados. Esto asegura que el modelo no sea una copia vacía de teorías externas, sino una herramienta conceptual que eleva la calidad de la educación al adaptarse a lo que cada contexto social e histórico exige del estudiante y su comunidad.

En este orden de ideas, la didáctica, vista como una ciencia, debe entender y guiar el aprendizaje mediante teorías que expliquen qué ocurre realmente en el espacio educativo. Por ello, la labor del docente no puede ser estática ni puramente técnica; requiere una reflexión constante sobre su propia práctica o “praxis”. Como planteaba Freire (2009), educadores y alumnos deben reconocerse como sujetos capaces de transformar su mundo mediante la reflexión crítica y la acción conjunta sobre su realidad inmediata.

El territorio local constituye, en sí mismo, el mejor laboratorio geográfico disponible para el docente. Los distintos usos del suelo, caminos, infraestructura, cuerpos de agua, zonas de minería y zona de protección ambiental muestran claramente las tensiones del desarrollo actual. La educación ambiental tiene que partir de este conocimiento del entorno para que los estudiantes entiendan las interdependencias globales; es decir, comprender que lo que pasa cerca de casa muchas veces tiene su origen en problemas económicos y políticos mucho más grandes y distantes.

Sin embargo, uno de los principales frenos para solucionar los problemas ambientales en las comunidades ha sido la falta de una participación social efectiva. La EA debe proponer herramientas participativas para evitar que los conflictos se resuelvan siempre a favor de los sectores con más poder. Trabajar desde el concepto de “conflicto ambiental” permite ubicar quiénes están involucrados y dónde están las disputas en el territorio, abriendo paso a formas más horizontales y democráticas de producir conocimiento entre los actores locales.

Al estructurar los planes de estudio, resulta vital utilizar ejes transversales como la biodiversidad y la sostenibilidad creativa. Estos ejes no están aislados entre sí, además de que no deben ser tratados como teoría muerta, sino que tienen que nacer de preguntas de investigación basadas en lo que ocurre directamente en la comunidad. Utilizar herramientas como la cartografía social o el árbol de problemas ayuda a que docentes, alumnos y padres de familia prioricen juntos qué acciones son urgentes para su territorio, transformando la escuela en un motor de cambio social.

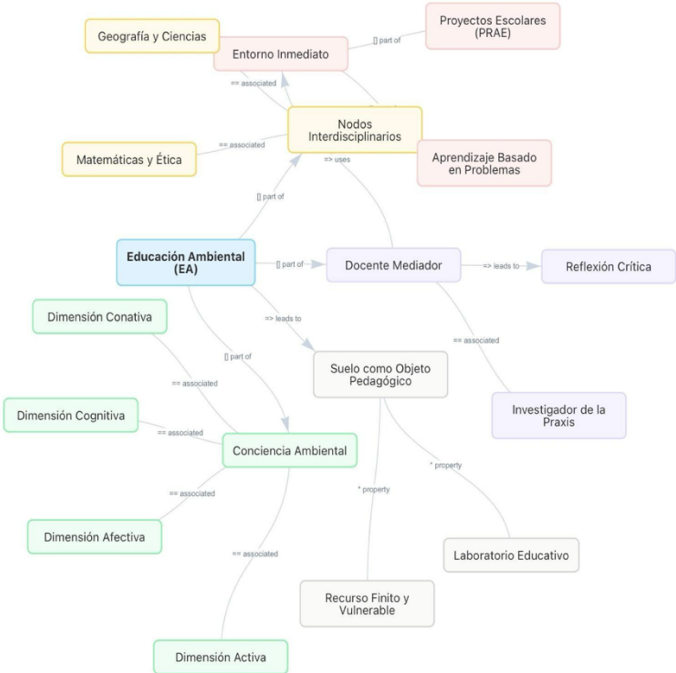
Llevar la dimensión ambiental a la escuela también exige una organización curricular que deje atrás el “activismo ciego” y las actividades superficiales. Los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) no pueden quedarse solo en celebraciones de fechas ambientales o jornadas de aseo aisladas. Tienen que ser proyectos pedagógicos integrales que analicen los factores políticos y económicos

del entorno. Solo así se logrará pasar de una visión limitada de la naturaleza a una comprensión y acción real de la complejidad ambiental en la que vivimos.

La evaluación en la EA debe entenderse como un proceso formativo e integral, lejos de los métodos tradicionales. No buscamos que los estudiantes memoricen datos técnicos sobre el suelo, sino comprobar si los nuevos conocimientos tienen sentido para su vida y si son capaces de aplicarlos. Evaluar de forma constante permite ajustar las estrategias sobre la marcha, logrando que tanto el equipo docente como los estudiantes reflexionen a fondo sobre el impacto real que su trabajo está teniendo en la protección de su propia comunidad.

A continuación un organizador gráfico en donde se observan las relaciones entre las dimensiones y los aspectos más relevantes que se discutieron en el presente capítulo.

Imagen 2. Red de relaciones conceptuales sobre la Educación Ambiental.



Fuente: Elaboración propia con base en Motomura (2002), Miranda et al. (2014) y Villamil (2018).

enfoque se ha desplazado hacia cómo aprenden los sujetos; de esta forma, es posible profundizar en los procesos cognitivos y emocionales que motivan el cambio de comportamiento. La investigación parece estar muy centrada en el desarrollo de métodos de enseñanza específicos (Teaching methods) y en la creación de entornos de aprendizaje efectivos que fomenten una conciencia crítica.

El clúster verde, liderado por la Sociología y la Ciencia Política, destaca la importancia creciente de los aspectos cívicos y éticos. Conceptos como "educación para la ciudadanía" y "ética en la ingeniería" muestran que la educación ambiental se está integrando en la formación de profesionales y ciudadanos responsables. Ahora ya no es solo transmitir conocimientos sobre el ecosistema, sino también promover debates sobre gobernanza, relaciones públicas y el impacto social de las decisiones tecnológicas y políticas.

La presencia destacada de la Sostenibilidad y la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) refleja una tendencia a integrar estos conceptos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Este enfoque actúa como un puente entre la teoría educativa y su aplicación en la vida diaria, relacionándose con áreas como el manejo de recursos naturales y la planificación. La educación ambiental se valora aquí como una herramienta fundamental para construir una resiliencia global.

Un aspecto que destaca es nuestra conexión con las Ciencias de la Salud y la Medicina (clúster azul). La llegada de conceptos como "Salud ambiental", "Virología" y "Enfermedades" refleja claramente cómo la pandemia global de los primeros años de la década nos impactó profundamente. Entre 2020 y 2026, la investigación en educación ambiental ha integrado la salud humana como una parte esencial del bienestar del ecosistema, reforzando así la idea de "Una sola salud" (*One Health*).

El sector de negocios y economía (*Business, Finance, Natural resource economics*) revela cómo la educación ambiental se ha integrado en el ámbito corporativo. La formación ya no se limita a las escuelas, sino que también abarca capacitación en "*Stakeholder engagement*" y modelos de negocio sostenibles. Esto indica una profesionalización de la sostenibilidad, en la que el análisis de la huella (Footprint) y la economía circular son temas clave.

La Geografía y las Ciencias de la Tierra(esfera amarilla) conservan su importancia histórica, pero ahora colaboran estrechamente con la tecnología y los datos. La cartografía y el análisis de gases de efecto invernadero ofrecen la base empírica para los discursos educativos. Este sector del mapa asegura que la educación ambiental siga asentada en la realidad biofísica del planeta.

Es notable un interés cada vez mayor en la Educación Ambiental para Adultos y en el aprendizaje a través de la experiencia. Esto refleja un cambio respecto al modelo tradicional, que se enfocaba únicamente en los niños. El mapa indica que la investigación está favoreciendo el aprendizaje a lo largo de toda la vida, entendiendo que la urgencia del cambio climático exige reeducar de inmediato a las generaciones activas para que tomen decisiones informadas.

La conexión entre la tecnología y los lenguajes de programación impulsa una transformación en la educación ambiental. Gracias a simulaciones, análisis de datos y herramientas digitales para modelar ecosistemas, los estudiantes pueden comprender conceptos complejos, como el cambio climático, de manera más concreta. Esto les ayuda a visualizar posibles escenarios futuros, haciendo que temas abstractos sean más cercanos y fáciles de entender.

Transformación del paisaje: el impacto en la actividad humana

En el presente capítulo se expone el caso de la transformación de un territorio, en su dinámica espacial. Se analizan los factores que han detonado este fenómeno, apoyados en datos estadísticos y geográficos, y se presentan en mapas. Se pretende utilizar este ejemplo de manera extensa para que sirva de guía en los siguientes capítulos, dado que se harán referencias a algunos tecnicismos que ayudarán a comprender la lógica de funcionamiento de diversas metodologías pedagógicas.

El territorio, presionado para transformar su forma tradicional de cultivo e introducir la agroindustria de alto valor, termina por someterse a una metamorfosis radical en su configuración paisajística, impulsada por la demanda de productos agrícolas de alto valor comercial.

Conocer el territorio en el que vivimos es de vital importancia para conocer qué elementos físicos y ambientales hay en el entorno y, de esta manera, conocer los elementos que pueden ser preservados y conservados, así como los que pueden ser explotados de manera racional para la producción agroalimentaria.

Conocer la ubicación geográfica como punto de partida, lleva a identificar el entorno en el que se vive, no solo como un territorio con

un nombre, una avenida o una calle; a identificar que hay algo más allá de eso; un entorno rodeado probablemente por montañas, ríos, selva, desiertos y lagos. Ese lugar donde se acostumbra a ir a caminar, correr o descansar en familia. Es un lugar donde todo fluye con prisa. Pero que nos hace recordar que somos parte de la tierra (Ortiz et al., 2023).

Es esencial conocer en qué parte del mundo vivimos, desde el continente, país. Debemos saber que el territorio que habitamos tiene un límite geopolítico. El cual sirve para delimitar los alcances de los gobernantes, de manera local, estatal o nacional. Es decir, qué pueden hacer y hasta dónde lo pueden hacer. Imaginemos que al norte de la ciudad existe una montaña; es importante saber si esa montaña pertenece a la localidad en donde habitamos o pertenece a otra.

Hablar de la ubicación geográfica de nuestro entorno va más allá de los que tienen un nombre, una avenida o una calle. Décadas atrás, la imaginación era nuestra única herramienta para tratar de entender qué había más allá de nuestro territorio. Hoy, aparte de la imaginación, contamos con herramientas tecnológicas que nos permiten observar el territorio por arriba de las nubes. Desde esa óptica, el territorio es muy distinto a cómo lo percibimos en la vida cotidiana por los caminos que habitualmente recorreremos. Observa la Imagen 1; en ella el territorio se muestra de manera natural.

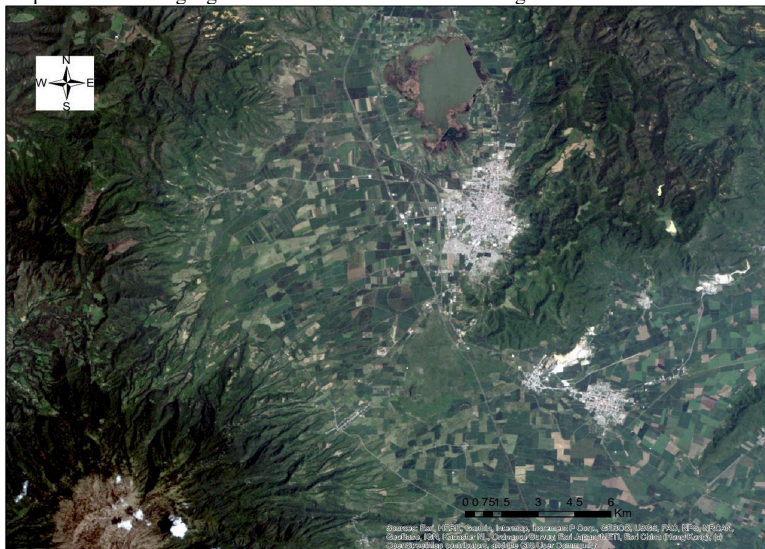
Lo primero que observarás es que no existen líneas que dividan el territorio, es decir, no distinguiremos los límites geopolíticos establecidos por el ser humano. Caso contrario a los mapas que se ilustran en los libros de texto de geografía, en donde nos señalan con líneas o colores los límites de países, estados o municipios. Pero en una imagen satelital sin procesar: esos límites no existen.

Una imagen satelital nos muestra un límite paisajístico, es decir, un valle, un sistema montañoso o un cuerpo de agua (presa, lago, laguna u océano). Así como los ríos, el viento, la flora y la fauna no conocen de límites geopolíticos. Por ejemplo, en un sistema montañoso, rodeado por bosque, si llegase a incendiarse en una parte, el resto también se verá afectado por el humo y la pérdida de la biodiversidad incendiada.

La importancia de ubicarse geográficamente es comprender que la naturaleza no entiende de límites geopolíticos.

Ahora imagina entrar a Google Earth y buscar tu ciudad; podrás darte cuenta de elementos geográficos que quizás desconocías que estaban relativamente cerca de tu ciudad.

Mapa 1: Elementos geográficos del territorio desde una imagen satelital.



Fuente: Elaboración propia mediante el procesamiento de datos ráster en el sistema de referencia WGS 1984.

El mundo está compuesto de agua y tierra. El agua se comprende por los océanos y cuerpos de agua al interior del territorio. La tierra es lo que conforma los continentes; ambos componentes tienen diversos nombres impuestos por el ser humano para distinguirlos geopolíticamente.

Pero bien, hablemos de tres grandes sistemas que en la actualidad conforman la Tierra. Por un lado, tenemos las montañas, esas partes que parecen arrugas vistas por arriba de las nubes; esas arrugas son los caminos por donde circula el agua en tiempos de lluvia. Es el hábitat de mucha fauna silvestre. Entre su función principal está la regulación del clima y es la fábrica del agua y nutrientes.

Al pie de estas montañas están las zonas agrícolas, extensos valles que, vistos desde el cielo, son pequeños cuadros con diferentes tonalidades de verde o café, dependiendo de la estación del año en la

que se tome la imagen satelital. Las zonas agrícolas son donde el ser humano produce los alimentos para su subsistencia, pero la ambición por producir más ha orillado a apoderarse de zonas de laderas y a una lucha constante por el suelo y el agua.

Finalmente, tenemos las zonas urbanas, aquella área que vista por arriba de las nubes parece una mancha gris que interrumpe el entorno, algunas de manera continua, otras de manera discontinua, que van dejando huecos entre ellas. Esta zona urbana compuesta por cemento y asfalto ha sellado el suelo, pasando de ser un suelo fértil a una superficie impermeable, donde el agua ya no se infiltra, sino que, por el contrario, corre por las calles, provocando inundaciones.

Conociendo el territorio desde una vista de Alcón, es decir, por arriba de las nubes, podrás empezar por entender el entorno que te rodea y qué rol juegas en la ecología del planeta (Sánchez, 2024).

Como bien menciona Milton Santos (2000), el territorio no es un objeto inerte, sino el lugar donde desembocan todas nuestras acciones, pasiones y esperanzas. En la era tecnológica que vivimos, parece hacernos ciegos ante nuestro entorno geográfico. Transitamos sobre el territorio sin conocer el tipo de suelo que pisamos; vemos nuevos edificios, fraccionamientos, carreteras o incluso la transformación de zonas de cultivo que hoy son paisajes de plástico. Pero no nos damos cuenta de que esos cambios alteran la naturaleza y que va más allá del entorno en que vivimos.

Entonces, una vez que has entendido en qué parte del planeta vives, entenderás que es como un rompecabezas, en donde tu entorno es solo una parte de ese gran rompecabezas. Pero ese rompecabezas da sustento a la vida de todo ser viviente que habita la tierra. Imagina que sales al campo y observas un charco de agua; eso equivaldría al lugar en donde vives, es decir, vives dentro de una cuenca. Una cuenca es donde el agua de lluvia se acumula.

Esta cuenca está conformada por esos pliegues o escurrimientos de los sistemas de valles y montañas. Existen dos tipos de cuencas: las exorreicas y las endorreicas. La primera, su principal característica es que toda el agua que corre a suelo abierto termina en el mar, porque es abierta, y posiblemente esté interconectada por diversas cuencas exorreicas.

La segunda se caracteriza por que es un cuerpo de agua cerrado; esto significa que todo escurrimiento superficial termina en un punto en común en la parte más baja de la cuenca; todo lo que escurre dentro de ella se queda ahí; no solo escurre agua, sino que también la tierra (sedimentos) que es arrastrada por el agua; por lo general, ese punto más bajo es un cuerpo de agua natural. Todo lo que suceda en el valle, montaña o ríos dentro de esta cuenca terminará repercutiendo en la laguna o, en su caso, en el área urbana. Es aquí donde empiezas a hacer conciencia ambiental, al darte cuenta de que cualquier alteración que se haga, ya sea un incendio forestal, una tala de árboles, un cambio de uso de suelo agrícola o simplemente la creación de infraestructura urbana, terminará afectando en el punto más bajo de la cuenca.

Los cuerpos de agua de las cuencas endorreicas son llamados humedales. No solo es un espejo de agua que alberga aves; su función va más allá de eso. Son el sustento de la vida de la cuenca. Ya que son como los pulmones y los riñones de la cuenca. Al filtrar el agua al subsuelo, eliminando contaminantes y limpiando el aire, de esta manera se mantiene el equilibrio ecológico. En el mundo, muchos humedales están siendo declarados bajo la Convención Ramsar, por su importancia para las aves migratorias y por ser de importancia para conservar la salud del planeta (Secretaría de la Convención sobre los Humedales, 2005).

Para ubicarte, también hay que reconocer la elevación de las montañas, que son las partes más altas de la Tierra. Probablemente, alguna ocasión has escuchado que se habla sobre la elevación sobre el nivel del mar, por ejemplo. El Monte Everest, considerado el techo del mundo, alcanzó una altura oficial de 8,848.86 metros tras los últimos estudios realizados con tecnología satelital y GPS (Gobierno de Nepal y Gobierno de la República Popular China, 2020). ¿Te Preguntarás: ¿qué tiene que ver la altura con la ubicación geográfica? La elevación es la que regula el clima y da sustento a la vida en el planeta (Scull et al., 2023).

De esta manera te podrás dar cuenta de que no es lo mismo vivir a nivel del mar, a nivel en una ciudad o en zonas montañosas. Imagina un territorio. Con una elevación aproximada de los 4,000 msnm, aquí las condiciones del clima son frías; aquí el aire es más ligero y de baja presión atmosférica. La poca precipitación que pudiera presentarse termina congelada. A esta altura, la vegetación se

caracteriza por la presencia de bosques, cuyas raíces se aferran a las rocas para sobrevivir. Por lo cual son contados los lugares en el mundo en donde encontraremos asentamientos humanos.

En tanto que unos metros más abajo, a los 1,500 msnm, aquí el clima se convierte en semicálido semihúmedo, con una temperatura promedio de los 18 °C y con mayor precipitación. Aquí es donde es el lugar ideal para la vida; es donde el ser humano desarrolla la mayor parte de la producción alimentaria, que sustenta la vida de la población mundial.

De esta manera, conocer dónde se está viviendo es esencial para entender el rol de la sociedad y de la economía local o regional. El valle o la montaña tienen un rol, ya sea captación de agua o producción de alimentos.

Para conocer nuestro territorio ya no basta con salir a caminar, recorrer senderos o subir montañas. Ahora contamos con herramientas tecnológicas que nos permiten visualizar desde el espacio. ¿Cómo es que está armado este rompecabezas? La imagen 1 es una imagen de satélite Landsat; en ella podemos identificar de forma detallada qué hay en el suelo: cuerpos de agua, sistemas montañosos, valles, laderas, zonas de cultivo; además, podemos extraer información como la temperatura, humedad, vegetación. Así como zonas urbanas, vías de comunicación, zonas contaminadas, entre otras tantas cosas.

Hacer mediciones y contrastar un histórico de crecimiento o decrecimiento, dependiendo de lo que se quiera analizar. Por ejemplo, podemos conocer cuál ha sido. El crecimiento del cuerpo de agua de algún humedal. El crecimiento de la mancha urbana de una ciudad a lo largo del tiempo o cuantificar el área de afectación de un incendio forestal de gran dimensión. También se puede cuantificar la superficie sembrada y contrastarla con las estadísticas oficiales, que por lo general no coinciden. Como señala Enrique Leff (1998), la educación ambiental no es solo aprender valores, es comprender los límites ecológicos del territorio y denunciar cuando estos se rompen por intereses económicos. De esta manera, podemos poner en evidencia con una imagen de satélite lo que está ocurriendo en la realidad. En el territorio.

El suelo no es solo tierra, no se formó de la nada, ni se regenera de un día para otro. Es un proceso geológico que ha tardado millones de años en su formación, para lo cual se conjugaron procesos que dieron origen a los nutrientes, que a su vez es el origen de la vida.

Cualquiera que sea nuestra ubicación en el mundo, el suelo que está debajo de nuestros pies suele ser distinto al de otras partes del mundo. Tal como explican Weil y Brady (2024) en su análisis sobre la naturaleza del suelo, entender sus propiedades nos permite comprender cómo se filtra el agua y cómo se reciclan los nutrientes en cualquier rincón del planeta, desde las montañas más altas hasta los valles.

Según la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB, 2024), existen exactamente 32 grandes grupos de suelo en todo el mundo. Cada parte del mundo es única y tiene sus propias características, como son el clima, el relieve, flora, fauna, tipo de roca y el tiempo de formación en la vida geológica.

Entonces, ¿por qué es importante conocer el tipo de suelo que hay bajo nuestros pies? Es para saber qué tan lleno de vida está, si está en su estado natural o ha sido alterado y, por ende, poder llevar a cabo acciones concretas para cuidarlo o restaurarlo, para que nos siga dando vida.

De esos 32 tipos de suelo, tres de ellos son fundamentales para la producción de alimentos que dan sustento a la vida del ser humano. El feozem, que destaca por ser rico en materia orgánica, es una capa gruesa y fértil, apta para los cultivos protegidos bajo plástico y para la expansión urbana. El Regosol, que es de los suelos más jóvenes hablando de tiempo geológico, se encuentra en los sistemas montañosos, en donde el suelo apenas empieza a formarse. Su capa es muy delgada o está al desnudo por los deslaves en tiempo de lluvia, ya que el agua fluye sin ninguna barrera, por lo que su capa no es tan profunda como el feozem y tiene alta presencia de rocas. Finalmente, está el cambisol; se localiza entre la transición de la montaña y el valle. Su principal característica es que drena el agua, lo que lo hace un suelo apto para la agricultura.

Cuando logramos entender nuestra ubicación geográfica y conocemos el tipo de suelo que estamos pisando, empezamos a comprender los procesos que se presentan a nuestro alrededor, las presiones que está recibiendo el suelo: por una parte, la presión urbana, ganar territorio para ser urbanizado sin importar qué afectaciones genere en el corto, mediano y largo plazo para la misma subsistencia del ser humano.

En tanto la presión de la agroindustria, al sustituir suelos boscosos por suelos agrícolas, pero más que eso es el tipo de cultivo que

se esta introduciendo, cultivos que están empobreciendo el suelo al dejarlo desnudo sin ninguna protección ante la lluvia y la agricultura que cubre grandes extensiones de suelo son plástico, lo que provoca que el agua ya no se infiltre, si no por el contrario corra con gran fuerza pendiente abajo provocando desastres y a su vez erosiona el suelo por donde fluye, dejando caminos erosionados.

Entonces, entender nuestra ubicación en el mundo es comprender que un cambio en la ladera o en el valle afecta directamente la disponibilidad y calidad del agua y nuestro futuro. Si no comprendemos estas acciones, es vivir en una ceguera ambiental que hoy se define como una falta de inteligencia relacional sistémica (Sterling, 2024).

En cuanto a la transformación del paisaje, hay que considerar que el territorio no es solo lo que nos rodea; es más allá de lo que visualizamos desde la ventana de la casa o el trayecto al trabajo, casa o lugar de recreación. En la actualidad, la educación ambiental del paisaje es un ente vivo; convergen elementos sociales y la aplicación del conocimiento de diversas disciplinas para comprender cómo funcionan los procesos biológicos de nuestro planeta. En la investigación geográfica, mencionan que existe una "geografía del poder", es decir, que cada acción económica que se realice sobre el territorio deja una cicatriz en el territorio. Las reflexiones sobre el territorio como construcción relacional del poder continúan vigentes en la geografía contemporánea, retomando los aportes clásicos de Raffestin (1980) (Villagómez-Velázquez, 2025).

Como se menciona en párrafos anteriores, el uso de la herramienta de Google Earth no es solo un visualizador de imagen satelital del globo terráqueo o del lugar donde vivimos. Va más allá de eso; es el expediente clínico de las alteraciones que por siglos han sido alteradas de manera natural o antrópica.

En cambio, del paisaje que sufren las zonas montañosas, el valle y las áreas urbanas, el crecimiento de zonas desérticas, la sequía de cuerpos de agua, la creación de zonas turísticas y urbanas dentro de los océanos, por citar algunos ejemplos a nivel global, no son fenómenos creados o modificados por la naturaleza; por el contrario, es resultado de un modelo industrial desarrollado desde hace 2 siglos y que sigue estando vigente en la actualidad.

El conocer esas cicatrices que tiene hoy nuestro territorio es crucial para entender por qué es importante que la conciencia ecológica penetre en todos los niveles educativos y de esta manera revertir el daño hecho al suelo. De esta manera empezáramos a generar conciencia de la importancia del medioambiente en la supervivencia del planeta y del ser humano.

Por siglos antes y después de Cristo, la alteración o modificación de los procesos de degradación del suelo, erosión y la modificación del relieve eran generados por procesos geológicos. Pero para McCarthy et al. (2023), el Antropoceno está marcado por un "aumento repentino y masivo en la actividad humana" (p. 3) vinculado a las huellas radiactivas de mediados de siglo.

Históricamente, los procesos geológicos como la erosión, la tectónica de placas y el vulcanismo eran los únicos capaces de alterar el relieve a gran escala. Sin embargo, hemos entrado en lo que muchos científicos denominan el Antropoceno. Pero poco a poco fue apareciendo la mano del hombre con la industrialización. En este periodo, la humanidad se ha convertido en el principal agente geomorfológico, denominado Antropoceno. Según McCarthy et al. (2023), este periodo está marcado por un "aumento repentino y masivo en la actividad humana"

El Antropoceno está marcado por la alteración de tierras para diversas actividades humanas, que van desde la agricultura, industrialización, minería y áreas urbanas y paisajes naturales superficiales. Lo que ha superado ya el volumen de sedimentos transportado anualmente por todos los ríos del mundo sumados" (Sánchez, 2024).

Sánchez (2024) nos hace reflexionar sobre la razón de la intervención del ser humano en el territorio. Al observar una imagen de satélite, se observan elementos naturales y áreas antropogénicas. Las mismas que cada vez es más difícil determinar a simple vista el límite entre ambas. Las áreas naturales no solo se erosionan por procesos naturales, sino que ahora, por la intervención del hombre, las alteran para la construcción de infraestructura urbana, industrial, extracción de minerales o cambio de uso de suelo industrial. Pero este cambio no solo es visual, sino que altera procesos hidrológicos, corredores biológicos, lo que pone en riesgo la vida que depende de estos procesos.

A lo largo de la historia, el suelo es el elemento natural al que menos importancia se le ha prestado en el entorno de la conservación del medioambiente. A pesar de que gracias a él existimos, en él se producen los alimentos, se desarrollan diversidad de hábitats, generadores de aire, se desarrollan los procesos para que el agua se infiltre al subsuelo; en general, se genera vida. De aquí la importancia de que todo ser humano entienda que el suelo no es mera tierra, sino que es un elemento biológico vivo.

Retomando los 32 grupos de suelo. Weil y Brady (2024) destacan que el suelo actúa como el filtro del planeta, un reactor químico y un reservorio de carbono. Cada tipo de suelo alberga un paisaje distinto, formado por diferentes periodos de tiempo a lo largo de la historia. El suelo no es un elemento muerto, es un ente vivo en constante evolución.

Aquí tenemos 3 ejemplos de tipos de suelo. A) Los ferralsoles, cuya principal característica es el color rojizo o amarillo por la acumulación de óxidos de hierro y aluminio, son de mucha profundidad; los podemos encontrar en selvas tropicales en el Amazonas y el Congo. Son pobres en minerales y nutrientes. Son uno de los principales generadores de oxígeno del planeta; no son aptos para la agricultura tradicional; B) Los chernozems, cuya principal característica es ser de color negro, lo que hace que se le conozca como el "suelo de oro negro". Este suelo es el más fértil del mundo, por tener abundante materia orgánica y calcio; la capa superficial puede alcanzar hasta los 60 centímetros de espesor. En este suelo es donde se cultiva la gran mayoría de trigo y maíz del mundo. Este tipo de suelo se encuentra principalmente en Estados Unidos, Rusia, Canadá y Ucrania, y C) Los histosoles se caracterizan por su materia orgánica compuesta por muchas capas y capas de plantas muertas de mucha antigüedad, que nunca se pudrieron. Esto sucede porque hay exceso de agua, que impide la descomposición de dichas plantas, por la falta de oxígeno. Creando mucho carbono de miles de años atrapados. Su función principal es la de evitar que el planeta se caliente demasiado. Estos suelos se encuentran principalmente en Alaska, Canadá y Rusia.

En México, de acuerdo con la Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2023), se han identificado 26 de los 32 grupos de suelo de la clasificación mundial; los Leptosoles representan el grupo más extendido, cubriendo aproximadamente el

24% del territorio nacional (equivalente a unos 54.3 millones de hectáreas).

Los leptosoles en México se encuentran en las serranías y zonas áridas, tienen una profundidad inferior a los 25 cm, por encima de suelo rocoso; por lo general son suelos jóvenes, formados a partir de la erosión generada en las pendientes de las zonas montañosas.

Si el Ferralsol es la selva y el Chernozem el granero, el Leptosol es el esqueleto de México. Predomina en todas nuestras grandes sierras y zonas áridas. Su función principal es la recarga de los mantos acuíferos, al retener el agua para su infiltración, además de ser un pilar fundamental para la vida de los bosques de pino-encino.

México, al contar con tanta variedad de tipos de suelo, enfrenta un gran reto para garantizar la seguridad alimentaria de su población, ya que un alto porcentaje del suelo es roca.

Tabla 4. Clasificación de suelos en México

	Tipo de Suelo	% Superficie	Característica Principal	Aptitud
1	Leptosol	28.30%	Muy delgados sobre roca.	Forestal (pino/encino), pastoreo caprino y agave silvestre.
2	Regosol	13.70%	Poco desarrollados (arena/piedra).	Frutales, silvicultura y agricultura de subsistencia (maíz).
3	Phaeozem	11.70%	Ricos en materia orgánica.	Granos básicos: Maíz, trigo, sorgo y hortalizas de exportación.
4	Calcisol	10.40%	Acumulación de cal.	Algodón, vid (uva), nuez y forrajes (con riego).
5	Luvisol	9.00%	Acumulación de arcilla profunda.	Café, cítricos, caña de azúcar y pastizales ganaderos.
6	Vertisol	8.60%	Arcillas que se agrietan.	Caña de azúcar, arroz, algodón y sorgo (muy productivos).
7	Cambisol	4.30%	Suelos jóvenes en formación.	Agricultura diversificada: hortalizas, leguminosas y frutales.
8	Arenosol	1.80%	Principalmente arena.	Coco, palma de aceite, sandía y turismo (zonas costeras).
9	Solonchak	1.80%	Muy salinos.	Pastos resistentes a sal y acuicultura (camarón).
10	Kastañozem	1.70%	Color café, semisecos.	Ganadería extensiva y cereales de ciclo corto.
11	Gleysol	1.50%	Saturados de agua.	Arroz, pastos para ganadería tropical y conservación.

12	Fluvisol	1.30%	Sedimentos de ríos.	Altamente fértiles: Plátano, cacao, papaya y hortalizas.
13	Chernozem	1.30%	El "Oro Negro".	Trigo de alta calidad, girasol y producción de semilla.
14	Andosol	1.30%	Ceniza volcánica.	Aguacate (Oro Verde), papa, café de altura y bosques.
15	Umbrisol	0.70%	Ácidos y oscuros.	Papa, flores de ornato y manejo forestal sustentable.
16	Durisol	0.60%	Capas de tepetate duro.	Uso limitado; requiere roturación para nopal o agave.
17	Acrisol	0.50%	Muy ácidos (trópico).	Plantaciones forestales (pino tropical), caucho y piña.
18	Planosol	0.40%	Se inundan fácilmente.	Pastoreo estacional y algunos cereales (arroz/avena).
19	Solonetz	0.40%	Exceso de sodio.	Pastoreo muy limitado y vegetación nativa tolerante.
20	Gypsisol	0.30%	Ricos en yeso.	Minería de yeso y plantas raras del desierto.
21	Nitisol	0.10%	Arcillas rojas brillantes.	Café de especialidad, cacao y frutales tropicales finos.
22	Lixisol	<0.1%	Lavados (menos ácidos).	Silvicultura y ganadería extensiva en el trópico.
23	Histosol	<0.1%	Turba (materia orgánica).	Conservación (no se recomienda uso agrícola).
24	Ferralsol	<0.1%	Oxidos de hierro extremos.	Selva nativa; agricultura de "roza-tumba-quema" limitada.
25	Plintosol	<0.1%	Arcilla que se endurece.	Ganadería muy pobre y extracción de material de construcción.
26	Antrosol	<0.1%	Hechos por humanos.	Huertos urbanos, parques y zonas de recolección.

Fuente: Elaboración propia con base en Suelos y edafología nacional, por la Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2023.

En la actualidad, los suelos a nivel mundial presentan una gran amenaza por parte de las actividades humanas, como es la compactación del suelo para la expansión urbana, así como el alto uso de agroquímicos en la agricultura, lo que degrada la biodiversidad. Como afirma Sterling (2024), perder un centímetro de suelo fértil puede tomar milenios en recuperarse, pero la actividad humana lo destruye en cuestión de horas, días o meses, por no tener una adecuada conciencia ambiental y una mala planificación. El paisaje es el traje de gala de la tierra. Todo lo que se le modifique irá alterando ese traje y, por consiguiente, su apariencia. Sin considerar en lo más mínimo una reparación que trate de revertir dicho daño. Un ejemplo de esto es la minería, la cual pasó de una extracción subterránea a una explotación y erradicación de montañas

para conseguir algunos kilos o gramos de mineral. Anteriormente, la minería a simple vista no era tan visible, por lo que se consideraba una mínima alteración el traje, pero hoy en día esa minería implica cambios radicales en el traje, o sea, el paisaje del suelo. Lo mismo pasa con la tala clandestina de los bosques y selvas, los basureros a cielo abierto, la contaminación por basura de ríos o cuerpos de agua, incendios forestales, derrames de petróleo y el crecimiento de las zonas urbanas e industriales.

Actualmente, con el apoyo de los SIG e imágenes de satélite, estas acciones son percibidas a gran escala. De esta manera, el paisaje no solo es visual, sino una alteración al ambiente y al entorno. Cualquiera de las anteriores afectaciones pone en riesgo la regeneración del suelo en la escala del tiempo de vida del ser humano. Se dice que estamos transitando a una ecología verde, es decir, a una energía limpia. Pero la cuestiones: ¿A qué precio? En verdad, ¿estamos cuidando el planeta, o lo estamos destruyendo a un paso más acelerado? Esa ecología verde tiene una repercusión paisajística. Algunos de los minerales que se están utilizando para la elaboración de baterías o paneles solares están demandando la explotación minera a cielo abierto, para la obtención de litio, cobre u otros materiales raros, lo que provoca la degradación y el agotamiento de los mantos acuíferos, según la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2024).

Del 2020 al 2024, la extracción minera destinada a la transición energética ha crecido de manera exponencial, pasando de un 5% al 18%. Empezando por el auge de la fabricación de componentes para los celulares y laptops, fabricación de carros eléctricos y transición energética a la economía verde, lo que ha provocado una fragmentación de los ecosistemas, por la apertura de minas de gran extensión a cielo abierto, explotación y degradación de zonas naturales, consideradas vírgenes, y cambio de uso de suelo (ver tabla 5).

Tabla 5. Evolución de la Huella Territorial Destinada a la Minería (2000-2025)

Periodo / Año	% Superficie	Motor del crecimiento (El ¿porqué?)
2000 - 2010	5%	Auge de la electrónica y urbanización masiva de China.
2011 - 2019	8%	Fiebre por el litio y cobalto para autos eléctricos.
2020 - 2022	10%	Soberanía mineral, para no depender de otros.
2022 - 2023	15%	Crecimiento histórico en extracción de cobre y litio.
2024 - 2025	18%	Energía verde y redes eléctricas

Fuente: Elaboración propia, con base en información de la Agencia Internacional de Energía (IEA), 2024

Es así como la transformación del territorio se vuelve dinámica, porque en donde hace unas décadas existía una montaña, hoy hay una ciudad, un gran cráter o simplemente un vacío espacial. Es aquí donde el concepto de Sánchez (2024) sobre la dinámica espacial se vuelve tangible: aquella montaña que servía como un referente de ubicación, o la fuente de captación de agua, se convierte en un vacío cartográfico en menos de una década.

La alteración del paisaje de manera extrema se da en los picos de las montañas, Mountaintop Removal (MTR). Esta técnica de remoción de cimas en cordilleras como los Andes o los Apalaches conlleva una alteración irreversible de los ciclos hidrológicos y la pérdida total de los horizontes del suelo (PNUMA, 2024). Esto lo hacen con la finalidad de encontrar y extraer carbón o minerales.

La eliminación de los picos o cimas de montaña tiene otros impactos geográficos; no solo es el cambio paisajístico, sino que se modifica el relieve, cauces de ríos, altera la sombra que generaba en la orografía, provocando una alteración en los microclimas.

Los materiales extraídos de las minas y que no son considerados útiles se convierten en desecho, el cual, por lo general, es depositado en valles o planicies, lo que altera la recarga hídrica, nacimiento de agua o la afectación de humedales al recibir los sedimentos de los mismos desechos en tiempos de lluvia.

La Secretaría de la Convención sobre los Humedales en el 2005 ya alertaba sobre la alteración de la hidrología en zonas adyacentes a minas. Para el 2025, estima que el 30% de los arroyos han sido alterados, desviados o desaparecidos. Lo que conlleva una alteración de la hidrografía, misma que puede ser percibida en el histórico de imágenes satelitales que ofrece, Google Earth.

Una vez que la minería ha abandonado dicho lugar, así como el lugar en donde depositó los desechos, ya no se clasifica dentro de los 32 grupos de suelos; a esto se le llama "tecnosoles", es una mezcla de roca triturada, lodos con químicos y metales pesados. Retomando a Weil y Brady (2024)

Estos suelos se convierten en incómodos para la vida del ser humano, la flora y la fauna. Algunos de estos lugares se convierten en paisajes de colores ocres, rojizos o negros, algunos de ellos dignos de una bonita fotografía. Pero en la realidad son signos de un daño o

alteración provocada por el ser humano. Como indica Sterling (2024), la restauración de un suelo minero no es "volver a poner plantas", sino intentar recrear un ecosistema que ha perdido su memoria geológica, que tardó años en construirse.

Como habitantes de este planeta, debemos hacer conciencia de que tenemos que actuar ante lo que sucede en nuestro entorno y más allá de lo que nuestra vista alcanza a percibir. El daño provocado por la industria minera nos invita a reflexionar acerca de que el paisaje no es infinito, tiene un límite; por eso tenemos que estar atentos a su vulnerabilidad.

Cuando revises una imagen satelital, observa con atención aquellas zonas que presentan una coloración grisácea o blanquecina en las laderas de las montañas; de esta manera podrás percatarte si se trata de una explotación minera a cielo abierto. En donde los intereses económicos están alterando la geografía natural de nuestro entorno.

Otra variable que podemos observar en una imagen satelital es ver la fragmentación que se puede presentar en un área boscosa o selva. Lo que décadas pasadas era un continuo, hoy puede estar fragmentado. Esto a simple vista puede observarse en una serie histórica de imágenes de satélite; lo que antes era todo verde, hoy presenta fragmentación, al estar rodeado de diversos entornos como son zonas urbanas, áreas de cultivo y otras actividades antropogénicas.

Esto es lo que coloquialmente se le conoce como rompimiento de corredor biológico. Ya que se altera la capacidad de autorregeneración de manera natural y continua, ya sea un bosque, una selva o un cuerpo de agua. Los límites de estas áreas quedan expuestos a fenómenos naturales y a la invasión de especies invasoras de estos hábitats. A esto se le conoce como el "efecto de borde".

Un ejemplo desgarrador del cambio de uso de suelo por la ambición de la economía agroindustrial. Ejemplo de ello es la deforestación que sufre la cuenca amazónica en el 2023 al 2024. Hoy en día ya no se deforesta para obtener leña, sino más bien es por una ambición industrial a nivel global, para la extracción de los derivados de la tala, así como una presión por el cambio de uso de suelo.

"En tan solo un año, la tasa de pérdida de bosques primarios en la cuenca amazónica mostró una alarmante correlación con la expansión de fronteras agrícolas tecnificadas, reduciendo la conectividad

boscosa en un 12% adicional respecto al quinquenio anterior" (Global Forest Watch, 2025).

Este es un claro ejemplo de lo que sucede en la actualidad en el mundo. Este límite paisajístico es visible a la vista de una imagen satelital, con el uso de una herramienta como Google Earth, lo que deja una cicatriz visual de la extracción extractiva.

Los bosques se encuentran en constante amenaza por factores antropogénicos y factores naturales, como los incendios forestales, de manera natural o provocados por el ser humano, con la finalidad de cambiar el uso de suelo, tala clandestina, entre otros factores. Sea cual sea el factor que elimina las zonas boscosas, propicia que en el suelo se presente una transformación química, por lo que se convierten en suelos desnudos, lavados y ácidos.

Como explican Weil y Brady (2024), son altamente dependientes de la hojarasca para no perder fertilidad al ser deforestados.

Entre los elementos que afectan directamente al suelo boscoso, se encuentra:

- El uso de maquinaria pesada, que al compactar la tierra elimina la porosidad del suelo, lo que limita la infiltración del agua.
- Al ya no tener cobertura boscosa, también desaparecen los nutrientes, que eran retenidos por las raíces; de esta manera, en temporada de lluvia, estos suelos son lavados, lo que en el corto plazo deja al suelo estéril.
- Desaparición de la capa vegetal; por ende, se convierte en un terreno inseguro, con altas posibilidades de deslaves.

Un error común en la educación ambiental es pensar que no hay correlación directa entre los diversos elementos que componen la geodiversidad del planeta: océanos, glaciares, campos de hielo, banquisa, permafrost, selva, turberas, manglares, lagos, lagunas, estuarios, marismas, arrecifes de coral, ríos, acuíferos subterráneos, bosque, taiga, sierras, cordilleras, valles, cuencas endorreicas, sabana, llanura, tundra, mesetas, cañones y desierto.

Así, por ejemplo, la relación que tiene el bosque con el agua. La Secretaría de la Convención sobre los Humedales refiere la importancia y función que tienen los bosques inundables, ya que actúan como los riñones del planeta. Pero la ambición económica global actúa

ignorando esto, ya que su ambición por el cambio de usos de suelo para uso agrícola o urbano provoca que el suelo selle y no permita la infiltración del agua, lo que sí sucedería si el suelo continuara como zona boscosa.

Por otro lado, el bosque también funciona como un área de amortiguamiento para evitar inundaciones; ahora, al estar desnudo o sellado, es más propenso a que zonas aledañas estén en riesgo latente de inundación.

Los eventos climáticos de los años recientes de los paisajes deforestados pierden su función protectora, por lo que su capacidad de resiliencia es casi inexistente, resultando en una vulnerabilidad extrema ante inundaciones masivas (WRI, 2025).

Para entender lo que ha sucedido a lo largo de los años en nuestro lugar de origen o en donde vivimos en la actualidad, nuevamente podemos recurrir a Google Earth. Por principio de cuentas, debemos tener desarrollado el sentido de ubicación; de lo contrario, basta con que tengamos el nombre de la calle, localidad o ciudad en la que deseamos indagar y en el buscador del programa podemos poner esa información y con un solo enter, nos trasladará en cuestión de segundos a ese lugar.

Pero vayamos más a fondo. Para retroceder en el tiempo y conocer los cambios o transformaciones que ha sufrido nuestro entorno, utilizamos la opción de Timelapse de Google Earth; ahí podemos observar cómo se ha expandido a lo largo de los años la mancha urbana, las épocas en las que un cuerpo de agua ha estado a punto de desaparecer o desde cuándo desapareció por completo, así como conocer cómo eran de extensas las áreas boscosas. Entre otros elementos, se observa cómo las zonas agrícolas le han ganado terreno a las zonas boscosas, en las laderas o zonas de pendiente arriba. Estos suelos deberían o deben ser protegidos para la conservación de los bosques.

Como lector. ¿será posible detectar la conexión natural de corredores biológicos, o la desconexión de los mismos por carreteras, zonas industriales y zonas urbanas?. Como bien indica Sterling (2024), la educación ambiental está en aprender a leer el paisaje, distinguir los límites de los diversos elementos de nuestro entorno. Pero también aprender a entender, alzar la voz y actuar cuando las decisiones políticas y económicas transformen para mal nuestro entorno. Cada acción realizada en el suelo, sin un análisis de efectos, pone en riesgo la

estabilidad climática global, por muy pequeña que sea la escala de la acción. Recordemos que lo que realice hoy en mi entorno afecta a otros en alguna otra parte del planeta; esto es un efecto dominó.

Las acciones del ser humano en el último siglo han originado la fertilidad del suelo, zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas (Ibrahim & Al-Amri, 2024).

Como ya se mencionó en párrafos anteriores, el paisaje es un ente vivo, el cual necesita de hidratación y vitaminas. Los acuíferos son la fuente que la hidrata, en tanto que los nutrientes son las vitaminas que fortalecen la vida del paisaje. Este es el ciclo natural del paisaje. Pero en las últimas décadas, la fuerte presión de la agricultura, por producir más en menos tiempo, debido a la creciente demanda de alimentos, producto del crecimiento poblacional a nivel mundial, ha originado que las tierras agrícolas no se les dé un descanso. Esto ha traído como consecuencia que el suelo se seque, pierda nutrientes y color; es decir, el suelo, al no descansar, ha perdido la capacidad de infiltración de agua, que es su principal fuente de respiración para mantenerse vivo. Como acto seguido de esta acción, se agotan los nutrientes por no dejar descansar las tierras y lo que le daba imagen a ese paisaje, es decir, el verde de la vegetación y cultivos, ahora es un color gris, que refleja desertificación.

El suelo se transforma en un lugar en donde ya nada crece, ocasionado por la sobreexplotación. Cabe señalar que no lo debemos confundir con un desierto de arena como el Sahara. La diferencia fundamental entre un suelo infértil y un desierto radica en que, mientras los suelos de desiertos naturales mantienen una riqueza mineral, en espera de agua que los active, los suelos sobreexplotados sufren una pérdida de su principal elemento, que es el biológico, un fenómeno que la Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación (UNCCD, 2024) define como una degradación sistémica irreversible bajo prácticas actuales.

Retomando lo que mencionan Weil y Brady (2024), el suelo es un recurso no renovable a escala humana. Bajo el actual esquema de siembra agrícola, se están incrementando las zonas de desertificación en donde el elemento que desaparece de manera natural en el corto plazo es el material orgánico de manera superficial. El suelo, al perder estos elementos, se vuelve altamente dependiente de agroquímicos mejor

conocidos como fertilizantes sintéticos, lo que acelera la desertificación porque el suelo se vuelve más ácido y salino.

Los aridisoles son los más afectados por la desertificación, al ser suelos que, aunque naturalmente secos, mantenían un equilibrio delicado. Pero la ambición del ser humano no se ha limitado solo a suelos agrícolas, sino que ha buscado otras maneras para producir, lo que ha empujado a otros suelos, como los alfisoles, que empiezan a cansarse por el sobrepastoreo, la deforestación y el riego inadecuado.

De acuerdo con la UNCCD, "Para inicios de 2025, se estima que el 25% de la superficie terrestre mundial sufre algún grado de desertificación severa, afectando directamente la seguridad alimentaria de más de 3.000 millones de personas" (UNCCD, 2024), lo que representa una alerta de la pérdida de suelo fértil y va más allá al dejar de ser tierras de sustento para la vida humana. Con el apoyo de imágenes de satélite, se puede detectar cuando un suelo está enfermo, es decir, desertificado; a simple vista podemos ver que cambia de forma y color.

Una manera de identificar las zonas afectadas por la desertificación es visualizando manchas blancas. Esto sucede porque la vegetación absorbe la luz para alimentarse; con la ausencia de esa capa vegetal, el suelo está compuesto por sales minerales que, en su conjunto, vistas desde el espacio, son como cristales blancos, lo que provoca mucha luz que deslumbra los sensores del satélite. A este efecto se le conoce como el efecto espejo (albedo). De esta manera, al detectar una mancha blanca, es una señal de alerta porque posiblemente esa tierra se está volviendo estéril.

Otra manera de detectar que el suelo se está volviendo estéril desde una imagen de satélite es cuando detectamos líneas profundas (cicatrices). Es como si estuviéramos observando el sistema de venas del cuerpo humano, pero en ciertas partes estas cambian abruptamente y después vuelven a su normalidad. Esto sucede porque, al no tener cubierta vegetal que las cubra, en temporadas de lluvia el agua corre con mayor fuerza, lo que provoca el desprendimiento de partes de suelo, tanto laterales como en su profundidad.

Otro elemento que nos alerta sobre la desertificación es cuando desaparecen cuerpos de agua. En una imagen satelital, un cuerpo de agua sano se visualiza como una zona negra o azul, dependiendo del tipo de cuerpo de agua (lago, océano o glaciar). Cuando en la imagen satelital aparecen en color gris, es indicativo de que están llenas de

sedimentos, lo que a la larga provoca la sequía del cuerpo del agua. Por ende, si en la imagen de satélite ya no aparece un cuerpo de agua natural, es una alerta inminente de peligro ante la posible transformación a una zona desértica.

En décadas recientes, tomó un gran auge el tema del cambio climático, por el aumento de la temperatura a nivel global; por consiguiente, ha aumentado la evaporación, lo que repercute en suelos sedientos, cambiando la composición de los suelos, de subhúmedos a semiáridos en menos de una década (FAO, 2023).

Para entender este cambio, imaginemos que el clima de nuestra localidad es el aparato del aire acondicionado; se mantenía estable a una temperatura adecuada al entorno; podría ser fresco o húmedo. A esta característica se le da el nombre de subhúmedo. Pero en un corto tiempo, el control que regulaba lo fresco y lo húmedo le entró un virus que provocó que cambiara a caliente y seco, mejor conocido como semiárido. Un ejemplo más real y radical puede haber sucedido alguna vez en nuestro entorno. Las lluvias llegan año tras año, pero de repente existen uno o dos años donde deja de llover; el suelo y el paisaje empiezan a cambiar su configuración con tendencia a parecer una zona triste, abandonada y desolada, lo que le da una apariencia de desierto.

Este cambio de paisaje tiene implicaciones no solo en la calidad del suelo, sino también en el ámbito social, ya que el ser humano emigra a zonas aptas para su subsistencia. Como afirma Sterling (2024), "la desertificación es la máxima expresión de la falta de conciencia ecológica; es el silencio de la tierra que ha sido forzada más allá de sus límites".

No todo está perdido; la solución aún está en manos del ser humano; la desertificación puede detenerse y revertirse. Tenemos que ser empáticos con la naturaleza para poder ser resilientes. El planeta por sí solo ya no puede autorregenerarse, mientras el ser humano siga con la misma tendencia de degradación y no tome acciones para frenarlo.

¿Es reversible la transformación del paisaje? Desde el punto de vista de la educación ambiental actual, sí se puede revertir, al eliminar o disminuir drásticamente la presión antrópica. Podemos empezar por restaurar las zonas boscosas con especies nativas e incentivar la agricultura de conservación, solo por mencionar algunas. Estas dos acciones por sí solas ayudarán a restaurar el equilibrio ecológico entre el agua y el aire.

Pero también tenemos que ser conscientes de que hay daños que no se podrán revertir en la escala de vida del ser humano; un ejemplo de ello son los daños provocados por la minería, los cuales requerirán siglos para restaurarse.

Como se ha mencionado en distintos párrafos de este capítulo, el uso de los SIG y herramientas como Google Earth apoya para conocer mejor nuestro entorno y de esta manera denunciar posibles alteraciones al uso de suelo de manera ilegal, así como poder hacer análisis de predicción de posibles lugares a ser alterados.

Empoderarnos de la conciencia ecológica para la conservación ambiental no es solo aprendernos un texto, sino que es entender que el ser humano es parte del planeta. En pocas palabras, ambos vamos en el mismo barco. Lo que le hagamos al barco, para bien o para mal, repercutirá en nosotros mismos.

Como afirma Sterling (2024), debemos reaprender a leer el mundo. Así ya no observamos el paisaje como la montaña, el valle, la laguna como un conjunto de elementos aislados, o como un entorno alterado, vacío y seco. Ahora entendemos que es un sistema que atrapa la luz para generar oxígeno, una esponja que permite que el agua llegue a los mantos acuíferos, lo que da origen a la vida. Ahora estamos en condición de observar el territorio con una visión ambiental.

Perspectivas teóricas sobre la alfabetización ambiental

Los nodos interdisciplinarios se definen como los puntos en donde se unen los elementos curriculares y así, los contenidos de diversas asignaturas abordan problemas de la comunidad donde se encuentran. En vez de que las ciencias y la geografía se encuentren encajonadas en lugares distintos, estos nodos brindan una perspectiva distinta de tratar la currícula, es decir, le dan coherencia y hacen que el aprendizaje tenga sentido.

El punto central de esto no es el modelo pedagógico como un conjunto de datos teóricos, sino tratar el conflicto ambiental de manera inmediata. De esta forma, situando el problema en el centro, la educación ambiental deja de ser abstracta y se aterriza en la práctica, para convertirse en una herramienta para interpretar paisajes en contextos sociales de los estudiantes.

Por ejemplo, el cambio que se ha dado en México, que claramente podría estudiarse únicamente desde la geografía; sin embargo, no es la intención de esta obra. Por el contrario, en un sistema como el que se propone en este capítulo, donde se cruzan diversas áreas

del conocimiento y los estudiantes identifican una realidad fragmentada por la expansión de la agroindustria.

Desde la biología, este nodo brinda insumos para pensar en la pérdida de la biodiversidad y la fragmentación de corredores biológicos. Al mismo tiempo, la estadística con modelos matemáticos interviene al calcular las tasas de deforestación y la proyección en el corto y mediano plazo, además de cuantificar la superficie que ocupa la agricultura. En ese sentido, la estadística se toma como un elemento más que se apoya en la geografía y la biología.

Tal y como menciona Macías (2020), la especialización en cultivos de alto valor genera que la economía termine acabando con los recursos naturales. El nodo se completa con una materia importante, la ética, al debatir las responsabilidades de los actores involucrados y las consecuencias de un modelo que prioriza la renta sobre el bienestar del medioambiente.

La educación ambiental en este punto puede funcionar como una dimensión esencial de la formación ciudadana, y no debe tratarse como una asignatura adicional ni aislada de las demás. En otras palabras, debería integrarse como un eje transversal que atraviese todo el plan de estudios y que permita a los estudiantes formar un pensamiento crítico ante los cambios climáticos.

El suelo sirve para enriquecer la experiencia cotidiana escolar; por ejemplo, al clasificar los tipos de suelo como el regosol, el cambisol o el feozem, no tiene por qué ser una tarea técnica aburrida, sino que puede ser la base para aprender conceptos de química como el pH y la disponibilidad de nutrientes.

Por otro lado, pensar en las propiedades del suelo, por ejemplo, su permeabilidad o su porosidad, ayuda a entender de manera experiencial los procesos geológicos del mismo. El docente toma el recurso del suelo para que el estudiante pueda entender los fenómenos como la infiltración del agua o la misma erosión.

Integrar de manera transversal asegura que el problema del suelo no se tome como un dato único o simple, sino que, como hemos mencionado a lo largo de esta obra, es un ente vivo. El currículo escolar debe mantenerse flexible y dinámico para dar cabida a este tipo de contenidos innovadores.

La adaptación de los contenidos por niveles educativos es uno de los puntos clave para que la transversalidad sea una realidad. Por

ejemplo, la enseñanza del territorio como proceso continuo y permanente se ajusta estrictamente a la madurez cognitiva de los estudiantes; por tal motivo, los primeros años definen las capacidades futuras y la educación ambiental desde la infancia temprana es sumamente importante.

En el nivel de primaria, el propósito principal es utilizar la observación directa y la exploración sensorial del entorno. El utilizar la huerta escuela y permitir que el niño a temprana edad, reconozca el suelo como el organismo vivo del cual hemos mencionado durante toda la obra; propicia que desarrolle la dimensión afectiva (Villaba, 2023).

En el nivel de secundaria, lo que se busca es transitar desde la observación hasta el análisis de causas y efectos de los problemas ambientales locales. En este sentido, lo importante aquí recae en la capacidad que tiene el estudiante para comprender las tensiones del desarrollo económico y cómo repercute en zonas ecológicas.

En el nivel de media superior se busca que la enseñanza se vincule más con la rigurosidad científica, en donde el manejo de herramientas tecnológicas es imprescindible. Aquí el estudiante utiliza datos reales históricos y actuales y los analiza y, con base en ello, realiza sus propias comparaciones y conclusiones.

Tal y como menciona Sauvé (2010), la educación científica y ambiental debe ser el principal pilar para el desarrollo de la conciencia ambiental, en donde la teledetección debe ser una herramienta de apoyo para entender los procesos y así dejar de ver los problemas y procesos ambientales de manera abstracta.

La educación ambiental es el medio por el cual es posible desarrollar habilidades geográficas y científicas. De este modo, es necesario inculcar en los alumnos que la memorización de los datos quedó en el pasado, porque en la actualidad es más relevante entender los problemas reales y vincularlos con su vida cotidiana.

Una de las habilidades geográficas más relevantes es la clasificación y la interpretación de coberturas vegetales del territorio, las cuales se explican en capítulos posteriores, particularmente en los mapas del banco de recursos didácticos. El alumno identifica cuáles son las diferencias entre un bosque y selva, pastizal y matorral, zonas húmedas y cuerpos de agua, zonas agrícolas y zonas urbanas, comprendiendo así todas las implicaciones que las caracterizan.

Chuvieco (2016), al respecto, menciona que la teledetección permite obtener información a distancia, lo que brinda una visión completa de una cuenca endorreica. De esta forma, los estudiantes utilizan cartografía técnica y sistemas de información para complementar sus proyectos e investigaciones. Es lo que se busca, que logren utilizar las herramientas a su favor.

Otra de las habilidades importantes es la formulación de argumentos basados en datos reales y no en percepciones subjetivas. Aquí el estudiante puede trabajar en información real e histórica pública gubernamental. Para formar un pensamiento crítico y proponer soluciones en pro de su comunidad (Condori et al., 2025).

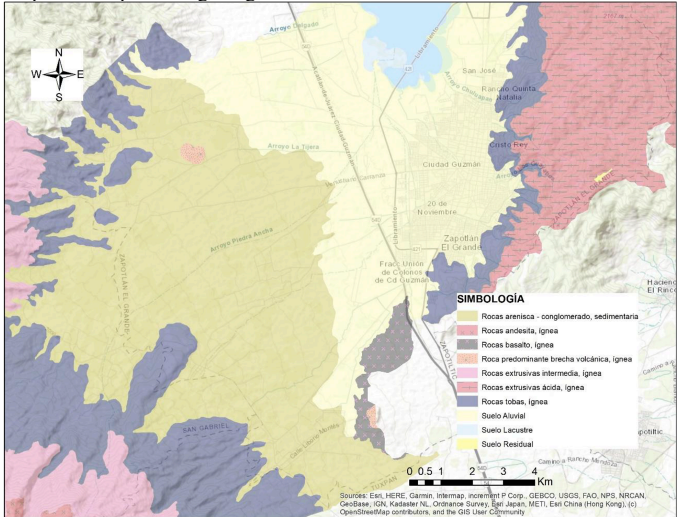
En la medida en que nos involucremos en el conocimiento de nuestro entorno, nos convertiremos en ciudadanos activos, con la capacidad de proponer soluciones a los problemas que afectan a nuestro entorno. Lo que implica pasar de un habitante pasivo a un actor proactivo con conocimiento de causa del saber científico.

Para lograr ser un actor proactivo ante las problemáticas que se presentan o puedan presentarse en el entorno en el que vivimos, es necesario consultar y apropiarnos de la información oficial disponible sobre el tema: estadísticos, cartografía, artículos científicos o literatura referente al tema. Esto potenciará nuestra capacidad para entender de manera práctica el mundo. No necesitamos ser especialistas en todo para entender a profundidad el paisaje. Pero sí es necesario aprender las bases científicas para darle sentido al conocimiento sobre el medioambiente. Un elemento primordial es aplicar la metodología del aprendizaje basado en problemas. Es decir, enfrentarnos al problema real para comprenderlo mediante la búsqueda de información, que a su vez nos proporciona elementos para proponer alternativas de solución. La búsqueda de información no tiene como objeto memorizar datos, sino desarrollar la capacidad de análisis y comprensión. La información por sí sola no es la solución al problema. Debe trasladarse al problema real para darle sentido a la calidad de los datos y entender la repercusión en los procesos ecológicos.

Por ejemplo, conocer la evolución histórica de un producto agrícola en un territorio determinado, pero en distintos periodos de tiempo, permite profundizar en el dato meramente estadístico para comprender cómo ha sido la transformación real del entorno geográfico. Para tal efecto, podemos apoyarnos de imágenes satelitales, que nos proporcionan los insumos necesarios para realizar dicho análisis.

Interpretar y transformar los datos científicos es vital para entender los problemas ambientales de una manera auténtica, lo que permite proponer alternativas de solución, en pro de mantener un equilibrio ecológico del entorno que habitamos. Sin olvidar que el suelo es el elemento principal de nuestra existencia.

Mapa 2. Composición geológica del suelo.



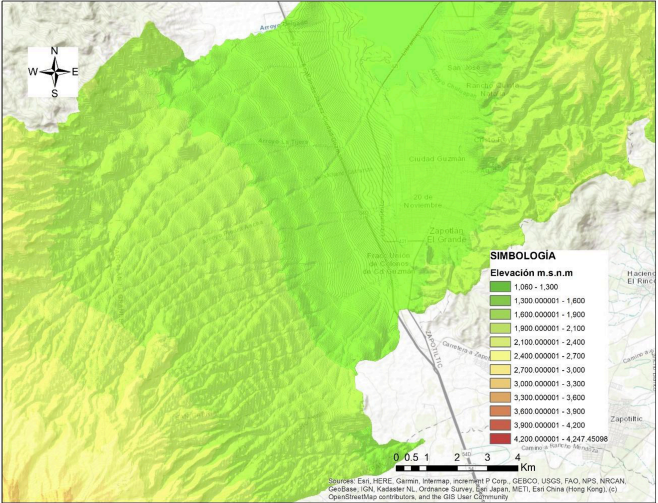
Fuente: Elaboración propia con base en información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

El conocer cómo está conformado geológicamente el lugar en donde viven les permite crear conciencia sobre la seguridad y los posibles riesgos que se encuentran presentes en su territorio. (SEP, 2023).

El mapa ilustra la composición geológica de alguna parte del mundo; el 78 % del territorio está conformado por rocas volcánicas, y el 22 % del territorio comprende la zona del valle. La composición de estos suelos es principalmente de suelos lacustres, aluviales y residuales. Lo que hace una zona de alto riesgo ante eventos sísmológicos. Este mapa sirve como apoyo para entender el origen de la tierra; se recomienda explicar que el tipo de suelo no es igual en todo el territorio, que se cuenta con rocas de tipo volcánico en las partes altas y laderas, tales como basaltos y andesitas, y que en el valle se encuentran suelos lacustres, aluviales y residuales. Lo que propicia un suelo fértil de la región. De esta manera se fomenta la dimensión

afectiva, enseñando que el suelo es un recurso que tarda millones de años en formarse.

Mapa 3: Elevación del terreno.



Fuente: Elaboración propia con base en información del límite municipal del Mapa General del Estado de Jalisco con World Topographic Map (Esri, Garmin, HERE). MDE del Estado de Jalisco con 15 mts.

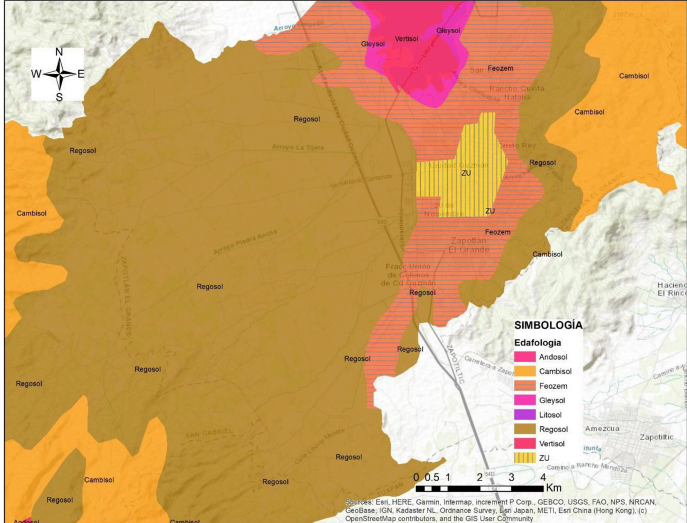
A nivel técnico, también se pueden estudiar la permeabilidad y los acuíferos. Los estudiantes investigarían la composición geológica de las rocas ígneas y tobas, cuya característica es la alta permeabilidad del agua al funcionar como esponja; de esta manera, entenderán en qué zonas se facilita o dificulta la recarga de agua subterránea y en qué zonas se acumula por ser suelo lacustre. Asimismo, en el caso de esta área de estudio, comprender que es latente el riesgo de origen volcánico por la cercanía a un sistema de volcanes. (Espín et al., 2025).

Un territorio puede estar rodeado por un sistema montañoso y en el centro un valle, lo que conforma una cuenca endorreica. En su parte más alta, oscila alrededor de los 4,250 m.s.n.m. y la parte más baja en los 1,060 m.s.n.m. Así identificará por qué en las partes más altas hace más frío respecto a las partes bajas. Ya diferenciando las partes altas de las bajas, entenderán que, durante la temporada de lluvia, el agua baja con intensidad y puede ser la causante de desastres naturales, como desbordes de ríos e inundaciones en la zona urbana. Este mapa permite trabajar con la geomorfología y el clima; en nivel primaria,

sirve para que los estudiantes identifiquen entre el valle plano, en donde está la laguna y la ciudad, y las montañas que lo rodean.

Así, se recomienda elaborar maquetas o dibujos que representen estos cambios de altura, y que de esta forma pasen de lo abstracto a lo tangible. Para educación superior, el mapa sirve para entender la zonificación de cultivos; aquí los estudiantes pueden correlacionar la altitud con la siembra de aguacate y los berries. Se trata de una herramienta útil para entender el escurrimiento del agua y los sedimentos que van hacia la parte más baja de la región.

Mapa 4: Edafología del terreno.



Fuente: Elaboración propia con base en información de límite municipal del Mapa General del Estado de Jalisco. Adaptado de Carta Edafológica Ciudad Guzmán E13B25 (escala 1:50,000), por Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 1982.

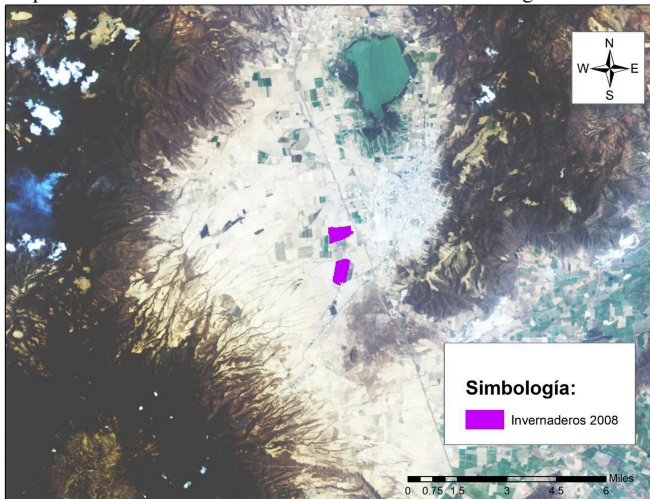
Según la FAO (2015), la edafología es la base de la producción de los alimentos y servicios ambientales que dan origen a la vida. Para el caso de México, cuenta con suelos Feozem y Vertisol, suelos muy fértiles, para la producción de alimentos. La parte de la montaña está compuesta por regosol, que es apto para la vida de los bosques, que a su vez son un filtro para limpiar los contaminantes del aire. En su estado natural los suelos, mientras no sean alterados en su flora, son ideales para la infiltración de agua de lluvia y, por ende, contar con agua potable para consumo humano y agrícola.

Para los alumnos de primaria es importante conocer estos tipos de suelo; podrán identificar los suelos Feozem; los suelos tienen más materia orgánica, vitaminas, por citar un ejemplo; es aquí donde las plantas crecen los cultivos que en el futuro estarán en nuestra comida. Otro tipo de suelo es el vertisol, cuya principal característica es guardar la humedad para que las plantas no se sequen, y finalmente el regosol, compuesto por abundantes piedras de alta resistencia, abunda en la parte alta de la montaña; es aquí donde crecen los pinos, cuyas raíces se agarran de dichas rocas para crecer grandes y fuertes.

Para nivel medio superior, este mapa es útil para clasificar la diversidad del suelo; se recomienda que los alumnos logren identificar el regosol, que es pobre en nutrientes, pero al mismo tiempo permeable, y el feozem, que es rico y bastante codiciado por la agricultura. En este punto, ayuda a comprender cómo algunos tipos de suelo, por sus características, son más vulnerables que otros (Frank y Richi, 2023).

En la universidad, sirve para analizar el conflicto del uso de suelo; aquí los estudiantes debaten acerca de los suelos fértiles y cómo están siendo sellados por plásticos de invernaderos o expansión urbana. El docente guía las prácticas para determinar cómo se podría restaurar esta región con base en los tipos de suelo.

Mapa 5: Detección de invernaderos en el 2008 mediante imágenes Landsat.



Fuente: Elaboración propia bajo el límite municipal del Mapa General del Estado de Jalisco, a partir de datos multispectrales del sensor Landsat 5 TM, cortesía del U.S. Geological Survey (2008). Escena ID: LT50290462008148CHM02.

La expansión demográfica a nivel mundial en las últimas dos décadas ha propiciado que la agricultura haya crecido, para poder garantizar la seguridad alimentaria. Lo que conlleva el reto de optimizar los recursos naturales como el suelo y el agua, como recursos limitados.

Bajo este contexto, el territorio mexicano no es ajeno a la aparición de la agricultura protegida, que engloba el uso de invernaderos, macro túneles, que ofrecen una solución tecnológica para maximizar la producción. Esta tecnología permite proteger los cultivos de eventos climáticos adversos y plagas. Así como llevar un estricto control de la producción.

México, al pertenecer al Tratado de Libre Comercio entre Estados Unidos, Canadá y México, se ha consolidado como un país potencial exportador de hortalizas y frutos cultivados bajo invernaderos.

La región sur del estado de Jalisco es partícipe de este cambio. El sur de Jalisco se caracterizaba históricamente por su alta producción de maíz y sorgo. Pero a inicios del 2000 empezó la conversión a una agroindustria de alto valor, como los berries (fresa, frambuesa, zarzamora, arándano) y aguacate. Esta transición no solo es productiva, sino que también repercute en lo económico, ambiental y social. El cambio de la composición de cultivar, al introducir plásticos, afectó la hidrología de la cuenca, al alterar la permeabilidad, lo que propició nuevos problemas y retos para el cuidado del medioambiente.

Existen sitios en México, que abarcan una extensión territorial de aproximadamente 316 kilómetros cuadrados (31,600 hectáreas), localizándose entre las coordenadas extremas 19°34' y 19°46' de latitud norte. Su geografía es variada por su topografía, como una fosa tectónica plana que alberga la laguna y la zona urbana denominada Ciudad Guzmán. Además, rodeada por los sistemas montañosos que la rodean, como el complejo volcánico Nevado Colima y el volcán de Colima, además de pertenecer a la Sierra del Tigre.

Estas características físicas forman una cuenca endorreica (cerrada). Esto significa que todos los escurrimientos hídricos y sedimentos corren hacia la laguna. Una alteración de estos escurrimientos en cualquier parte del sistema montañoso afecta de manera directa al punto más bajo de la cuenca, como lo es la laguna. La misma que fue designada sitio Ramsar

A principios del año 2000, la presencia de agricultura protegida (invernaderos) era nula, pero a finales de la década se establecieron los primeros invernaderos de berries.

La intención de conocer la superficie que ocupan los invernaderos es para contar con un registro histórico y conocer su evolución con el paso de los años. Además de conocer e investigar cuáles son los impactos en el ecosistema.

El uso de herramientas de información tecnológica, además de imagen satelital, para detectar los cambios es primordial para garantizar exactitud, continuidad temporal y amplia cobertura territorial. La imagen Landsat 5, proporcionada por la NASA y el USGS, es la de mayor extensión y continuidad de observaciones de la Tierra. Específicamente, el satélite Landsat 5, lanzado en 1984 y operativo hasta 2013.

Este satélite cuenta con un sensor de tipo Thematic Mapper (TM) a bordo del Landsat 5; cuenta con bandas en el infrarrojo medio (SWIR) y, además, una gran resolución espacial de 30 metros en las bandas reflectivas. Este sensor es esencial para la detección de invernaderos bajo plástico. El plástico de estos invernaderos está hecho de polietileno policarbonato, que permite la transmisibilidad de la luz para la generación de la fotosíntesis, además de que es altamente reflectante comparado con la vegetación, que difiere de la del suelo desnudo o de la vegetación natural.

En una imagen multispectral analizada en un Sistema de Información Geográfica (SIG) se pueden observar detalles invisibles a la vista humana. Esto se logra por las múltiples bandas del espectro electromagnético con las que cuenta el satélite (visible, infrarrojo, ultravioleta). Con esta información se pueden detectar y analizar tipos de cultivos, tipos de suelo, cuerpos de agua, contaminación, zonas afectadas por incendios, monitorear desastres naturales y antrópicos.

La imagen utilizada es Multispectral_LT502904620_08148CHM02_MTL, con fecha del 27 de mayo de 2008, que coincide con los últimos días de estiaje en la región. En esta fecha, la vegetación está seca, perdiendo el follaje, en tanto que los campos de cultivo se encuentran en preparación, en donde, en tanto que la agricultura de riego y los invernaderos, estas condiciones ambientales y climáticas permiten captar el ciclo de vida de las plantas y la reflectancia del plástico de los invernaderos.

La técnica de teledetección. Para este análisis se descartaron zonas urbanas e industriales, debido a que estas zonas pueden presentar confusión espectral al momento del análisis. Ya que el reflejo de los plásticos de los invernaderos es muy similar al de techos de casas o naves industriales. Esto con la finalidad de no confundir el crecimiento de la mancha urbana con el crecimiento de los invernaderos.

Housni et al. (2015) enfatizan que la mejor época para realizar este tipo de estudios es la temporada de estiaje, cuando todo está seco. ¿Qué es cuando los invernaderos presentan su máxima reflectancia?

Metodología de procesamiento en ArcGIS Desktop. El proceso realizado en el software ArcGIS Desktop para obtener la información es el siguiente:

1. Preprocesamiento y visualización. La imagen multiespectral está compuesta por bandas individuales, las cuales se sobrepusieron con la finalidad de generar una capa única ráster multibanda. Se combinaron las bandas de falso color. Se asigna a la banda 7, que contiene el canal rojo, con lo cual se satura el canal rojo que refleja la energía del plástico.

Con este proceso se cuantificó el área de invernaderos para el 2008, con 149.588 hectáreas, que representa el 0.47 % de la superficie total del municipio.

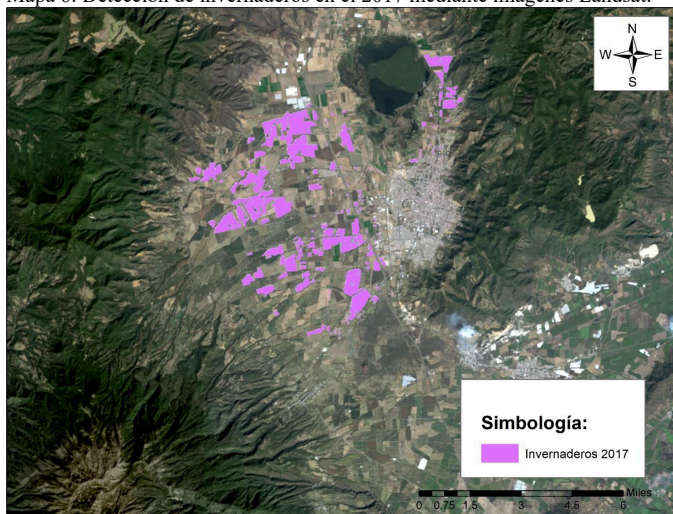
2. Análisis de la superficie Municipal. Con los sistemas de información geográfica, se corroboró que la extensión territorial de algunos sitios con esta problemática en México es de al menos 31,551 hectáreas. La cual está dividida en zona forestal, zona agrícola, un cuerpo de agua y localidades urbanas y rurales.

Las 149.588 hectáreas de invernaderos se encuentran concentradas en la zona periférica de la cabecera municipal y colindantes con los principales caminos del municipio.

Estos primeros invernaderos empezaron a impactar de manera negativa en el ciclo hidrológico local y regional. Ya que estas 149 hectáreas dejaron de ser suelo permeable, serán cubiertas por plástico.

Por otro lado, se empezó con el estrés hídrico; si bien el riego en los invernaderos es controlado por goteo, lo que lo hace más eficiente, la alta producción y densidad de plantas por hectárea incrementa la extracción de agua subterránea de los acuíferos.

Mapa 6: Detección de invernaderos en el 2017 mediante imágenes Landsat.



Fuente: Elaboración propia bajo el límite municipal del Mapa General del Estado de Jalisco, a partir de datos multispectrales del sensor Landsat 8 OLI/TIRS, cortesía del U.S. Geological Survey (2017). Escena ID: LC80290462017012LGN00.

Continuando con el análisis de los invernaderos de agricultura intensiva del 2008, en este tipo de territorios, se realiza un segundo corte de este fenómeno de los invernaderos. Este segundo corte corresponde al año 2017.

El objetivo es cuantificar el incremento del uso del suelo que ha cambiado a invernaderos bajo plástico. En el primer corte del año 2008, se contaba con 149.588 hectáreas. Para conocer cuál ha sido la evolución entre el 2008 y el 2017 de los invernaderos bajo plástico, se utilizó la metodología mezclada: por una parte, la interpretación de imagen satelital, supervisión en campo y datos estadísticos.

El crecimiento de los invernaderos fue detonado por elementos externos al municipio, como lo son las exportaciones de berries, así como la instalación de empresas transnacionales. Estas empresas aprovecharon el frío y la poca humedad que hay en la región, que son las condiciones óptimas para la producción de frambuesa y arándano.

La interpretación de la imagen del 2017 arroja que la superficie de invernaderos bajo plástico es de 1,978 hectáreas, lo que representa un incremento del 1,222 %, si lo comparamos con las 149 hectáreas del 2008. En el mapa 6 podemos observar que el valle presenta una

saturación, en donde los invernaderos detectados en el 2008 se han integrado a estos corredores que extienden desde las orillas de la zona urbana de Ciudad Guzmán hasta las faldas del macizo montañoso del Nevado de Colima y la Sierra del Tigre. Estos corredores de invernaderos bajo plástico han fragmentado los corredores biológicos de la fauna local, además de alterar o modificar las escorrentías. Este incremento de hectáreas no solo tiene implicaciones visuales; cuando se visita el municipio, este fenómeno es visible a simple vista al transitar por las carreteras que cruzan el municipio. La alteración del ciclo empezó a ser alterada desde la aparición de los primeros invernaderos, en el año 2008. Diez años después, este ciclo hidrológico tiene un gran impacto, ya que cerca de 2,000 hectáreas son cubiertas por plástico, lo que impide la infiltración del agua en temporada de lluvias. Esta agua, en lugar de infiltrarse, corre rápidamente hacia la zona urbana y la laguna, generando afectaciones en la población y zonas agrícolas cercanas a la laguna, al ser inundadas. La transformación de 149 a 1,978 hectáreas de cobertura plástica conlleva implicaciones que trascienden lo visual. Este cambio de uso de suelo ha generado externalidades complejas en el sistema socioecológico.

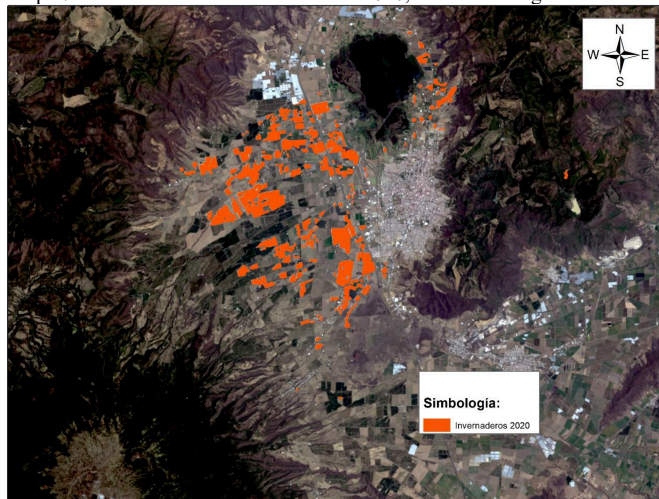
El incremento de la demanda de agua para riego en invernaderos pasó de ser moderada a intensiva, ya que se extrae agua de manera continua a lo largo del año. Según Gavilán et al. (2018), el requerimiento hídrico para los cultivos de frutos rojos bajo cubierta oscila significativamente, demandando el arándano hasta 9,000 m³/ha.

Bajo este requerimiento, se estima que se extrajeron 17,802,000 metros cúbicos de agua por ciclo agrícola, equivalente a 17.8 millones de metros cúbicos. Si lo ponemos en perspectiva, sería llenar de agua 10 veces un estadio para 115 mil personas.

Otro fenómeno que se detecta en la interpretación de la imagen satelital y que no es el objeto de este estudio, pero que es de alta relevancia, es la deforestación. Debido a la expansión de los invernaderos en el valle, los cultivos tradicionales y el boom del cultivo del aguacate buscaron terrenos más altos. Tanto las laderas del Nevado de Colima como la Sierra del Tigre se han visto afectadas por la deforestación, perdiendo miles de hectáreas forestales. Este rápido incremento de la superficie de invernaderos bajo plásticos es equiparable, en términos de transformación territorial, al fenómeno registrado en la provincia de Almería, España, el cual pasó de 3,000 hectáreas en 1970 a más de 30,000 en el 2015, caracterizado por una

masiva ocupación del suelo agrícola por estructuras de invernadero (Valera et al., 2016). El crecimiento de la superficie de invernaderos bajo plástico, agricultura protegida, presentó un crecimiento, pasando de 149.588 hectáreas en 2008 a un estimado de 1,978 hectáreas en 2017. Esto representa un incremento del 1,222 % en un periodo de nueve años.

Mapa 7: Detección de invernaderos en el 2020, mediante imágenes Landsat.



Fuente: Elaboración propia bajo el límite municipal del Mapa General del Estado de Jalisco, a partir de datos multiespectrales del sensor Landsat 8 OLI/TIRS (Nivel 1TP), cortesía del U.S. Geological Survey (2020). ID de escena: LC08_L1 TP_0290 46_202 00512.

Continuando con el análisis de los invernaderos de agricultura intensiva del 2008 y 2017, se realiza un tercer y último corte de este fenómeno de los invernaderos. Este tercer corte corresponde al año 2020.

El objetivo es cuantificar el incremento del uso del suelo que ha cambiado a invernaderos bajo plástico. En el primer corte del año 2008, se contaba con 149.588 hectáreas; para el 2017, con 1.978 hectáreas.

Para conocer cuál ha sido la evolución entre el 2008, 2017 y 2020 de los invernaderos bajo plástico, se utilizó la metodología mezclada, por una parte, la interpretación de imagen satelital, supervisión en campo y datos estadísticos.

Para este caso del año 2020, se utilizó una imagen satelital (Sentinel-2), con una resolución espacial de 10 mts, lo que contribuye a un análisis de alta precisión.

La interpretación de la imagen del 2020 arroja que la superficie de invernaderos bajo plástico es de 2,035.21 hectáreas, lo que representa un incremento del 2.84 %, si lo comparamos con las 1,974 hectáreas del 2017. Esto muestra una interrupción en la tendencia de crecimiento que se presentó entre el año 2008 y 2017.

La transformación de 149 a 2,035.21 hectáreas de cobertura plástica conlleva implicaciones que trascienden lo visual. Este cambio de uso de suelo ha generado externalidades complejas en el sistema socioecológico.

El incremento de la demanda de agua para riego en invernaderos pasó de ser moderada a intensiva, ya que se extrae agua de manera continua a lo largo del año. Según Gavilán et al. (2018), el requerimiento hídrico para los cultivos de frutos rojos bajo cubierta oscila significativamente, demandando el arándano hasta 9,000 m³/ha.

Bajo este requerimiento, se estima que se extraen 18,316,890 metros cúbicos de agua por ciclo agrícola, equivalente a 18.3 millones de metros cúbicos. Si lo ponemos en perspectiva, sería llenar 7,326 albercas olímpicas (considerando 2,500 m³ por alberca).

Según reportes de la ONU-Hábitat y datos de CONAGUA, el consumo promedio de agua potable por persona en México es de 133 m³/año, lo que equivale a que tan solo una hectárea de berries bajo invernadero consume el equivalente de agua doméstica anual de 67 personas. Si se toman las 1,978 hectáreas de estudio, estas consumen el agua equivalente a una ciudad de 137,102 habitantes, equivalente a la población de ciudades como Tepatlán o Ciudad Guzmán o Zacatecas capital.

Este rápido incremento de la superficie de invernaderos bajo plásticos es equiparable, en términos de transformación territorial, al fenómeno registrado en la provincia de Almería, España, el cual pasó de 3,000 hectáreas en 1970 a más de 30,000 en el 2015, caracterizado por una masiva ocupación del suelo agrícola por estructuras de invernadero (Valera et al., 2016).

El crecimiento de la superficie de invernaderos bajo plástico y de la agricultura protegida se registró, pasando de 1,974 hectáreas en 2017 a un estimado de 2,035 hectáreas en 2020. Esto representa un incremento del 2.84 % en un periodo de tres años.

El aprendizaje basado en problemas para la educación ambiental

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) se presenta no solamente como una técnica didáctica, sino también como romper con los paradigmas epistemológicos de la enseñanza tradicional de las ciencias naturales y otras que involucren el análisis del suelo y el medioambiente. En este sentido, la educación ambiental envuelta en esta metodología permite que los contenidos técnicos no sean vistos como objetos estáticos, sino como herramientas para interpretar los paisajes y los contextos biológico-sociales.

De acuerdo con Barrows (1996), el ABP hace énfasis en el uso de problemas complejos de los contextos inmediatos de los estudiantes, que funciona más como un medio que promueve el aprendizaje a través del uso de conceptos de la unidad de aprendizaje, para después trasladarlo a la educación ambiental. Ella sería una aliada natural ante los conflictos ecológicos, dado que existen diversos problemas actuales que podrían ser tratados desde las aulas con base en el ABP.

Ahora bien, con respecto a los contextos de los suelos en Jalisco, el aprendizaje surge como una necesidad clave para resolver conflictos territoriales, aunque no es la intención que el estudiante memorice la taxonomía de los suelos o que memorice los cambios de suelo que han ocurrido a lo largo del tiempo. En realidad, se busca que

comprenda lo vulnerable que es este recurso, además de las presiones socioeconómicas que influyen en la degradación del mismo.

Trabajar bajo la metodología del ABP permite que los estudiantes desarrollen también un pensamiento crítico, ya que les obliga a cuestionarse con respecto a la producción y el consumo en la sociedad y en una región en específico. Según la UNESCO (2017), la educación para el desarrollo sostenible debe guiar a los estudiantes a tomar decisiones informadas, que actúen de manera responsable y que además siempre velen por la integridad ambiental y la viabilidad económica (Gómez et al., 2025).

Aclarando entonces que el ABP no se pregunta sobre el Regosol, sobre qué es o cuáles son sus características, como si de una enciclopedia se tratase. Sino que se pregunta por qué el suelo de nuestra comunidad se está cubriendo de plástico, y en esta transición del qué al porqué, se impulsa la autonomía del estudiante y su compromiso ético con el territorio.

En este capítulo no se tiene el objetivo de exponer las características del ABP, dado que ya existe suficiente literatura al respecto para revisarlo y analizarlo a profundidad. Sino que más bien, con el ejemplo anterior, se propone ponerlo al centro para entender cómo este tema puede relacionarse con el ABP. En este sentido, el problema central tiene que ver con la transformación del paisaje en Jalisco, debido a la expansión de la frontera agroindustrial.

Jalisco se ha consolidado como uno de los estados con mayor aporte agroalimentario, en donde el crecimiento económico tiene un costo ambiental significativo; es decir, como lo señala Macías (2020), especializarse en la productividad de cultivos como el aguacate o los berries ha generado presión económica que presiona los recursos naturales de forma sin precedentes.

El punto de quiebre en este caso se sitúa en el equilibrio, o incluso en la falta de este. Es decir, la generación de empleos que es tan necesaria y el impacto que tiene en la cuenca endorreica. El estudiante en el ABP debe analizar cómo la rentabilidad del llamado oro verde compite contra la salud del propio suelo, la erosión hídrica e incluso la pérdida de la biodiversidad que habita la región.

En el capítulo anterior se observa cómo existe una metamorfosis del paisaje, que está diagnosticada. En este escenario habría que hacernos una pregunta clave que incluso podría servir de

guía para los estudiantes que trabajan bajo la metodología ABP, y es: ¿Es posible mantener la hegemonía agrícola en Jalisco sin poner en peligro la fertilidad del suelo de las futuras generaciones?

Las causas del fenómeno parecen ser claras; el alumno debería descubrir que el cambio en el uso de suelo no es un evento aislado o no provocado, sino que se trata del resultado de políticas globales y demandas del mercado en la región. Este pequeño apartado dentro del propio capítulo es un ejemplo de cómo analizar las diferentes aristas del fenómeno; sin embargo, ¿cómo se realizaría con la modalidad del ABP? A continuación, se explican las fases que podrían guiar su aplicación pedagógicamente.

Conviene aclarar que, para que se dé de manera eficaz el ABP en el aula, es necesario que el docente sistematice la información, de tal forma que se convierta en un facilitador y no en un mero transmisor de conocimientos o información. La idea que plantean Morales y Landa (2004) da cuenta de que el proceso debe ser estructurado, con etapas claras, que sirvan como guía para el alumno ante el desconcierto que implica el inicio de un proyecto de educación ambiental.

La primera fase es el planteamiento; en la literatura se hace énfasis en que se inicie con una pregunta detonadora o generadora, que busca el despertar del interés de los estudiantes. Por ejemplo, podría ser una noticia local sobre por qué no tengo agua potable en casa o un mapa comparativo del antes y después en el cambio del uso de suelo en la región. Esto sirve para generar una disonancia cognitiva en el estudiante y así despertar su curiosidad.

La segunda fase, la de investigación, requiere que los alumnos busquen información técnica rigurosa. En esta etapa, lo que se busca es que hagan búsquedas en INEGI o en diagnósticos estatales, en donde se vuelve importante que el aprendizaje de los alumnos esté ligado a datos reales y no a casos hipotéticos o percepciones subjetivas que empobrecerían el análisis y su veracidad.

En la tercera fase, se lleva a cabo el análisis de campo; aquí los estudiantes tienen una experiencia vivencial. Generalmente, utilizan la observación directa para recabar datos sobre el paisaje y después lo contrastan con los mapas antes investigados. Así, se convierten en testigos de la realidad física, la presencia de invernaderos o sedimentación en los cuerpos de agua locales.

En la cuarta y última fase se propone una solución en donde los estudiantes generan alternativas sostenibles. Aquí los alumnos utilizan sus conocimientos técnicos y los mezclan con su creatividad para proponer soluciones sobre el manejo del suelo, además de integrarlo en la conservación de la productividad sin impactar en el medioambiente. Así, se busca el cierre del ciclo de aprendizaje significativo.

Aunado a esto, la democratización de la tecnología satelital ha ofrecido una oportunidad para incluir de manera más técnica la educación ambiental en los niveles más básicos y medio superior. La teledetección ya no debe ser vista como una disciplina únicamente exclusiva de la ingeniería, sino como una puerta de accesibilidad ante el análisis del territorio para cualquier ciudadano (IMTA, 2025).

Chuvieco (2016) define la teledetección como la técnica que permite obtener información a distancia de objetos sin estar en contacto físico con ellos. Así, si lo aplicáramos al aula, permitiría que el estudiante lograra ver la pérdida de la cobertura forestal o la sequía de un cuerpo de agua, a través de un conjunto de imágenes satelitales. Eso les permitiría a los alumnos y al docente transformar la mera abstracción del problema dentro del ABP en casos reales con evidencia.

Se sugiere que las actividades de los estudiantes analicen firmas espectrales de manera simplificada, de manera que puedan comprender cómo la vegetación refleja la luz de forma distinta hacia el suelo y los plásticos de los invernaderos. Esto refuerza la dimensión cognitiva, dado que se logra conectar la física de la luz con la ecología del paisaje.

Los estudiantes podrían comparar imágenes satelitales de distintos años, por ejemplo, usando herramientas gratuitas como Google Earth, en donde podrían cuantificar el área deforestada. Este ejercicio convertiría al alumno en un científico incipiente, capaz de poder monitorear la salud de su propia comunidad desde una computadora, tableta electrónica o algún otro dispositivo.

La aproximación tecnológica eliminaría la barrera entre la ciencia académica y el aula escolar. El uso de estas herramientas fortalece la conciencia ambiental del estudiante, y así brinda una perspectiva multifacética que va desde su parcela local hasta la dinámica regional de la cuenca.

La evaluación en el ABP debe alejarse del examen de opción múltiple para centrarse más en desarrollar competencias transversales. No es el punto medir cuánto recuerda el alumno, sino cómo ha transformado su manera de interactuar con el conocimiento y su entorno. Es necesario introducir el uso de rúbricas sociofórmulas; de acuerdo con algunos teóricos como Tobón (2017), la socio fórmula implica evaluar el desempeño de los estudiantes frente a problemas reales, considerando la ética, el trabajo colaborativo y la capacidad de integrar saberes de distintas disciplinas.

Estas rúbricas miden cómo el estudiante integra los nodos interdisciplinarios como las matemáticas, la ética y la geografía, y además cómo se logra una visión integral del problema del suelo. El objetivo final es que el estudiante pueda defender una postura informada y crítica sobre el uso de suelo en su comunidad. La evaluación se convierte en un proceso de retroalimentación continua que valora el cambio de actitud y el compromiso social demostrado durante el proyecto.

Esta estrategia pedagógica busca formar ciudadanos capaces de gestionar su territorio de manera sostenible. Al unir la fundamentación del ABP, el análisis técnico del agro en Jalisco o en cualquier parte del mundo y la experimentación científica, la educación ambiental se convierte en una herramienta real de transformación social y ecológica.

El aprendizaje Basado en Problemas en la educación ambiental, tal y como se ha abordado en los párrafos anteriores, debe entender no solamente como una técnica didáctica para dinamizar la clase, sino también una reorganización en el acto de conocer. Su potencial didáctico radica en que el estudiante va de lo pasivo como simple receptor, para pasar hacia la posición de un sujeto capaz de cuestionar, contrastar, interpretar y construir explicaciones frente a un problema del medioambiente.

En este sentido, cuando el objeto de estudio es el suelo, dicha metodología cobra mayor sentido y resignificación, porque el sujeto logra comprender un fenómeno que suele permanecer invisibilizado en la vida cotidiana y en lo que aparentemente es normal en el paisaje.

La relevancia cognitiva de esta metodología radica en que impulsa procesos mentales de nivel superior, tal como se especifica en taxonomías como las de Bloom. Así, un problema auténtico obliga a

observar con detenimiento, identificar variables, comparar evidencias, formular hipótesis, anticipar consecuencias y justificar decisiones. Todo esto implica más que recuperar información almacenada, supone organizarla, jerarquizarla y darle sentido, es decir, el ABP resulta útil para promover la cognición activa, una que no se conforma con repetir y repetir información, sino que exige la elaboración de una postura propia frente a la complejidad laboral.

Este proceso se fortalece porque el problema que se trabaja no es uno que está alejado de la realidad, sino que se trata de un hecho ambiental ligado al contexto inmediato de los estudiantes. Esto ayuda más a que el ABP cobre sentido y cuente con un andamiaje para entender los elementos más abstractos de la educación ambiental. Es así como cobra relevancia e importancia entre los docentes y alumnos que lo utilizan.

Un ejemplo claro es la pérdida de cobertura forestal, la expansión de cultivos intensivos, la disminución de cuerpos de agua o la presencia de suelos degradados, que funcionan como pilares pedagógicos. Además de eso, el cerebro aprende mayor complejidad al encontrar relaciones entre lo que se estudia y lo que sucede en el contexto, lo que podría denominarse aprendizaje significativo.

Por ello, el ABP aplicado en el suelo y el territorio así como el medioambiente, es uno de los más representativos, prácticamente el ABP surgió desde este tipo de perspectiva, dado que en otros contenidos es más complicado de incluir, debido a la naturaleza de sus actividades y conocimientos a abordar. Es por eso, que se debe de aprovechar esta metodología.

La educación ambiental, entonces, debe utilizar una pedagogía capaz de transformar la forma en la que perciben el medioambiente. Algunos de los procesos que deterioran el ambiente son tan simples que no es posible observarlos o identificar su impacto en el territorio de manera ampliada, lo que complejiza la manera en la que se debe entrenar una mirada crítica. Esto se considera un reto cognitivo, porque enseñar aquello que no se puede ver a simple vista, es complejo. Formar una conciencia ambiental supone educar en la atención, en la comparación y en la evidencia, no basta únicamente con detenerse a mirar una imagen satelital del territorio en cuestión, sino que es necesario aprender a leerla y descubrir los patrones, rupturas y ausencias que la caracterizan.

En este punto, donde la integración tecnológica puede aportar didácticamente un gran potencial, herramientas como Google Earth, Google Maps y otros que no son de uso profesional pero que al alumnado le pueden aportar imágenes de gran aporte para entender el cambio en el territorio, así puede observar las transformaciones multitemporales del paisaje y traducirlo en dudas, en cuestionamientos de investigación. La tecnología es, por lo tanto, no solo una herramienta aislada sino que puede ser un punto de quiebre metodológico en la enseñanza de la educación ambiental.

Gracias a este tipo de herramientas, la educación ambiental deja de basarse en una narración por parte del docente o actividades de reflexión alejadas de la realidad, y pasa a ser una realidad visible, cambiante, que incluso es materia de interpretación a partir de evidencia específica. Es por ello que la tecnología es tan importante para este tipo de actividades.

Con respecto a la teledetección, en particular, sí posee un valor formativo útil, ya que introduce a los alumnos en una alfabetización ambiental y territorial, que es algo de lo que ha hablado en la presente obra y que a continuación quisiéramos hacer una breve acotación. Comprar imágenes de distintos años permite al estudiante entender cómo un área se ha visto dañada por la expansión de la zona urbana, además de que permite extraer significados de representación más complejos de los que podrían desarrollarse con actividades de memoria.

La Inteligencia Artificial es un tema aparte, ya que su incorporación debe de tomarse con cierta cautela, incluso en el capítulo 8 podrán leer un análisis que habla precisamente sobre la inclusión de la IA en la educación ambiental como una dicotomía y en ocasiones una contradicción, dada su huella hídrica y al mismo tiempo su utilidad en la geolocalización. La utilidad de esta herramienta tiene que ver más con no caer en pensar por el estudiante, es decir, actuar más bien como una herramienta de andamiaje que permita ingresar en un diálogo socrático, en donde el estudiante sea capaz de repensar sus ideas y resignificar las explicaciones plausibles a las que llega.

En este sentido, la IA puede ayudar a analizar grandes bases de datos, de mapas, de información en formatos poco accesibles, incluso en sugerir rutas de análisis para apoyar en la identificación de patrones, sin embargo, la aportación educativa solo es legítima cuando deja intacta e incluso fortalece la exigencia de que el estudiante sea un

intérprete de su conocimiento, que dude y que además, aprenda a argumentar y tome una posición sobre las situaciones que le rodean.

El problema no es la herramienta en sí misma, sino el tipo de actividad mental para que se le vaya a promover, si la IA se utiliza para entregar respuestas concluidas y no para ser un apoyo para pensar, entonces no se utilizaría correctamente, dado que puede contribuir al sesgo cognitivo. Por el contrario, se debe emplear para abrir preguntas, reorganizar datos, contrastar argumentos y ayudar a visualizar las relaciones que existen con respecto al territorio y al medioambiente.

La presencia de la IA dentro del ABP supone una alfabetización específica, en donde los estudiantes necesiten de una desconfianza de los argumentos que la IA les proporciona, con el propósito de interrogarla, evaluarla y pensar de una manera distinta a lo que ya dado. Así, en términos más pedagógicos, enseñar a trabajar con IA se debe de acercar más a revisar fuentes, contrastar evidencias, detectar vacíos argumentativos y someterlo absolutamente todo a una vigilancia epistemológica.

El docente asume que tiene un papel más estratégico que pasivo, ya no se trata de coordinar equipos, de presentar un problema detonador o de diseñar experiencias cognitivamente ricas, en donde la tecnología no lleve a la reflexión sino que la provoque. El profesor debe saber en qué momentos conviene que el estudiante observe directamente la evidencia, cuándo resulta pertinente incorporar una herramienta de IA y en qué punto es indispensable retirar apoyos para que aparezca el razonamiento autónomo. Su función va más hacia la mediación y no la disminución ante la tecnología y la complejidad.

En el trabajo colaborativo, se adquiere una utilidad más importante, porque la comprensión del territorio se enriquece cuando distintas interpretaciones entran en diálogo. El ABP favorece que los estudiantes discutan hipótesis, repartan tareas analíticas y defiendan argumentos y negocien significados. En este sentido, los problemas ambientales permiten pensar en la interacción como una lectura no lineal del fenómeno, más bien como una red de factores que deben ser integrados. La cognición, entonces, no se entiende como un acto exclusivamente individual sino también como una construcción en la que el conocimiento se afina mediante la argumentación compartida.

La evaluación, en consecuencia, debe alejarse de los instrumentos que únicamente verifican el recuerdo de información. Si lo que se pretende es formar una conciencia ambiental con un sustentivo

técnico, sensibilidad territorial y juicio crítico, entonces evaluar significa valorar los procesos de interpretación, la calidad de la argumentación y la capacidad de relacionar saberes, posturas éticas y la pertinencia de las propuestas formuladas.

Así, el punto es utilizar rúbricas centradas en el desempeño real que se enfoquen en los problemas analizados por los estudiantes y en cómo utilizan la evidencia para tomar decisiones, además de proponer y saber qué tan sólidos son sus argumentos para defenderlos.

El Aprendizaje Basado en Problemas en el estudio del suelo es mucho más que una estrategia innovadora en el aula; es una forma de transformar cómo los estudiantes conocen, interpretan y se relacionan con su territorio. Cuando el problema surge de la realidad cercana, el aprendizaje deja de ser solo memorización de conceptos aislados y se convierte en un proceso de construcción cognitiva contextualizada, donde observar, comparar, inferir, argumentar y proponer tienen un propósito claro. De esta forma, el suelo pasa de ser un contenido periférico a convertirse en un objeto pedagógico central, integrando conocimientos científicos, geográficos, éticos y comunitarios. Enseñar el territorio, desde esta perspectiva, no solo implica describirlo, sino también formar personas capaces de leer sus cambios, comprender sus tensiones y entender que toda alteración ambiental tiene consecuencias que afectan la vida social, económica y ecológica de las comunidades.

La integración de tecnologías digitales e inteligencia artificial debe considerarse una herramienta complementaria y no un sustituto del pensamiento humano. Su valor pedagógico real surge cuando amplía la capacidad de observación, facilita el análisis de las evidencias y ayuda a organizar la información, sin eliminar la reflexión crítica, la deliberación ni la autonomía intelectual del estudiante. El desafío en la educación moderna no es elegir entre la tradición y la tecnología, sino crear experiencias educativas en las que ambas se integren de manera ética, rigurosa y cognitivamente significativa. La educación ambiental podrá dejar de ser un discurso ideal y convertirse en una práctica educativa que realmente incida en la conciencia ecológica, en la toma de decisiones y en la responsabilidad de las nuevas generaciones para habitar, defender y transformar su territorio.

De la abstracción teórica a la praxis socioambiental: espacios de aprendizaje activo y formación de la conciencia ambiental

El presente capítulo se posiciona en la transición necesaria de la abstracción hacia el aterrizaje en el campo empírico. Su principal supuesto teórico recae en la idea de que la educación ambiental alcanza su madurez cuando el estudiante se involucra directamente en la transformación y cuidado de su entorno inmediato, en donde el huerto escolar se convierte en la herramienta pedagógica principal.

La huerta escolar constituye una herramienta dinámica en donde la simple producción de hortalizas se convierte en un medio de aprendizaje, mejor dicho, un ecosistema completo de aprendizaje para los estudiantes. En este sentido, las dimensiones cognitiva, afectiva, conativa y activa se relacionan de manera orgánica. Se trata de un espacio en donde la educación tradicional se traslada a una experiencia sensorial y emocional.

En contextos agroindustriales, Sauvé (2014) señala que la educación ambiental debe reconstruir el vínculo entre la identidad personal y el sistema de vida. Interactuar con la tierra y el alumnado, en

este caso, inicia un proceso de reconfiguración perceptiva sobre la realidad geográfica.

La huerta escolar representa un aula viva que facilita la sensibilización ante el asombro y el respeto al medioambiente. El estudiante reconoce que el suelo no se trata de un factor simple de los ecosistemas, inerte para la siembra, sino de un organismo vivo, que además es complejo y capaz de sostener la vida.

Estos espacios funcionan como herramientas que priorizan la formación de ciudadanos críticos. El desarrollo de la dimensión afectiva es crucial, ya que no se protege ni se cuida aquello que se encuentra fuera del sentido de pertenencia. El huerto escolar humaniza la ciencia del suelo y la vuelve cercana a los conocimientos previos de los estudiantes.

En este sentido, la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) menciona que existe un 75 % de diversidad agrícola que se perdió en el siglo XX. Este tipo de cambios se puede observar en el cambio del uso de semillas. Es responsabilidad de la sociedad en general y de las políticas públicas pertinentes que se consiga una soberanía alimentaria, dado que los productos locales, sanos y variados no se están utilizando como en el pasado; por el contrario, se implementan estrategias de importación desmedidas.

Por otro lado, la implementación técnica del huerto escolar requiere de una vinculación de los hallazgos del diagnóstico regional en términos geográficos. Dado que establecer un espacio de cultivo exitoso sin considerar las propiedades físicas del entorno sería un error, que en ocasiones es común en algunas escuelas. Por ello, se debe planificar bajo un ejercicio de geografía aplicada.

El análisis de los suelos Regosol y Feozem, a los cuales hicimos referencia en capítulos anteriores, es crucial para un huerto escolar que dé buenos resultados. Los regosoles se caracterizan, al menos en este caso, por su escaso desarrollo y limitada retención de la humedad; es decir, los estudiantes tendrían que aprender a gestionar la adición de materia orgánica y técnicas de conservación de la humedad.

Mientras que con el feozem, su característica en la región tiene que ver más con una capa oscura rica en materia orgánica y nutrientes, que ofrece la oportunidad para el éxito de cultivos más exigentes. El

diseño pedagógico debe relacionarse con la preparación de camas de cultivo que no sea un acto mecánico, sino más de experimentación y cuidado constante. Se debe discutir cómo la densidad aparente, la porosidad y la estructura forman parte de un todo que debe fiscalizarse.

El huerto se convierte en un punto medio entre la teoría y la práctica, lo que ayuda a analizar el modelo de producción que domina el paisaje, en este caso para el estado de Jalisco, México. En este sentido, los estudiantes pueden contrastar la biodiversidad de su pequeño espacio de cultivo con la uniformidad con la que se trata, en este ejemplo práctico, los invernaderos de berries.

Esta confrontación dialéctica cuestiona la sostenibilidad del modelo exportador, y aquí cabe una acotación, que los docentes se conviertan en mediadores, en guías, no en aquellos que preguntan de manera tendenciosa, porque la idea no es que esto se convierta en una dicotomía, ya que no significa que en los cultivos de berries sean todas prácticas poco éticas o negativas, sino que comprendan que cualquiera que sea el producto, no exclusivamente los berries, la sobreexplotación tiende a destruir nuestro ecosistema. Un ejemplo de esto es la expansión del aguacate, que comúnmente denominan el “oro verde”, que ha traído consigo un sinnúmero de consecuencias, tales como la deforestación y la pérdida de servicios ecosistémicos. Tal y como lo analiza Macías (2020), este crecimiento genera vulnerabilidad social y ambiental significativa. Es así como en el huerto los alumnos identifican estas consecuencias y las contrastan con la rentabilidad económica a corto y mediano plazo y con cómo afecta la estabilidad ecológica. El uso de plásticos es un punto central de este debate. El paisaje está fragmentado por hectáreas de cubiertas plásticas. Es por ello que en el huerto escolar se fomenta el uso de materiales que sean biodegradables, incluso aquel que se destina al control de plagas. Los alumnos llevan a cabo ejercicios de reflexión sobre el destino de los agro plásticos y su impacto directo en el suelo y la biodiversidad.

Es aquí cuando entra uno de los temas más importantes del huerto escolar, la agroecología, ya que se presenta como una alternativa viable frente a la agricultura industrial basada en químicos. Al respecto, Grossman (2015) menciona que los sistemas diversificados son más resilientes al cambio climático y a todas aquellas perturbaciones económicas; por ello, el alumno aprende que la asociación de cultivos

y la rotación de especies son técnicas valiosas porque mantienen al suelo en un ambiente sano y sin el agotamiento de recursos. Esta comparativa sirve para fomentar el desarrollo de un pensamiento crítico e independiente. Los estudiantes podrían incluso entrevistar a productores de su localidad y analizar los diagnósticos técnicos presentados en capítulos posteriores; el objetivo de esto no es la memorización de las técnicas, sino la construcción de una postura informada ante los elementos multifactoriales que caracterizan a la región. Por lo tanto, la educación ambiental debe ser política y transformadora, ya que, al entender las tensiones, vacíos y debates que la conforman, es posible desarrollar una visión integral del territorio, del suelo y el paisaje de Jalisco. El huerto escolar es un espacio donde se ensayan estos modelos de convivencia con la tierra y se prioriza la salud del suelo antes que la acumulación económica.

A continuación, se presenta una tabla de sistematización de hallazgos en el huerto escolar, dado que requiere instrumentos que permitan registrar la observación empírica y que, además de eso, sirvan para transformar los datos en aprendizajes. También es útil para que los estudiantes validen sus hipótesis sobre la salud del suelo y el impacto de las prácticas agroecológicas.

Tabla 1. Sistematización del huerto escolar.

Nombre del proyecto:						
¿Qué estamos plantando?:						
¿De qué tipo es?:						
Tipo de tierra (suelo): Regozol () Feozem () Otro:						
Fecha	¿Qué está pasando?	¿Qué tan alta es? (cm)	¿Cuántas hojas o flores tiene?	¿Cómo está la tierra?	Notas de Explorador	Dibujo

Fuente: Elaboración propia.

La implementación de instrumentos de sistematización en el huerto escolar es más que una simple recolección de cifras, ya que representa el ejercicio disciplinado de trasladarse de la observación anecdótica al análisis científico del territorio, las plantas y el suelo. La utilidad de este tipo de tablas radica en la capacidad que poseen para objetivar los procesos biológicos, a menudo que pueden pasar desapercibidos en la rutina escolar. El propósito principal es documentar la fase fenológica

y la salud del suelo, en este caso en específico. Es decir, depende del objetivo del huerto y de las características de la región; los objetivos del huerto cambiarían.

El uso metodológico de la tabla de seguimiento representa un reto para el docente, porque debe guiar la interpretación de los indicadores edafológicos principales. En este sentido, la FAO (2006) representa un punto de referencia para objetivar los resultados del instrumento, además de los parámetros de nutrientes y humedad; esto es conocido como pH, que determinará cómo entender la disponibilidad de nutrientes y la vitalidad del ecosistema. Esta práctica de campo permite que los conceptos de la química y la física de los suelos dejen de ser abstracciones y se materialicen en el aprendizaje de los estudiantes.

La integración de estos instrumentos en la dinámica del huerto facilita una comparativa crítica frente a los modelos productores que predominan en Jalisco. Cuando los estudiantes cuentan con datos propios sobre el rendimiento y el consumo de agua, por ejemplo, ellos pueden contar con herramientas necesarias para cuestionar la eficiencia de la agricultura industrial de exportación. Altieri y Nicholls (2012) hacen énfasis en que la soberanía alimentaria y la resiliencia climática se construyen desde el conocimiento de los agroecosistemas locales; por lo tanto, el registro constante con datos duros es una forma más de comprender un fenómeno tan complejo que se vive en la actualidad.

Desde una perspectiva pedagógica, el manejo de bitácoras representa una oportunidad para desarrollar competencias transversales en los estudiantes. Por ejemplo, con la tabla 1, es posible desarrollar el pensamiento lógico-matemático y la ética ambiental. La evaluación de este proceso debe ser, sin duda, socioformativa, en donde no solo se valore la precisión del dato, sino la capacidad del estudiante para resolver problemas detectados en el huerto escolar. Tobón (2017) menciona que la formación de los ciudadanos responsables requiere datos reales en los que el estudiante aplique el conocimiento para mejorar su entorno. En este sentido, la tabla antes mencionada se convierte en el testimonio de compromiso de los estudiantes ante el territorio.

Asimismo, otro aspecto relevante en el uso de este tipo de instrumentos es la socialización de los resultados obtenidos, ya que sirve para que el estudiante presente gráficas de crecimiento, balances de la huella ecológica ante la comunidad escolar o general. Este ejercicio prepara a los alumnos para la participación informada de debates públicos. Es aquí donde se les prepara para ser agentes de cambio en su localidad y permitir un cambio en el uso del suelo responsable.

En lo referente a la formación de la conciencia ambiental y el consumo responsable, a continuación se abordan temas como la ética ambiental y el giro hacia el egocentrismo, el consumo responsable como respuesta al cambio de uso de suelo, la regla de las 3R (reducir, reutilizar y reciclar) y la gestión de residuos en la escuela, el desarrollo de la dimensión conativa y activa, el papel de la familia y la comunidad en la educación para el consumo, y por último, la educación sobre el etiquetado y la procedencia de los alimentos, todo ello para brindar una visión más completa.

La crisis socioambiental en ciertas regiones donde existe una presión agroindustrial no es solamente un problema que tenga relación con la gestión técnica, sino que es más bien un síntoma de una cosmovisión que se fragmenta cada día más. En los últimos años, el suelo ha sido utilizado como un recurso y un servicio ilimitados que se destinan exclusivamente a acumular capital económico. Superar esta visión del suelo exige un cambio ontológico que posicione a la biosfera en el centro de las preocupaciones morales y jurídicas de nuestra sociedad.

Una ética egocéntrica reconocería que la naturaleza posee un valor intrínseco y que, independientemente de su utilidad, es vista como un elemento relevante para la sociedad. Tal como menciona Leopold (2017) en su ética de la tierra, toda acción es correcta cuando antes se analiza su integridad, estabilidad y belleza ante la comunidad biótica. En el contexto de Jalisco, esto significa mucho más para la ciencia, porque no solo debe prevalecer, sino que debe existir bajo una sana rentabilidad aun con los monocultivos de exportación.

Este cambio de paradigma sobre el civismo ecológico y la ciudadanía ambiental tiene que ver con que los estudiantes asuman sus

derechos y responsabilidades con respecto a los ecosistemas que los rodean. La ciudadanía no se debe limitar a relacionar el Estado con los ciudadanos, sino que se deben expandir las responsabilidades hacia la comunidad biótica de la que todos somos parte. Según Dugynas (2014), este enfoque permite que el traslado hacia el reconocimiento de los derechos de la naturaleza sea una herramienta no solamente jurídica, sino ética, importante para frenar la expansión desmedida de la producción agrícola sin responsabilidad.

En el ámbito educativo, formar parte de un ecocentrismo requiere que los estudiantes no identifiquen el suelo como un sustrato inerte y sin relaciones importantes, sino que lo vean como un sistema vivo, en donde se sustenta nada más que la vida. Esta sensibilización es importante, porque en zonas donde el paisaje se ha modificado drásticamente a raíz de los invernaderos, la ética ambiental actuaría como el escudo en contra de la normalización de que esta degradación ocurra, y así, se le devuelve un poco al territorio.

La educación ambiental debe, entonces, cultivar siempre la humildad biológica que reconozca siempre los límites del crecimiento en un planeta que sí tiene límites, y que además actualmente estamos comenzando a vivir cada una de sus consecuencias. Si el estudiante comprende esto, entonces su bienestar estaría ligado a la salud de los Regosoles y Feozems de su región, dejaría de verlo como un caso aislado y sin importancia y comenzaría a observarlo desde el cuidado del suelo como una opción técnica y, además, imperativa categórica. Esta base ética sería el pilar necesario para que las estrategias de consumo tomen sentido.

Con respecto a ese consumo responsable, el paisaje sería, en última instancia, el reflejo de las decisiones que toman el mercado y los productores. El cambio de uso de suelo en el sur de Jalisco está directamente relacionado con la demanda global de los productos como las berries o como el aguacate, que, aunque no parezca, forman parte de un eje alimentario actual muy importante. El investigador educativo debe tener la tarea de guiar a los estudiantes a que encuentren la conexión antes mencionada; es decir, lo que aparece en su mesa es la decisión de si un paisaje conserva su bosque o se convierte en una cuadrícula de plástico.

El consumo responsable se representa como una forma de resistencia ante las injusticias que se perciben en la actualidad. Aquí quisiera resaltar una precisión: que no se trata de comprar productos únicamente con sellos ecológicos, sino de comprar bajo la lógica de la ética del consumo, en donde entender la huella territorial de cada elección es primordial. De acuerdo con Jakson (2009), el consumo es visto como una práctica social que tiene significados simbólicos, que, en su lugar, debe ser orientado bajo una posteridad sin crecimiento material infinito. En este caso implica preferir productos de la agricultura familiar que respeten el cuidado forestal del suelo.

El análisis crítico en el aula debe quitar la etiqueta de que el consumidor es un ente pasivo, que solo elige por elegir o que no tiene una elección real al estar alienado. Al elegir los alimentos, en su momento que sean locales y de temporada; los estudiantes así retiran el incentivo económico de que la expansión de la agricultura protegida en zonas de recarga hídrica es un aspecto positivo. La frase de que lo que como puede determinar cómo se ve mi paisaje cobra mayor sentido, se convierte en el eje articulador de las decisiones del consumidor, que, a su vez, se vincularía con las dietas personales y la conservación de la biodiversidad regional.

El fenómeno de la expansión de los invernaderos no se trata de un proceso autónomo, dado que necesita de diversos factores para funcionar; responde más a cadenas de suministro globales, en donde los costos ambientales locales se pierden, incluso se vuelven invisibles ante el ojo del que desea, a toda costa, expandirse.

Como lo señala Macías (2020), la agroindustria en Jalisco se ha basado en procesos de extracción que vulneran la resiliencia del suelo. El consumo responsable aquí actúa como el contrapeso, como el contraste que busca localizar la economía en otro sitio, devolviendo así el poder de la decisión a las comunidades sobre su propio territorio.

A esto se refiere la alfabetización consumista y ecológica, al ejercicio de decidir, de incluir ejercicios de mapeo de productos; es decir, si un estudiante logra identificar que las frutas que está consumiendo recorren miles y miles de kilómetros y requieren de un empaque plástico excesivo, puede empezar a valorar las alternativas de las huertas escolares o de sus mercados locales. Esta conciencia es el

primer paso para estructurar un pensamiento que priorice el bienestar de su suelo y de su región.

Por ello, la regla de las 3R, que muchas veces es subestimada, porque se enseña desde la educación básica, o porque en ocasiones está tan internalizada que no logramos entender la repercusión que tiene en todos los sentidos de nuestra vida y de la biodiversidad que nos rodea. Así, la transición hacia la sostenibilidad en las escuelas exige que la teoría de las 3 R (Reducir, Reutilizar y Reciclar) sea el centro de atención.

En las escuelas, la implementación, por ejemplo, de puntos ecológicos debe responder a un análisis previo de los flujos de materiales. Reducir el consumo de plásticos de un solo uso es la acción certera y decisiva que se puede tomar para mitigar o frenar el impacto ambiental que tiene, por ejemplo, en la cuenca.

En el contexto regional, discutir qué sucede con los residuos específicos de agricultura protegida, por ejemplo, los de los invernaderos o los envases de agroquímicos, es un tema al que se debe perder el miedo a tocar y poner sobre la mesa. Aunque estos materiales en ocasiones no están al alcance de lo que una escuela podría manejar, sí pueden fomentar una cultura de residuo cero, que cuestiona los hábitos de la comunidad. Según la UNEP (2021), la economía circular es, en ocasiones, el único camino para desvincular el bienestar humano de la generación de desechos tóxicos.

El reciclaje, entonces, aunque es necesario, es la última opción en esta fase jerarquizada. Esto se debe a que el énfasis siempre estará puesto en reducir y reutilizar de manera creativa, antes de generar y ocasionar un llenado de nuestros depósitos. Por ejemplo, si transformamos contenedores de plástico en semilleros para la huerta escolar, esto sería un ejemplo de cómo un residuo se puede reintegrar a la vida escolar de manera útil. Estas acciones permiten a los estudiantes percibir un entorno escolar como un sistema cerrado de lo externo, en donde se pone primero el bienestar ecológico.

Ahora bien, sobre los puntos ecológicos, no deben identificarse y percibirse como simples contenedores de basura, sino como estaciones de aprendizaje. En estos, los estudiantes pueden aprender cómo la degradación de materiales y la toxicidad de ciertos polímeros

tienen sus diferencias. Esta educación tiene que ver más con aspectos técnicos, que son vitales en una zona donde la contaminación de plásticos agrícolas es común y además se trata de una amenaza que pone en riesgo la fauna y la calidad del suelo. Se afecta la permeabilidad y la salud de la microbiología del terreno cuando los puntos ecológicos no son considerados con las impresiones que se explicaron anteriormente.

Cabe señalar que fomentar una cultura de residuo cero desde la propia aula prepararía al estudiante para ser un ciudadano crítico, que ponga sobre la mesa el debate sobre el funcionamiento de los sistemas de recolección municipales. El objetivo es que la escuela se pudiera convertir en un modelo de gestión que pueda ser replicado en el hogar. La gestión de residuos no es una tarea de limpieza, eso sería reduccionista y simple, sino que es una estrategia escolar de defensa del suelo, donde se evitan los lixiviados y micro plásticos y que sigan comprometiendo la cuenca.

Con respecto a lo que ya se mencionó antes, pero que debe incluirse en este capítulo debido a su importancia, es el desarrollo de la dimensión conativa y activa. La educación ambiental se considera incompleta si se limita al saber cognitivo y a lo afectivo, porque debe incluirse necesariamente el actuar, que es lo conativo, y el hacer, que es lo activo.

Las dimensiones de la conciencia ambiental deben ser el marco para diseñar actividades que transformen la intención en hábito. Para esto, desarrollar la voluntad para actuar en favor del medioambiente es el puente argumentativo que estructura los valores ecocéntricos y que a su vez estos se manifiesten en la conducta de los estudiantes.

Corral-Verdugo (2010) define las conductas sustentables como aquellas acciones que son deliberadas y efectivas y que además resultan en la conservación de los recursos. En este sentido, pensar en una escuela que propone retos y que impulsa la autonomía de los estudiantes es pensar en una escuela ecológica. El desafío y problema principal aquí es consumir productos locales durante un tiempo determinado, porque no se trata de un ejercicio sencillo cuando el sistema está diseñado para asfixiar económicamente a este tipo de pequeñas empresas.

La dimensión conativa se fortalece porque el estudiante se siente capaz de generar un cambio en su localidad. Los desafíos

sencillos como el ahorro del agua en el riego del huerto escolar, o, por ejemplo, participar en campañas de reforestación en zonas degradadas, refuerzan el sentido de autoeficacia. El estudiante puede descubrir que su acción, por más pequeña que sea, tiene un impacto en la salud de los ecosistemas y eso hace que su motivación crezca y se convierta en ganas de continuar.

Por su parte, la dimensión activa tiene mayor relación con la participación en espacios en donde se toman decisiones. Implica entonces diseñar propuestas, mejorar la gestión del suelo y ejercer la ciudadanía activa. Los estudiantes aquí utilizan los datos de los capítulos previos y formulan argumentos y explicaciones plausibles para defender las áreas de conservación frente a la exportación de productos que producen los problemas de suelo que hemos mencionado durante esta obra.

La formación de los hábitos a favor del medioambiente no se trata de un tema conductual, pero sí requiere repetición para generar consistencia y disciplina, además del apoyo social. La escuela se trata del espacio seguro para lograrlo; cuando se trabaja con una postura activa, la presión social positiva facilita la consolidación de conductas que de otro modo serían complicadas de sobrellevar. El objetivo de esto, en realidad, es hacer que el quehacer ambiental sea parte integral de los estudiantes.

Sin embargo, a propósito de ello, la escuela no se trata de un nodo aislado o de una isla que puede funcionar por sí misma; es un núcleo que sí irradia valores, conocimientos, por supuesto que van hacia el tejido social. Pero la educación ambiental necesita de más elementos, como los de la familia, que se convierte en el facilitador de información generacional. El conocimiento técnico sobre la fragilidad del suelo y la importancia de la cuenca son temas que deberían discutirse en las familias.

Para esto, lo que es necesario son estrategias de comunicación efectiva, en donde se utilicen boletines o talleres para padres y madres, que permitan que las familias tengan las herramientas e información necesaria para comprender lo que está sucediendo a su alrededor, sobre todo con respecto a los recursos hídricos con los que cuenta el este tipo de territorios y su alrededor, ya que las aguas subterráneas no respetan

límites político-administrativos. Si bien lo que está sucediendo por encima del suelo afecta directamente al entorno inmediato, también está repercutiendo en alguna otra parte de manera indirecta.

Como lo señala Leff (2004), los conocimientos ambientales se construyen en el diálogo y la resignificación de la cultura. Así, cuando el hijo intenta explicar a los padres el valor que tiene el suelo vivo, porque así lo aprendió en su escuela. Está inculcando una semilla de duda y de conciencia comunitaria en su familia, de tal forma que es más posible que se preserve el patrimonio biocultural de la región.

El ahorro de los recursos como el agua es un tema que puede ser de conservación familiar, aunque en ocasiones tiene que ver más con el tema económico, por ejemplo, con apagar la luz de una habitación para pagar menos en el próximo recibo, o simplemente cerrar las llaves de agua para pagar menos el próximo bimestre.

Sin embargo, el punto principal es que la familia debe aprender que, a través de la escuela, se valora el agua no solo como un insumo doméstico, sino que se trata de aquello que le da vida a la cuenca que sostiene a todos los habitantes. Estas conversaciones refuerzan la manera de pensar de las personas y crean una red única y pertinente para la región.

Vincularlo con la comunidad es primordial, porque de esta forma se apoya a los mercados locales y productos tradicionales que producen por temporada y atendiendo al respeto de su ecosistema. Si los valores aprendidos en la escuela fueran respaldados por la familia, entonces el estudiante identifica coherencia entre lo que se enseña y lo que se hace; así, la protección de la cuenca sería un proyecto común, que pasaría de generación en generación.

La alfabetización del consumidor será entonces primordial y necesaria en un mundo donde existe un mercado agroindustrial complejo. Los estudiantes aprenden a identificar el origen de la historia detrás de lo que consumen, esto a través de las etiquetas. Esta investigación sencilla permite identificar si un producto proviene de una zona de deforestación reciente o ha sido producido bajo normas ambientales y laborales.

La educación sobre el etiquetado incluye entender otros aspectos, por ejemplo, la huella de carbono o la huella hídrica. Realizar

este tipo de ejercicios prácticos de análisis de cadenas de suministros permite a los estudiantes visualizar el recorrido de los alimentos que consumen.

Según la FAO (2003), un consumidor informado es la primera línea de defensa para transformar los sistemas agroalimentarios hacia modelos más sostenibles. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, esto no se logra sin la información pertinente y el apoyo social de las familias y de la escuela.

Analizar de dónde viene lo que se consume en casa permite a los alumnos distinguir entre una producción de autoconsumo o una producción masiva para el extranjero. Este pensamiento crítico y reflexivo es clave para desarrollar una estructura sólida de soberanía alimentaria. Aprendiendo a leer cada etiqueta, el alumno protege el lavado de imagen verde de las grandes corporaciones.

Para consolidarlo, es necesario llevar a cabo actividades en el aula, por ejemplo, realizar simulacros de compra con los estudiantes, en donde puedan comparar basándose en criterios de sostenibilidad y no solamente en el precio. Esta práctica refuerza la idea de que cada compra es un voto por el tipo de mundo en el cual queremos vivir en el futuro.

La alfabetización en el mercado de la forma de educar para la libertad, porque permite que los individuos escapen de la inercia del consumo en el cual no se reflexiona, solo se compra, se usa y se tira a la basura. Las 3R y este tipo de alfabetización son cruciales para entenderlo.

Este conocimiento tiene relación con una mayor exigencia hacia los productores y los reguladores; un ciudadano que es capaz de leer las etiquetas, que además se preocupa por lo que consume y realiza un ejercicio reflexivo cada que compra, entiende que el impacto en el uso de suelo es primordial; por lo tanto, comenzará a demandar políticas públicas que favorezcan la transparencia y la sostenibilidad.

La educación ambiental tiene su punto más alto en la capacidad de análisis de los estudiantes, de los ciudadanos. Es decir, que cada elección individual cumpla con la integridad y compromiso global. Que, además, cierre el ciclo de formación con una visión científica y ética del consumo.

En la actualidad, vivimos una etapa de exceso de información en todos los campos, pero no tenemos la voluntad de análisis y de acción por parte del ser humano. Solo comprendemos que es necesario el territorio, es decir, el suelo, para que la maquinaria de la producción alimentaria funcione. Pero desde una perspectiva educativa, observamos que el aprendizaje basado en la acumulación de información, en especial del tema ambiental, es un juego de ajedrez, donde cada movimiento que se realice tendrá consecuencias a favor o en contra de la ecología. Leff (2004), estaba convencido de que el cuidado ambiental nacería de la comprensión epistemológica de la naturaleza; pero la Psicología de la Conservación (Kaiser et al., 2024) sugiere que el obstáculo principal es la "parálisis por saturación". Es decir, no se comprende el alcance de la importancia que tienen los datos y mucho menos correlacionarlos entre sí, para obtener respuestas o predecir futuros problemas ambientales.

Por años la educación solo se centró en conocer el problema, mas no las causas y sus consecuencias. Hoy debemos incorporar la dimensión conativa, la cual refiere que debemos hacer que el conocimiento se convierta en un hábito permanente, que chocha o se contradice con la era digital, en donde la memoria se la trasladamos a los aparatos tecnológicos.

La creación de conciencia ambiental no debe ser solo teórica o quedar en el discurso. Para ello se debe implementar en casa y en la escuela las "arquitecturas de elección sustentable" es decir, que la tecnología no solo nos sirva para comunicarnos, tomar fotos o ver redes sociales, sino como una herramienta de sensibilización. Es decir, los medios de comunicación y las redes sociales a menudo no ocultan o no nos informan sobre el origen de un producto alimentario. Pero para eliminar esa barrera, es necesario conocer la trazabilidad del producto alimentario. Esto se logra con tan solo escanear el código QR del producto para conocer su proceso en tiempo real. De esta manera, el consumidor se convierte en un habitante consciente, devolviéndole la visión del territorio, para saber de dónde proviene el producto, si ese lugar es natural o ha sido alterado para producir dicho producto.

Actualmente, la humanidad es la sociedad del consumismo; adquiere materiales y consume energía que provienen del entorno rural y este último a su vez recibe a cambio solo basura o desechos. Existe

una desconexión espacial, que no es otra cosa más que el desconocimiento del origen de cómo y dónde se produce lo que consumimos en casa. Esta desconexión de los habitantes con su entorno propicia una amnesia del origen; él piensa que el agua que bebe en casa nace de la llave y los alimentos se producen en el supermercado. Esta falta de vínculo geográfico anula la responsabilidad ética.

Caso contrario en las áreas rurales: es donde está la batalla para conservar la biodiversidad. Datos de la IPBES (2024) mencionan que la extinción de las especies es causada por el cambio de uso de suelo, por la alta demanda de alimentos de las grandes metrópolis. Aquí es donde toma relevancia la ética de la tierra propuesta por Aldo Leopold, que menciona que no solo es romanticismo lo que se siente por el medioambiente y el paisaje, sino que debemos entender la interdependencia biofísica.

Pero el entorno rural no es solo un territorio alterado; es un territorio con mucha historia local, formas de vida y convivencia que prefiguran el Buen Vivir (Gudynas).

Aquí es donde la geografía y la educación ambiental se complementan. Por el lado geográfico, tenemos el uso de tecnología para conocer el clima, la salud del suelo, en tanto que en la educación ambiental están los conocimientos de los ciclos biológicos. Así surge la huella material, la cual mide la cantidad total de biomasa, combustibles fósiles, minerales metálicos y minerales no metálicos extraídos para satisfacer el consumo final de un país o individuo, independientemente de dónde haya ocurrido la extracción. En resumen, la huella material nos permite medir con exactitud cuántos metros cuadrados de bosque o cuántos litros de agua "importa" una ciudad por cada kilogramo de carne que consume. Esta transparencia geográfica permite que el estudiante no solo comprenda el mapa, sino que analice y razone que sus decisiones de consumo son las que trazan las fronteras ambientales.

En pleno 2026, el ser humano, las familias y los hogares estamos viviendo un proceso tecnológico, teledirigido mediante bombardeos de marketing combinado con la presencia de la inteligencia artificial. Aquí es donde surge la gran pregunta. ¿Cómo educarnos de manera responsable, con el bombardeo de tecnología que tenemos a la mano: el smartphone, el televisor, la computadora, los relojes

smartwatch, que nos bombardean con publicidad para hacer compras de productos que por lo general son innecesarios?

Aquí es donde entra la innovación en la educación. Comprendiendo la incorporación de la IA en el entorno familiar y no para bloquearla o satanizarla. Se debe empezar por una alfabetización algorítmica, para que juntos en familia comprendan por qué un anuncio aparece en su dispositivo, y de esta manera desvanecer la seducción al consumismo; ahora pasan a la aplicación de una economía circular 7R (UNEP, 2023). Aquí el éxito de la familia no se mide por la capacidad de compras que realiza, sino por reparar y recuperar cosas que tienen en el hogar.

Con lo anterior, estamos transitando a ser una ciudadanía planetaria, donde el hogar es el principal promotor del consumo local. De esta manera está diciendo no a la expansión de monocultivos y sí a la producción de su propia comunidad. La conciencia ambiental, por tanto, deja de ser un párrafo o una ilustración de un libro de texto para convertirse en programación algorítmica de manera cotidiana.

El analizar cómo es el comportamiento del consumismo contemporáneo nos permite ratificar que el territorio no es solo el suelo que pisamos, sino el elemento que soporta cada acción material que en él se ejecuta. La Huella Material de 2025 ha puesto en evidencia cómo hemos desprotegido a nuestro planeta, y el análisis de la Dimensión Conativa nos muestra la urgencia por rescatar la esencia humana frente a la presión algorítmica que nos bombardea en todo momento. Pero, como hemos leído ya en diversos apartados de este libro, el conocimiento por sí solo no es la solución a la problemática ambiental y la construcción de una conciencia ecológica. Debemos dar un paso más conciso y convertirlo en intervenciones reales, para no pasar solo a un discurso académico.

Por años, los enfoques tradicionales han apostado a que llegara el momento en donde la sola exposición al desastre generara un cambio de conducta: la Psicología de la Conservación (2024) y los marcos de Economía Circular (UNEP, 2023) coinciden en que, para lograr la transformación, no basta con que en la escuela o en la casa se identifiquen los problemas, por lo que es necesario dotar de las herramientas diseñadas para analizar el origen del problema ambiental,

entender su contexto espacial y, por último, proponer alternativas de solución que sean técnica y éticamente sólidas. La crisis, por tanto, deja de ser un destino geográfico fatalista para convertirse en un problema de diseño educativo.

Análisis de los recursos pedagógicos para la educación ambiental

El presente capítulo representa la capitalización de la obra que, aunque en los capítulos anteriores tuvo el propósito de presentar datos teóricos, siempre estuvieron guiados, aunque hipotéticamente, en el aula. De esta forma, los datos geoespaciales y el análisis técnico se convierten en herramientas útiles en la educación ambiental. Por ello, este apartado no se trata de un simple catálogo cartográfico, sino de un banco de recursos estratégicos diseñado para que los docentes de cualquier nivel cuenten con materiales listos para incluirlos didácticamente en sus aulas.

Cada mapa se presenta con una intención pedagógica, con el objetivo de que sirva de modelo para entender por qué se debe cuidar el entorno que nos rodea; se busca que el territorio se convierta en el recurso didáctico principal. La utilidad de esto es abordar el suelo como un objeto pedagógico complejo y que, a través de estos mapas, el docente se aleje de la educación tradicional y ayude a los estudiantes a identificar la vulnerabilidad de los ecosistemas.

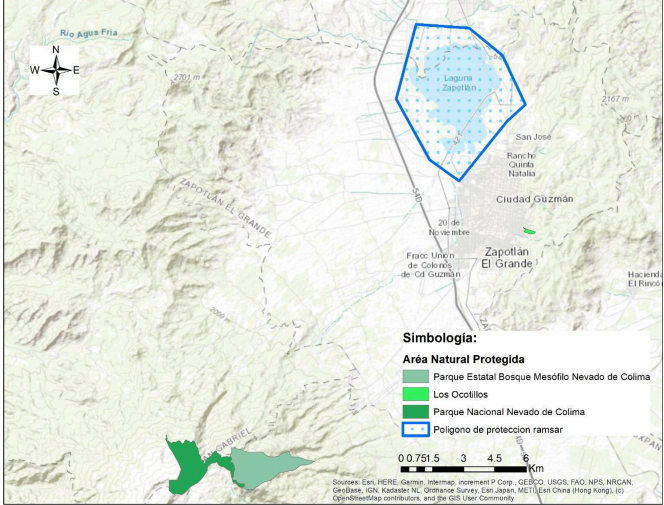
Asimismo, el diseño del capítulo está pensado en una aplicación transversal, desde educación básica hasta media superior y superior. La metodología base que se sugiere para implementar estos mapas es la que se expuso en capítulos anteriores, el ABP. Cada mapa incluye recomendaciones que escalan entre la simpleza y la complejidad, de tal forma que sirva para todos los niveles educativos.

Al utilizar este caso como objeto real de aprendizaje, este banco de recursos ofrece ejemplos que permiten ver a simple vista las tensiones en el desarrollo actual, la fragmentación biológica y la deforestación. La integración de estos mapas en el aula formaría sujetos críticos, que sean capaces de desarrollar las dimensiones que anteriormente se describieron: la cognitiva, la afectiva, la conativa y la activa dentro de la conciencia ambiental (Orozco, 2023).

En el mapa 8, se observa una imagen satelital, Landsat 5, que muestra la composición real del territorio en una fecha en específico. En amarillo podemos observar el límite oficial político-administrativo. Con ello, el alumno empezará a entender hasta dónde abarca el territorio de su municipio, qué elementos estructurales la componen, así como las dimensiones territoriales (Makrakis y Kostoulas, 2023).

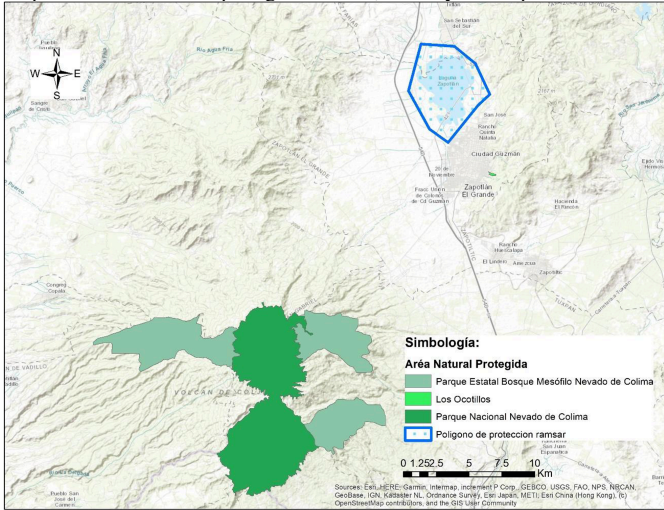
Para nivel básica, el mapa 9 es uno de los más importantes para concientizar sobre el medioambiente. Esto se debe a que la laguna es un humedal de importancia internacional, lo que le puede otorgar a los alumnos, si el docente así lo decide, el rol de guardianes de un ecosistema único en su región y el mundo. El mapa 10 facilita actividades sobre fauna acuática y para explicar el ciclo del agua en cuencas cerradas. Por otro lado, para el nivel universitario, el mapa puede ayudar al análisis de las tensiones entre el desarrollo económico y la conservación del medioambiente de su región. Los estudiantes pueden investigar las razones por las cuales, a pesar de que se encuentra bajo la protección Ramsar, la laguna recibe sedimentos y agroquímicos de los invernaderos cercanos, lo que es un ejemplo claro de cómo se pueden diseñar proyectos de restauración ambiental que involucran a la participación social.

Mapa 10: Áreas naturales protegidas.



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 11 Áreas naturales protegidas federal, estatal y municipal.



Fuente: Elaboración propia.

En los mapas 10 y 11, el alumno puede identificar que dentro de su municipio se cuenta con Áreas Naturales Protegidas (ANP), las mismas

que están establecidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). En ella se establecen las bases para la conservación ambiental del territorio de México.

Las ANP se definen como áreas del territorio nacional que requieren ser preservadas y restauradas para preservar su valor ambiental (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2024).

En México, existen diversos tipos de ANP, las cuales se dividen en tipo federal, estatal y municipal. Las Federales a su vez se dividen en 6 categorías, que son las siguientes: 1. Reserva de la biosfera. Son todas aquellas áreas dentro del territorio nacional, que casi no han sido alteradas y que es indispensable conservarlas y restaurar ese poco cambio que ha sido alterado; 2. Parques Nacionales: Son todas aquellas zonas que integran más de un elemento de carácter natural y se caracterizan por ofrecer un escenario de belleza a la vista del ser humano. Además de ser de interés para la recreación, el ámbito educativo y de carácter de investigación científica; 3. Monumentos Naturales: Aquellas áreas que están integradas por uno o más elementos únicos de carácter natural; 4. Áreas de Protección de Recursos Naturales: Son aquellas zonas que requieren atención especial en la preservación del suelo y el recurso hídrico dentro de la cuenca endorreica a la que pertenezcan, así como el cuidado de las zonas boscosas; 5. Áreas de Protección de Flora y Fauna: Son zonas en cuyo territorio se cuenta con especies que dependen del ecosistema de esa zona; sin este ecosistema, dichas especies corren el riesgo de desaparecer; 6. Santuarios: Zonas que cuentan con diversidad de especies, endémicas o raras.

En tanto, las ANP de carácter estatal y municipal se clasifican de la siguiente manera.

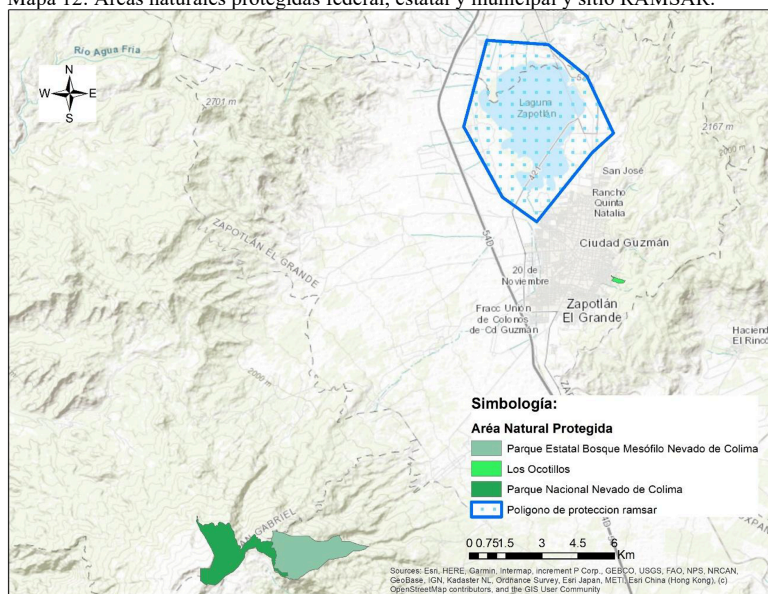
A. Parques y Reservas Estatales: Estas están sujetas a las disposiciones de los gobiernos estatales.

B Zonas de Preservación Ecológica de los Centros de Población: Son aquellas áreas que son municipales, y cuya autoridad considera importante su restauración y conservación, para mantener el equilibrio ecológico del municipio.

C. Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación: Estas áreas son de carácter privado, en donde por interés individual o colectivo deciden proteger un territorio legalmente.

El alumno, conociendo estos elementos, tendrá la capacidad de identificar zonas de ANP, como lo ilustra el mapa 12. Cuenta con ANP de carácter federal (Parque Nacional Nevado de Colima), estatal (Parque Estatal Bosque Mesófilo Nevado de Colima) y municipal (Los Ocotillos). En el mapa 12, se puede dimensionar que estas ANP forman parte de una extensión territorial que va más allá de lo que está dentro de su municipio. Además de estar dentro del territorio de los estados de Jalisco y Colima respectivamente. Por otra parte, el Parque Estatal Bosque Mesófilo Nevado de Colima está fragmentado y tiene presencia en diversos municipios.

Mapa 12: Áreas naturales protegidas federal, estatal y municipal y sitio RAMSAR.

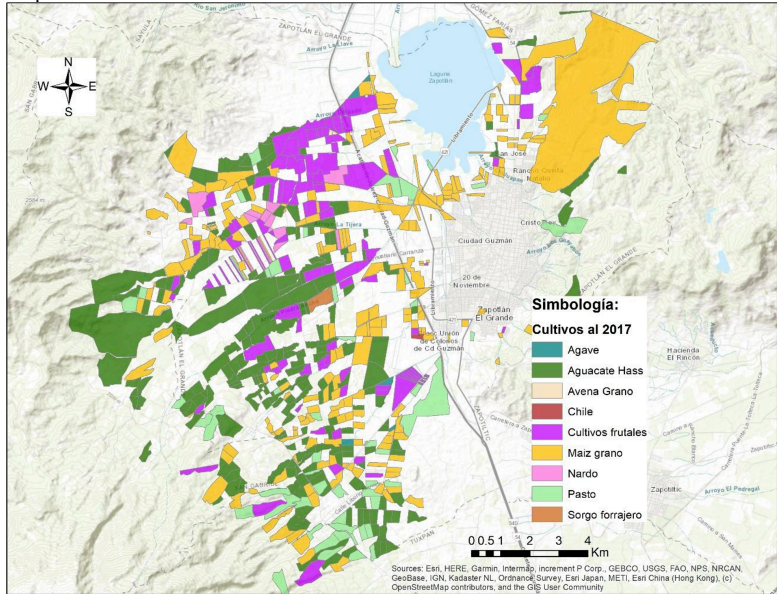


Fuente: Elaboración propia.

En el mapa 13 están conjuntadas las ANP y el sitio RAMSAR. De esta manera, el alumno puede visualizar y comprender dónde están los elementos naturales que dan sustento a la vida de la diversidad de flora y fauna que alberga el municipio. El alumno se dará a la tarea de explorar qué zonas de su territorio requieren ser restauradas y conservadas. Comprenderán que, en la medida en que se conservan estas ANP, se está cuidando el agua para consumo humano y

protegiendo el suelo para que siga siendo productivo y poder tener los alimentos que llegan a casa.

Mapa 13: Diversidad de cultivos en el territorio.



Fuente: Elaboración propia con información estadística del programa de fomento a la agricultura, del estado de Jalisco y el límite municipal del Mapa General del Estado de Jalisco.

En este mapa el alumno puede observar en dónde se encuentran las principales zonas de producción agrícola. A simple vista podrá identificar los principales cultivos que predominan en el municipio.

Para el 2017, los cultivos del municipio eran: Agave, Aguacate Hass, Alfalfa achicalada, Avena grano, Cebada grano (semilla), Chile, cultivos frutales (berries), Hortalizas, Maíz forrajero, Maíz de grano, Nardo, Pasto, Sorgo forrajero y Sorgo de grano (ver Tabla 2).

Tabla 2. Tipos de cultivos a cielo abierto al 2017.

Tipo de Cultivo	Sup. Hec.	%
Agave	31.33	0.24 %
Aguacate Hass	3978.79	30.41 %
Alfalfa achicalada	61.80	0.47 %
Avena grano	66.60	0.51 %
Cebada grano	10.98	0.08 %
Chile	6.47	0.05 %
Cultivos frutales (berries)	1741.92	13.31 %
Hortalizas	6.04	0.05 %
Maíz forrajero	3.89	0.03 %
Maíz grano	4775.49	36.49 %
Nardo	222.03	1.70 %
Pasto (tapete)	2111.58	16.14 %
Sorgo forrajero	37.17	0.28 %
Sorgo grano y forrajero	31.29	0.24 %
Total	13,085.38	

Fuente: Elaboración propia.

Aquí el alumno se sorprenderá al darse cuenta de que desconocía ciertos productos que consume en casa y que se siembran en su municipio, así como la cantidad en hectáreas que cultivos predominan. Para el 2017, el que más se producía era maíz de grano, seguido por aguacate Hass y cultivo de frutales.

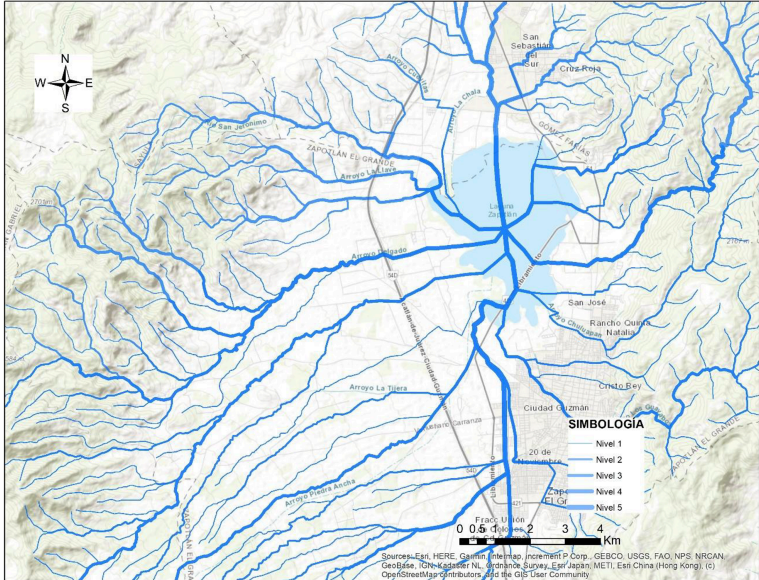
Además, el mapa sirve como una radiografía de la economía del paisaje, en donde se muestra un mosaico de cultivos que definen la identidad del territorio, Dependiendo el nivel educativo, ya sea en primaria y secundaria se puede utilizar para trabajar la diversidad agrícola y cómo ha sido sustituida por monocultivos de exportación que alteran la dieta local, mientras tanto, para educación superior sirve para analizar la primarización económica que tiene que ver con el valor económico que tienen los cultivos y cómo repercuten en el medioambiente.

Para el nivel superior, el mapa ayudaría en la metodología ABP; se sugiere utilizarlo para proponer zonas de amortiguación y de conservación forestal. Es útil para cuestionar la sostenibilidad y cómo poco a poco se ha ido perdiendo la biodiversidad en la región. Es una herramienta que ayuda a identificar de manera inmediata la sustitución de cultivos. Como mapa base, pueden replicar este mismo mapa para años posteriores o el año actual, para identificar posibles cambios, tanto en superficie como en tipo de cultivos.

En el mapa 14, el alumno de primaria y secundaria podrá conocer cuál es el camino que toma el agua de lluvia; a simple vista parece el de las raíces de un árbol. El alumno identificará que existen diferentes tipos de caminos: entre más gruesa sea la línea, más agua acumula y arrastra a su paso por el municipio.

En este caso, identificar que existen 5 niveles de la red hidrográfica: el nivel 1 es donde comienza la red; conforme va avanzando el nivel, es donde se van interceptando las ramificaciones; es decir, el nivel 2 es donde desemboca el nivel 1, así sucesivamente hasta llegar al nivel 5. El nivel 1 empieza en las zonas más elevadas del territorio, en tanto que el nivel 5 es la parte más baja.

Mapa 14: Nivel de red de hidrología.



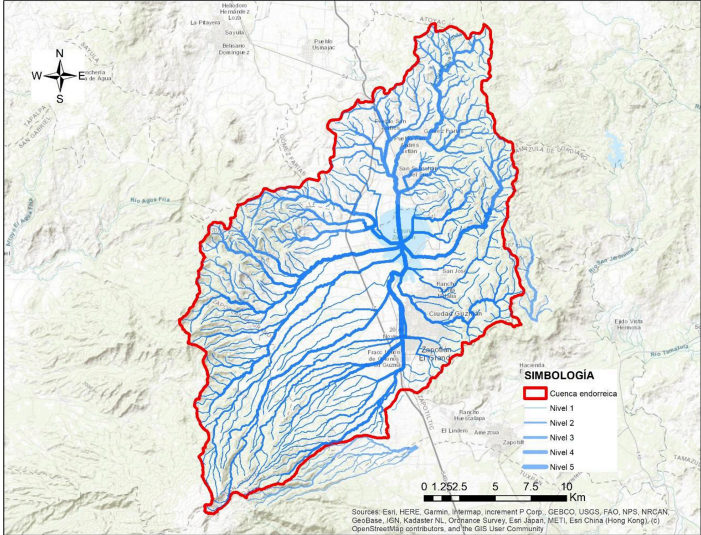
Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, el alumno conocerá de dónde proviene el agua que corre por su territorio; además, comprenderá que si en las partes altas se altera o contamina el suelo, esto repercutirá en las partes bajas, con zonas de inundación en las áreas rurales y contaminación o desbordamiento de la laguna, afectando de manera directa o indirecta a la población. Como se mencionó párrafos antes, está dentro de la

subcuenca laguna, que a su vez pertenece a la cuenca Laguna de Chapala. De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CNA), la Cuenca tiene una superficie de 499 km². La escala del mapa de red hidrográfica de la subcuenca permite al alumno identificar que lo que suceda más allá de las fronteras del municipio, en este caso al norte, repercute en el territorio del municipio. Es aquí donde se evidencia la importancia de que el alumno se convierta en guardián de su entorno.

Para alumnos de nivel superior, podrán llevar a cabo investigación profunda de las alteraciones que han sufrido estos escurrimientos y los efectos que tienen en el territorio. Podrán proponer soluciones de mitigación para restablecer el equilibrio de la zona.

Mapa 15: Subcuenca de endorreica.

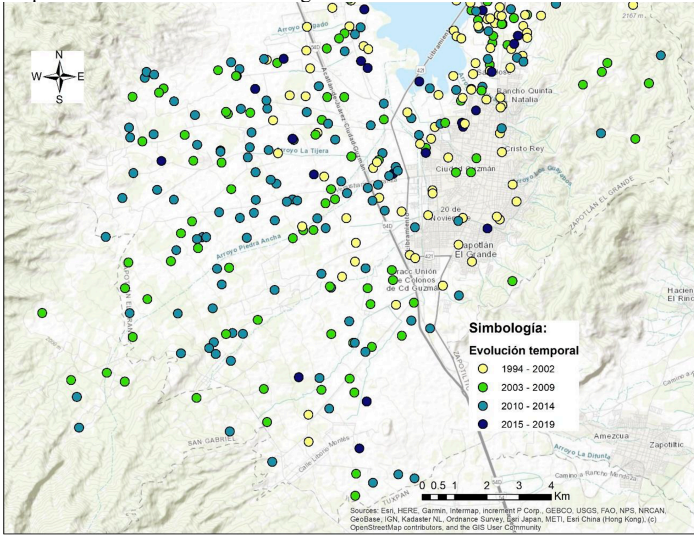


Fuente: Elaboración propia.

El mapa 16 presenta pozos de extracción desde 2003 hasta 2019; sirve para evidenciar el crecimiento urbano y agrícola de la región, es decir, cómo los pozos son un intento de compensar la falta de permeabilidad del valle.

Se sugiere utilizar lo anterior de manera pedagógica, con base en la ubicación de las nuevas zonas con pozos, para entender que esta infraestructura no fue capaz de seguir el ritmo del crecimiento de los cultivos bajo plástico.

Mapa 16: Pozos de extracción de agua de los años 1994 al 2019.



Fuente: Elaboración propia, con base en información del (Registro Público de Derechos de Agua).

Asimismo, en la tabla 3 se muestra el total de pozos de extracción en un periodo de 26 años.

Tabla 3: Total de pozos de extracción por año, de 1994 al 2019.

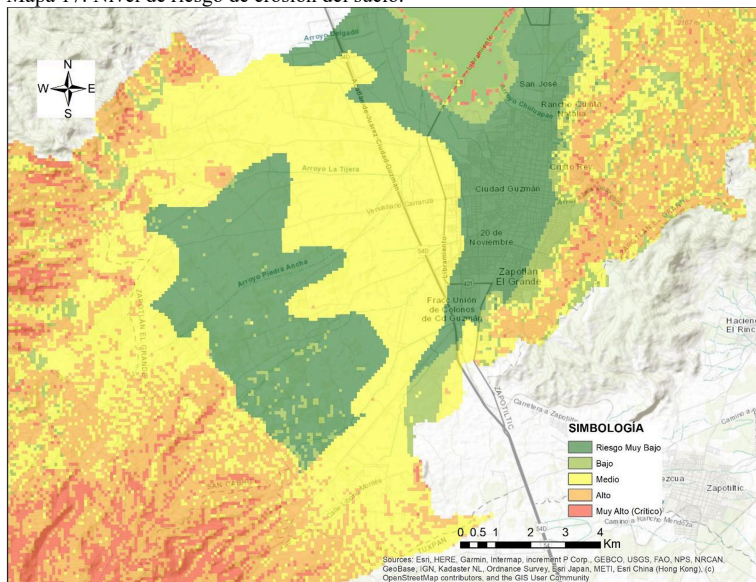
Año	Número de Pozos	Año	Número de Pozos
1994	19	2007	11
1995	2	2008	19
1996	11	2009	44
1997	8	2010	36
1998	44	2011	17
1999	26	2012	41
2000	6	2013	27
2001	2	2014	3
2002	3	2015	2
2003	3	2016	4
2004	9	2017	4
2005	4	2018	10
2006	6	2019	9
Total	370		

Fuente: Elaboración propia, con base en información del (Registro Público de Derechos de Agua).

El alumno podrá analizar cómo, a lo largo de 26 años, pasó de contar con 19 pozos de extracción a 370. Podrán identificar e investigar por qué en los años 1998, 2009 y 2012 se otorgaron mayores permisos para la perforación de pozos de extracción de agua subterránea. Así como también existen tres años, en los que solo se autorizaron 2 pozos por año. El alumno de primaria y secundaria entenderá que cada vez se está extrayendo mucha agua del subsuelo y que no necesariamente es para el consumo humano, sino para la agricultura. En tanto, a nivel superior, el alumno aprenderá a relacionar la cantidad de pozos de absorción con el total de superficie de invernaderos de berries, para entender el porqué de dicho crecimiento de ambos elementos, poder revisar y proponer nuevas políticas de regulación de extracción de agua para el cultivo de la agroindustria. Podrá investigar la cantidad de agua que se está extrayendo, compararla con la cantidad de agua que se utiliza por ciclo de producción de berries o aguacate por hectárea. Además de investigar la estimación de m^3 de agua que existe en el subsuelo, de esta manera hacer una proyección a futuro de cuándo terminará el agua en caso de seguir la misma tendencia y no tomar medidas pertinentes para contrarrestarlo.

El mapa 17 muestra la manera en que el 15 % del territorio se encuentra con un riesgo muy alto, principalmente en las laderas más elevadas; es aquí donde el cultivo del aguacate ha efectuado los cambios de uso de suelo. Con riesgo alto está el 25 % del territorio; estas se encuentran a pie de monte, en la transición entre las zonas de montaña y el valle, destacando la siembra del agave. La zona de afectación media está alrededor de la mancha urbana; prevalecen los invernaderos, mientras que las zonas bajas y muy bajas presentan pendientes suaves y se encuentran alrededor de la laguna, ambas con un 15 %.

Mapa 17: Nivel de riesgo de erosión del suelo.



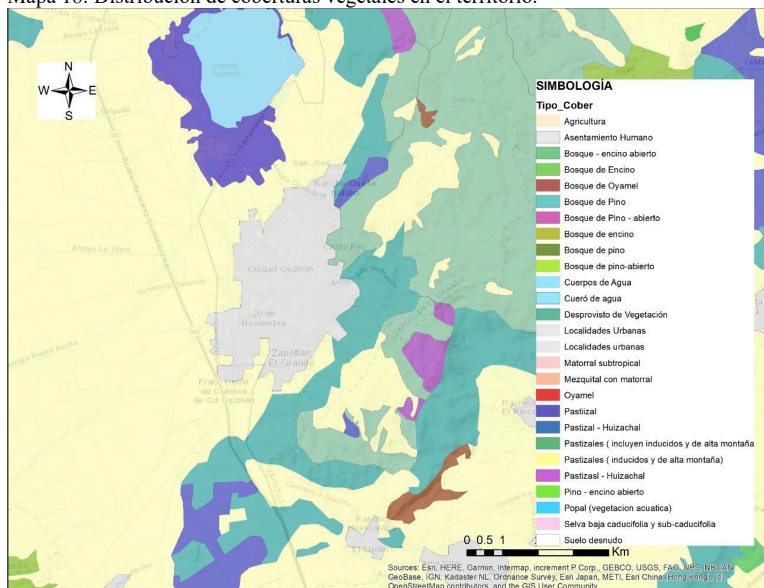
Fuente: Elaboración propia

Con esta información, el alumno podrá identificar que casi la mitad del territorio se encuentra en riesgo; es aquí donde entra en juego la importancia de poner en práctica las reglas de las 3R.

Para educación básica, este mapa sirve para identificar visualmente el desastre natural visto como consecuencia del proceso humano. Se sugiere utilizarlo y explicar que la deforestación en zonas de alta pendiente acelera la pérdida del suelo fértil, suelos abajo. Además, los estudiantes pueden identificar los puntos críticos en donde la lluvia arrastra la mayoría de los sedimentos hacia la ciudad y la laguna.

El docente deberá explicar a los alumnos que no se puede sembrar lo que sea y en donde sea. El suelo en las partes elevadas es más delicado para la siembra que la parte del valle en donde el suelo es más bondadoso.

Mapa 18: Distribución de coberturas vegetales en el territorio.



Fuente: Elaboración propia con base en imágenes de satélite Landsat 8 del año 2020, la Carta de Uso del Suelo y Vegetación (INEGI, Serie VII) y el Mapa General del Estado de Jalisco.

Para nivel superior, se puede utilizar para proponer soluciones de ingeniería y manejo sustentable. Los estudiantes pueden diseñar estrategias sobre la conservación del suelo y entender que las áreas críticas, en este caso de color rojo, son algunas urgentes en las que se puede actuar.

Tabla 4. Superficies y porcentajes de las coberturas vegetales.

Tipo de Cobertura	Porcentaje (%)	Superficie (ha)
Agricultura de riego anual	5.57 %	1,756.41
Agricultura de riego anual y permanente	24.75 %	7,808.97
Agricultura de riego anual y semipermanente	16.96 %	5,351.44
Agricultura de riego permanente	2.21 %	696.1
Agricultura de temporal anual	0.18 %	57.81
Agricultura de temporal permanente	0.06 %	20.12
Asentamientos humanos	4.92 %	1,551.28
Bosque de encino-pino	0.84 %	263.81
Bosque de oyamel	1.17 %	368.26
Bosque de pino	1.20 %	378.61
Bosque de pino-encino	18.09 %	5,709.09

Cuerpo de agua	2.37 %	748.68
Desprovisto de vegetación	0.06 %	20.35
Pastizal inducido	0.79 %	250.54
Pradera de alta montaña	0.73%	228.98
Tular	2.30 %	724.91
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	5.46 %	1,723.16
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	0.36 %	114.2
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	5.17 %	1,631.81
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	6.80 %	2,146.49
Total	100 %	31,551

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, el mapa de la distribución de coberturas vegetales muestra una cobertura territorial compleja, en donde interactúan la zona urbana, procesos productivos y elementos del medioambiente. Por su vasta extensión territorial, alberga una riqueza natural con su zona montañosa y laguna, así como diversas actividades antropogénicas a lo largo de su territorio.

El 48.50 % del territorio es de uso agropecuario, del cual el 14.95 %, equivalente a 4,717.30 ha, es ocupado por cultivos tradicionales, expandido por la zona de montañas y el valle, considerando como la actividad agrícola que tanto el aguacate ocupa el 43.4 %, equivalente a 9,491.45 ha, del área cultivada, en tanto que los invernaderos bajo plástico representan el 3.47 %, equivalente a 1,093.49 ha, con un alto impacto en el suelo, ya que este cultivo sella el suelo.

La expansión de las huertas de aguacate e invernaderos bajo plástico se da por sustitución de cobertura de suelos. El aguacate no es un cultivo que llegue a ocupar parcelas sin uso aparente, en tanto que los invernaderos bajo plástico han ganado terreno en la sustitución de los cultivos tradicionales.

Los huertos de aguacate se concentran en suelos de regosol y cambisol, los mismos que se encuentran en pendientes superiores a un 5 %.

Existen lugares que, dentro de su límite territorial, cuentan con territorio del Nevado de Colima, además de pertenecer al corredor de la sierra del Tiguer. Históricamente, estos lugares cuentan con un

ecosistema comprendido por bosque de pino-encino y bosque mesófilo de montaña. Estos árboles nativos generan una red de raíces en sus suelos delgados, además de crear una capa de hojarasca, que en temporada de lluvia amortigua las gotas de la lluvia.

Las huertas de aguacate hacen un cambio radical de estos suelos (sin autorización). Esto propicia la eliminación de la cubierta arbórea y de los arbustos, dejando el suelo limpio en la superficie, lo que expone el suelo en temporada de lluvias a una erosión directa. Esto está acabando con el ecosistema de los bosques, el cual es el elemento principal que propicia el clima ideal para las huertas de aguacate (Malavé, 2025).

Los usos de suelo que más se han perdido son: Bosque de pino y encino: La pérdida de esta masa forestal no solo altera el clima, sino que también altera la fauna al fragmentar corredores biológicos. El desplazamiento de los cultivos tradicionales es consecuencia directa de la presión por la renta de tierras para el sector agroexportador (Macías Macías, 2020). El cultivo de maíz y frijol dejó de ser rentable, lo que originó que muchos propietarios de parcelas rentaran o ellos mismos hicieran la conversión a invernaderos bajo plástico o huertos de aguacate.

Por otro lado, áreas de pastizal inducido, que tradicionalmente eran utilizadas para la alimentación del ganado, fueron sustituidas por huertos de aguacate. De ser una zona de baja demanda hídrica, pasó a ser de gran impacto. Pero no solo las laderas han sufrido cambios en su uso del suelo, sino que también el valle se ha visto afectado, con la invasión del cultivo bajo plástico de agricultura protegida. Los invernaderos necesitan tener suelos parejos con pendientes inferiores al 5 %, de características de Cambisoles y Feozems. Las características de estos suelos son que son profundos, con alto potencial de nutrientes y, aparte, retienen la humedad.

La afectación que tienen los invernaderos bajo plástico en el suelo radica en que no utilizan el suelo natural para el crecimiento de sus cultivos, sino que cubren el suelo con plástico o tela, y sus plantas están sembradas en bolsas de fibra de coco. De esta manera, el suelo fértil queda compactado y, con el paso del tiempo, es infértil, perdiendo su fusión biológica. El aislamiento del suelo natural y su sustitución por

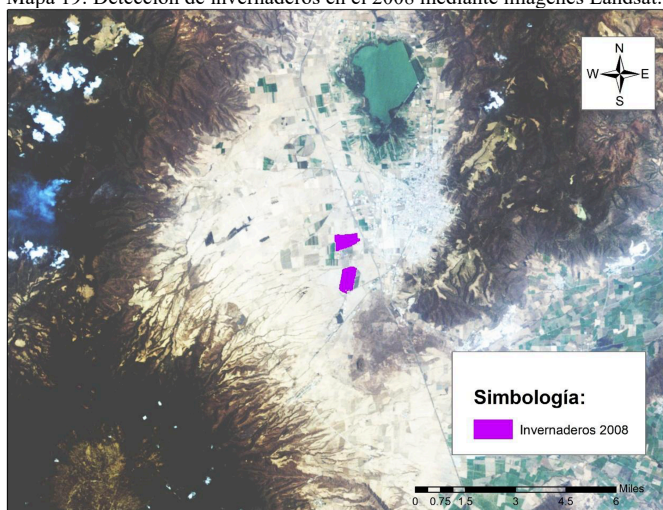
bolsas de sustrato conlleva una pérdida irreversible de la fusión biológica del terreno (Rodríguez y Hernández, 2018).

El cambio de usos de suelo no solo es paisajístico, sino que también tiene repercusiones en la cuenca endorreica en la que se encuentra inmerso. La deforestación de bosque nativo para introducir huertas de aguacate disminuye las zonas de niebla; por ende, la capacidad de captación de agua de niebla disminuye, al igual que la retención de agua de lluvia. Una característica del bosque de pino-encino es que sus raíces facilitan la infiltración del agua, en tanto que el árbol de aguacate se caracteriza por tener suelos desnudos, lo que propicia que en temporada de lluvias el agua corra de manera rápida, sin nada que lo detenga para infiltrarse. Lo que perjudica los mantos acuíferos, al disminuir la recarga del acuífero de Ciudad Guzmán. La erosión provocada por las huertas de aguacate es alarmante, ya que transporta sedimentos a las partes bajas de la cuenca. Al pertenecer a una cuenca cerrada, estos sedimentos se depositan en la laguna, lo que provoca la reducción de su profundidad, por ende, propiciando el desbordamiento de esta en temporada de lluvias, afectando parcelas circundantes. En lo que respecta a la zona urbana en Ciudad Guzmán, también se ve afectada por inundaciones en ciertas partes de la ciudad. El maestro ayudará a los alumnos de primaria y secundaria a interpretar este mapa, explicándoles que el 50 % del territorio está dedicado a la producción agrícola; es por ello que cuando transitan por las carreteras o caminos secundarios, son visibles los invernaderos y las huertas de aguacate, principalmente. También explicara que los bosques subsisten a pesar de la presión que tienen frente a los cultivos de berries y aguacates, el alumno entenderá que se debe de convertir en un vigilante de que no se eliminen las zonas boscosas, ya que son parte importante en el entorno, para purificar el aire que respiramos, aparte de proporcionar una belleza de imagen paisajística, en tanto que la Laguna es importante preservarla, ya que da vida a diversidad de animales tanto acuáticos, como terrestres. Para los estudiantes de nivel medio superior y superior, este mapa es un elemento para que se pregunten qué impacto están teniendo estos cultivos en la recarga de los mantos acuíferos, el riesgo latente de que, en determinado tiempo, se presenten problemas de desabasto de agua potable en la zona urbana. De igual manera, el alumno, al identificar los diversos usos agrícolas, entra en razonamiento

sobre los peligros que tiene el suelo que está siendo erosionado, al cambiar su capa original a cultivos como el aguacate y los berries. El alumno debe poner alternativas para que se revierta la tendencia de sobreexplotación del suelo agrícola y se logre el equilibrio ecológico mediante la resiliencia.

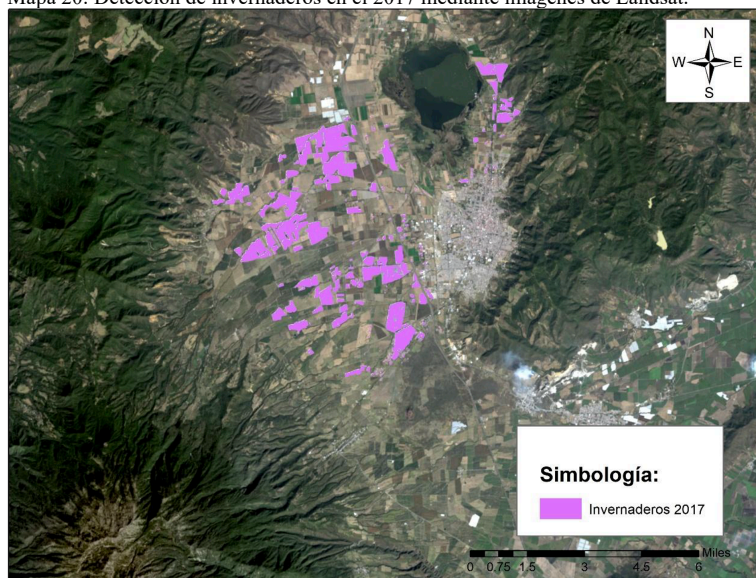
El mapa 19 muestra lo que representa el incremento masivo y exponencial de los invernaderos, es decir, cómo estos empezaron a saturar el valle, extendiéndose desde la mancha urbana de Ciudad Guzmán hasta las faldas de los macizos montañosos, en tan solo 9 años con respecto al corte del primer año. En el 2017 ya se contaba con 1,582.71 ha. Lo que representa un incremento acelerado del 958 %, equivalente a un crecimiento de 159. Ha. Por año. Estos corredores de invernaderos de plástico han fragmentado los corredores biológicos de la fauna local, además de alterar o modificar las escorrentías. En el nivel de educación básica se recomienda utilizarlo para trabajar el concepto de la fragmentación de corredores biológicos, tal como se expuso con otros mapas similares, de modo que puedan observar las zonas bajas de la cuenca y su repercusión.

Mapa 19: Detección de invernaderos en el 2008 mediante imágenes Landsat.



Fuente: Elaboración propia bajo el límite municipal del Mapa General del Estado de Jalisco, a partir de datos multiespectrales del sensor Landsat 5 TM, cortesía del U.S. Geological Survey (2008). Escena ID: LT50290462008148CHM02.

Mapa 20: Detección de invernaderos en el 2017 mediante imágenes de Landsat.



Fuente: Elaboración propia a partir de una imagen de Landsat 8

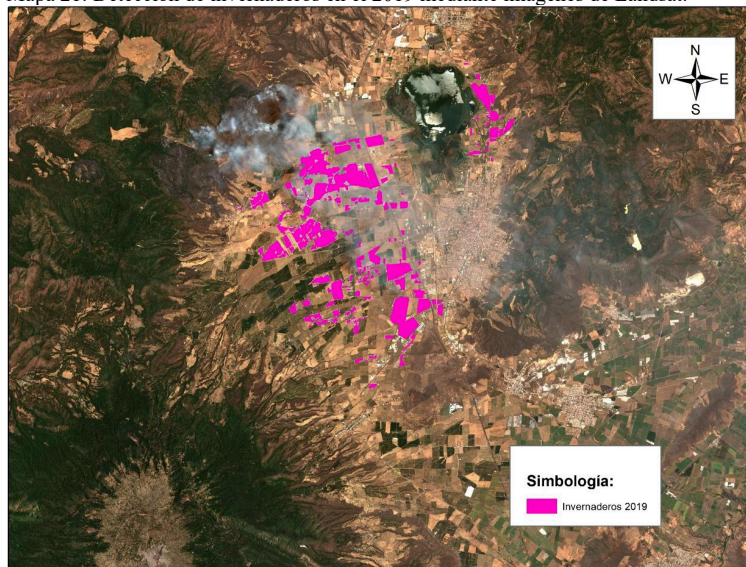
El uso pedagógico para nivel superior tendría relación con el cálculo del estrés hídrico, debido a que, al utilizar el dato de que los frutos rojos demandan hasta 9 mil, los estudiantes pueden modelar la extracción masiva de agua necesaria para sostener todas esas hectáreas.

El incremento de invernaderos del 2017 al 2019 pasó de 1,582.71 a 1,743.12, equivalente a un incremento del 10.14 %. Aquí, el docente puede explicar a los alumnos cómo el cultivo bajo plástico sigue sustituyendo el suelo en cultivos tradicionales.

El mapa 21 da cuenta de la saturación casi total del espacio apto para este tipo de agricultura en el valle; en esta etapa, el consumo de agua de la agricultura protegida del municipio equivale al abastecimiento anual. Su uso pedagógico en nivel básico se recomienda como una herramienta para concientizar sobre el ambiente y el consumo responsable.

Observar el escenario y el paisaje de 2019 ayuda a los estudiantes a entender dónde se concentra la mayor saturación. En el aula, se podría utilizar para discutir los beneficios económicos que han tenido las empresas y contrastarlos con las inundaciones y los problemas que estas traen como consecuencia; se recomienda utilizarlo, para los niveles superiores, como ejercicio de cartografía para identificar los conflictos ambientales que surgen.

Mapa 21: Detección de invernaderos en el 2019 mediante imágenes de Landsat.

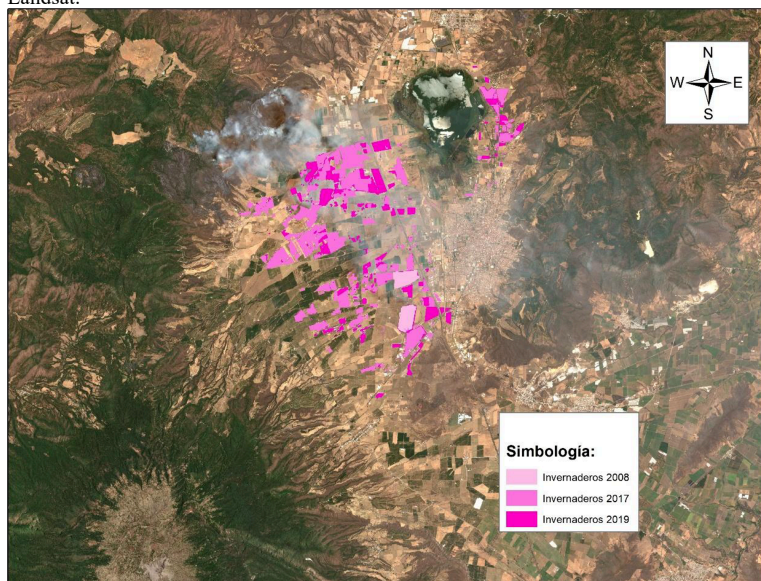


Fuente: Elaboración propia, imagen (Sentinel-2)

Se sugiere también que los estudiantes reflexionen sobre el hecho de que una hectárea de berries consume agua doméstica anual de 67 personas; el mapa ayuda a visualizar el suelo fértil que ahora funciona como un sello plástico que impide la vida biológica natural.

Para su uso pedagógico en nivel superior, se recomienda el diseño de políticas públicas de ordenamiento territorial, en donde los alumnos analicen el escenario de saturación y propongan límites a la expansión desmedida, que discutan sobre la sostenibilidad y otras cuestiones.

Mapa 22: Crecimiento de invernaderos en 2008, 2017 y 2019, a partir de imágenes de Landsat.

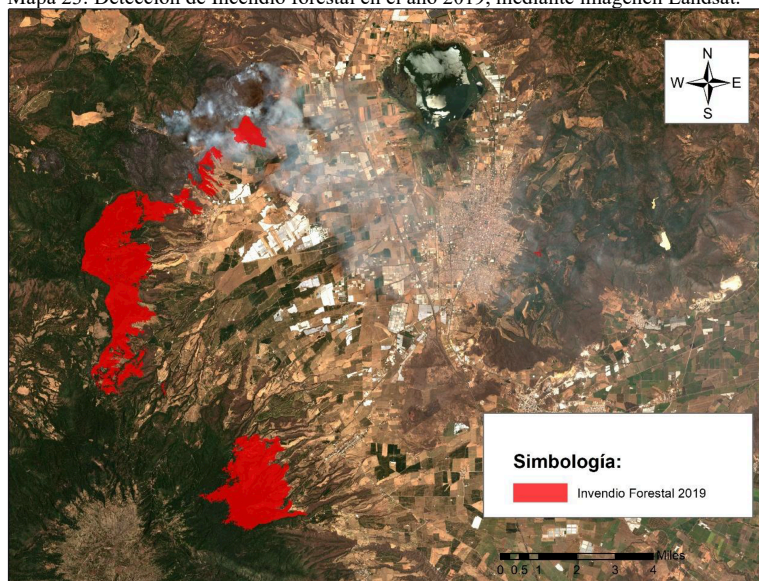


Fuente: Elaboración propia

Este mapa comparativo ayuda a entender la velocidad de crecimiento de los invernaderos y su cambio en el paisaje; permite a los alumnos ver en una sola imagen cómo ha cambiado durante los pasados 11 años. Para el docente es sencillo, utiliza esta herramienta como un recurso que activa la conciencia ambiental y que, además, permite a los estudiantes cuantificar la pérdida del suelo permeable incluso con evidencia histórica. Ilustrar cómo, a lo largo de 11 años, la tasa promedio de crecimiento de invernaderos fue de un 98 %.

El docente con este elemento refuerza la enseñanza de que el alumno se debe empoderar como guardián de su territorio, para evitar que los recursos naturales no renovables se agoten en el corto y mediano plazo.

Mapa 23: Detección de Incendio forestal en el año 2019, mediante imágenes Landsat.



Fuente: Elaboración propia

Otro elemento importante que se puede aprender de una imagen satelital son los incendios forestales. Si bien el fuego en un bosque es parte de un ciclo natural, este también es un mal cuando es provocado por el ser humano, por su ambición de efectuar cambios de usos de suelo.

Mediante la detección de incendios forestales en imágenes satelitales, se puede analizar la degradación de los suelos de manera intencional; un ejemplo de ello es el cambio de uso de suelo de bosque a cultivo de aguacate.

En educación básica se puede utilizar el pensamiento espacial para identificar qué tan cercanos o lejanos están los incendios de las zonas urbanas; además, el pensamiento de causalidad contempla que el alumno empiece a analizar qué sucede si cruza el mapa de incendios forestales con diversos datos, como, por ejemplo, la sequía, o interpretar qué relación existe entre un incendio cercano a huertas de aguacate o berries. Además de razonar sobre la pérdida de flora, como los pinos u otro tipo de árboles.

Para niveles medio superior y superior, se puede utilizar como un insumo para invertir la correlación entre las zonas quemadas y la posterior aparición de cultivos comerciales; esto ayuda a fundamentar un pensamiento crítico que les permita pensar en el cumplimiento de las leyes ambientales y la vigilancia de estos espacios. También la comparación de datos históricos, para visualizar cuáles incendios terminaron con cambio de uso de suelo.

Con esto se concluye el banco de recursos didácticos cartográficos, esperando que sea de utilidad para el aula de cualquier nivel educativo. Asimismo, sería de utilidad que en el futuro los investigadores se involucraran más en que, en sus libros, existiera al menos un apartado con material de ayuda, en donde se pudiera evidenciar la teoría y capitalizar cómo lo que aquí se expone puede aplicarse en la realidad de nuestras aulas en México.

No obstante, otro de los análisis importantes que se debe considerar es la inclusión de tecnologías en el desarrollo de la conciencia y la educación ambiental. Por ello, se decidió incluir a las herramientas como la Inteligencia Artificial, con el propósito de recuperar su relación cognitiva con la educación ambiental.

En este sentido, los recursos pedagógicos para la educación ambiental no deben limitarse únicamente al uso de mapas impresos, esquemas o repositorios estáticos de información, sino que se necesitan herramientas basadas en inteligencia artificial, dado que se han modificado las condiciones de acceso, procesamiento y organización de la información y el conocimiento, lo que abre las puertas a nuevas posibilidades de acceso.

El valor pedagógico de este tipo de herramientas tecnológicas tiene que ver con la automatización de tareas, en donde se tiene la capacidad de funcionar como mediaciones cognitivas que permitan traducir grandes bases de datos para funcionar como andamiaje cognitivo o un tipo de descarga cognitiva, que además, permite comparar, visualizar, interpretar y presentar problemáticas. La IA puede contribuir a reducir las cargas de procesamiento y facilitar que el estudiante concentre toda su atención en establecer relaciones causales, patrones y pensamiento algorítmico especializado con respecto a dilemas socioambientales.

La relevancia de este debate tiene que ver con que la crisis ambiental no es solamente una cuestión de falta de recursos, sino una crisis de una percepción errónea, de interpretación responsable y juicio. Buena parte de este deterioro del territorio se ha mantenido gracias a que los sujetos no logran identificar la complejidad, las relaciones con el consumo de productos, tecnología, paisaje y vida cotidiana. Por ello, la educación ambiental contemporánea necesita de herramientas que transformen el abordaje cognitivo.

En este punto del debate es donde se inserta la inteligencia artificial. Por un lado, su capacidad de procesar grandes cantidades de datos y producir representaciones sintéticas, construir explicaciones plausibles y lograr organizar la visualización de los resultados la convierte en un apoyo con un gran potencial, dado que permite comprender los procesos ambientales más complejos. Asimismo, su uso indiscriminado termina desplazando la elaboración intelectual del sujeto y fomentando la dependencia cognitiva, así como debilitando la formación de habilidades críticas.

Por lo tanto, lo que planteamos en este momento es una dicotomía, en donde diversos autores suponen que el uso de la IA podría desarrollar una conciencia ambiental; sin embargo, ¿acaso no es contradictorio? Es decir, se invita a que los estudiantes utilicen la IA para utilizarla como un marco de andamiaje y diálogo socrático para lograr un pensamiento reflexivo en torno al territorio, pero al mismo tiempo, la IA terminaría acabando con el medioambiente y el territorio por los gastos inmensos que consume, como, por ejemplo, el consumo indiscriminado de agua.

Desde esta perspectiva, la IA puede ser entendida más como un apoyo cognitivo capaz de externalizar las capacidades biológicas de los sujetos, es decir, como una herramienta que no piensa per se en el sentido más estricto, sino que ayuda en la reorganización, la comprensión de conceptos y la detección de patrones. Así, la literatura actual hace un par de advertencias, que no siempre se concluye con aprendizaje profundo y que no se debe volver una sustitución de nuestra capacidad de pensamiento (Rivera, 2025; Bauer et al., 2025).

La educación ambiental se caracteriza además, por otra dificultad, en donde diversos objetos de estudio no pueden observarse

con una sola mirada o perspectiva; por ejemplo, la degradación del suelo, la alteración del ciclo del agua, el cambio de uso de suelo, la fragmentación del paisaje o la pérdida de biodiversidad son procesos lentos, multifacéticos y distribuidos en diversos niveles de comprensión.

Por ello, el aprendizaje ambiental es mucho más que solamente memorización, lo que Demirci et al. (2025) denomina sistema de literacidad, es decir, una alfabetización ambiental que sea capaz de percibir interdependencias, bucles, tensiones y consecuencias no siempre visibles. En ese sentido, la IA puede ser bastante útil, pero solo si se amplía la perspectiva y la lectura de la realidad.

Aprender no consiste solamente en recordar información, sino en la capacidad de procesarla. Desde la teoría del aprendizaje generativo, comprender un fenómeno implica seleccionar, organizar, relacionar, explicar y transformar activamente la información a la luz de los saberes previos; además de eso, la carga cognitiva resulta ser beneficiosa para el cerebro y su conectividad neuronal. De esta forma, la IA podría ayudar a disminuir ciertas cargas cognitivas que podrían utilizarse para explicar, argumentar y conectar argumentos (Fiorella, 2016; Evans et al., 2024).

Desde la educación ambiental y su característica perspectiva, la diferencia entre esta dicotomía resulta decisiva. Cuando un estudiante analiza una secuencia de imágenes satelitales o un conjunto de datos que tengan relación con el suelo o el clima, no basta con que entiendan superficialmente qué cambios existieron en esos elementos; lo que se busca es que logren construir hipótesis sobre lo que ha cambiado, quiénes han intervenido y qué efectos ha desencadenado en relación con su vida cotidiana y la de su comunidad.

La IA solo entrega una conclusión ya elaborada; el estudiante parece que es más eficiente en lo que hace, pero eso no lo vuelve necesariamente consciente. El problema en este sentido es que la tecnología per se no garantiza comprensión, sino el tipo de actividad cognitiva que promueve.

Asimismo, entrar en una discusión de negación de que estas herramientas pueden ofrecer mucho al campo de la educación ambiental

resultaría reduccionista. Así, la IA ha demostrado que en la educación ha sido utilizada para la personalización, retroalimentación, análisis, tutoría y apoyo a la toma de decisiones, lo que abre las posibilidades para el trabajo con fenómenos complejos.

En este sentido, esto podría pensarse desde otra perspectiva, como lo es pensar en comparaciones multitemporales, organizaciones distintas de grandes bases de datos, formulación asistida de preguntas de indagación y apoyo a la interpretación preliminar de variables del suelo. De esta forma, la IA podría volverse una mediación didáctica en donde el análisis técnico suele resultar intimidante.

No obstante, la inclusión de la IA demanda una alfabetización específica, en donde el estudiante no solo debe aprender a utilizarla, sino a evaluarla y desconfiar de su aparente neutralidad, dado que conoce sus propios límites y entiende que una respuesta fluida no equivale a una verdad absoluta. La revisión de la literacidad de la IA por parte de Almatrafi et al. (2024) ha demostrado que el desarrollo de la competencia que implica conocer, comprender, aplicar, evaluar, crear y navegar éticamente con este tipo de herramientas no necesariamente se puede desarrollar con el uso de la IA. Además de eso, si lo llevamos al ámbito de lo ambiental, supone que el estudiante no debería preguntar solamente lo que piensa la IA sobre el clima o el agua, sino que también desde dónde lo dice, porque ahí se encuentran sus sesgos y ausencias de pensamiento.

Este pensamiento crítico es todavía una situación de interés científico; incluso en temas socioambientales, los sesgos cognitivos juegan un rol importante, donde se muestra que la educación hacia la sustentabilidad puede verse limitada gracias a las interpretaciones y simplificaciones o marcos previos que alteran la lectura de la realidad que nos rodea.

Si además de eso sumamos que la IA generativa produce respuestas convincentes, el riesgo es doble, ya que no solo se puede reforzar un error, sino que es posible hacerlo técnica y falsamente argumentado. De esta forma, el estudiante termina creyendo que comprendió un problema ambiental cuando en realidad solo revisó una alternativa para observar.

Con respecto a esto, la alfabetización climática permite ver con mayor claridad ese debate, donde las herramientas generativas pueden ayudar a responder preguntas vinculadas a los riesgos climáticos y los peligros ambientales, mostrando así un cierto potencial para fortalecer la alfabetización climática. Al mismo tiempo, se insiste en que sus respuestas deben ser revisadas por sus sesgos y tratar de vincularlo socialmente.

Esto resulta específicamente importante porque la educación ambiental no puede sostenerse solamente en respuestas correctas, sino que necesita un juicio propio, contexto y conciencia que requiere el conocimiento ambiental para poder resolver los problemas que atañen a las comunidades y la vida cotidiana de los estudiantes.

Lo anterior nos obliga a pensar que estas ideas atraviesan los párrafos anteriores, es decir, cómo la educación ambiental no puede reducirse a información técnica sobre la naturaleza, sino que debe propiciar una transformación de la relación entre el sujeto y el territorio. En este sentido, herramientas digitales como la IA o como las imágenes satelitales sí contribuyen a desarrollar la dimensión cognitiva, afectiva, conativa y activa para la conciencia ambiental; sin embargo, es preciso saber utilizarlas de manera correcta. La IA podría ayudar a hacer visible un proceso, pero no puede reemplazar el vínculo ético que ocurre cuando el estudiante comprende cómo se ha deteriorado su territorio y afectará a su comunidad y su propia familia, en el sentido estricto de lo emotivo y afectivo.

En esta misma situación, los mapas, la teledetección y la observación satelital que ocupa un lugar bastante privilegiado en esta obra, es decir, en cómo se recopiló y analizó pedagógica e investigativamente cada uno de los mapas, podríamos concluir también que su utilidad didáctica es evidente, ya que permiten observar procesos deforestación, expansión urbana, cuerpos de agua, coberturas vegetales, pendientes, zonas de presión agrícola, cambios de uso de suelo con una claridad que difícilmente sin esas herramientas hubiera sido poco palpable. En otras palabras, el estudiante puede salir de su posición neutra y pasar a leer la realidad desde su característica histórica y en disputa.

Desde el punto de vista cognitivo, los mapas poseen una potencia distinta ante la activación de procesos de orientación espacial, comparación, clasificación, relación entre niveles de abstracción y leer patrones territoriales. Son vínculos entre lo abstracto y lo visible, que ayudan al estudiante a observar directamente qué es lo que sucede en su territorio.

Cuando el estudiante compara el territorio en distintos momentos, no solamente mira colores o polígonos lejanos, sino que logra construir causalidades y hacer inferencias; por ello, los recursos cartográficos se alinean bien en una pedagogía ambiental crítica, en donde la comprensión no nace de la memorización de nombres, sino de interpretar procesos y conflictos que existen en su vida cotidiana.

Sin embargo, en este punto del debate vuelve a aparecer la dicotomía que se adelantó en párrafos anteriores. A primera instancia, el mapa digital o las imágenes satelitales parecen recursos limpios, de alguna forma inmateriales, como si estuvieran flotando invisibles en nuestro mundo físico, tan útiles y que pasan tan desapercibidos. Sin embargo, esta percepción es en cierta forma engañosa, dado que detrás de cada mapa accesible en una computadora, existen satélites, estaciones terrestres, lanzamientos, centros de datos, redes de almacenamiento, procesos de transmisión, mantenimiento energético y equipos que consumen materiales y recursos naturales a lo largo de todo un ciclo de vida. De esta forma, estos instrumentos nos ayudan a observar el daño ambiental; también, irónicamente, poseen una economía material que afecta al medioambiente.

El conjunto actual de datos de observación de la tierra suman alrededor de 807 PB y siguen creciendo 100 por año, lo que termina repercutiendo en que su almacenamiento de esa gran masa de datos genere por sí solo emisiones anuales de CO₂ equivalentes a decenas de miles de vuelos individuales de corto alcance, esto se traduce en que aunque la cartografía moderna y satelital sea indispensable para monitorear incendios, sequías, deforestación o expansión urbana, no puede ser siendo tratada como si no tuviera un costo ecológico, los datos también pesan, y pesan en nuestro medioambiente.

La observación de la tierra no solamente demanda almacenamiento, sino que también necesita procesamiento en la nube,

duplicación de repositorios, circulación global de datos y mantenimiento de diversas infraestructuras especializadas, de ahí que se hable del lado oscuro de la observación de la tierra, tal y como lo menciona Anderson et al. (2024), que hace énfasis en que se acompaña de impactos que no suelen observarse en el discurso de la innovación geoespaciales.

Lo más problemático aquí es el absurdo de negarlo, de mapear sin el propio acto de asumir el costo de la producción y sostenimiento de estos mapas fuera de un sistema ecológico neutro. Este tipo de prácticas indudablemente es útil, porque sin él nuestra situación como territorio en México y el mundo estaría perdida; sin embargo, debemos aceptar que con él también estamos contaminando.

La cadena material de la infraestructura espacial documenta que los lanzamientos de cohetes y las reentradas de objetos orbitales contaminan y producen CO₂ en distintas capas de la atmósfera, mientras que en su inventario para 2020-2022 muestran que las misiones asociadas a las mega constelaciones ya representaban una fracción creciente de las emisiones, esto obliga a una reflexión incómoda donde la misma red satelital que hoy permite monitorear el cambio climático y la degradación territorial también intensifica procesos atmosféricas que deben de ser tomados en cuenta para tener una mirada ambiental más honesta.

Las emisiones de lanzamientos espaciales ya habían dado muestras de peligrosidad ambiental, desde antes del auge más reciente de este sector específico, de estos procesos que no son ambientalmente amigables. Por eso, la problemática en cuestión y sus efectos sobre la atmósfera, la capa de ozono y otros componentes ambientales, además de que la educación ambiental contemporánea tendría que superar una visión ingenua según la cual la tecnología de observación del planeta es automáticamente benéfica por el simple hecho de generar conocimiento especializado. Generar conocimiento en términos ambientales también cuesta y ese costo debe ser parte del propio contenido formativo.

Si a este problema añadimos que no solo se trata del lanzamiento de los satélites al espacio, sino que también las estaciones de seguimiento y recepción, así como la infraestructura terrestre que permite que estos sistemas funcionen, poseen impactos medibles. El

estudio de ciclo de vida sobre una terminal de rastreo espacial de la ESA muestra que el consumo eléctrico de una instalación espacial explica más del 82% del impacto ambiental total analizado. En otras palabras, incluso cuando el sistema espacial ya está en tierra, sigue dependiente de una base de energía muy intensa, que lo que hace es que vuelve todavía más compleja la evaluación ambiental de los mapas y datos satelitales que después llegan al aula.

Además de todo eso, la expansión de este tipo de infraestructura no puede desvincularse de los problemas de materias primas críticas, algunos estudios como de los de Zabeo et al. (2025), refieren que los componentes como los paneles siguen dependiendo de la extracción de minerales que impactan en el paisaje y el suelo.

Es así como la teledetección ambiental no solo debe analizarse por lo que muestra, sino que también por lo que requiere para seguir funcionando; se trata de una herramienta útil, pero está incluida en la cadena tecnológica que extrae, transporta, consume y descarta materiales.

La situación se vuelve todavía más paradójicamente cuando la IA se utiliza para dialogar con los mapas, lo que hoy en día es una práctica pedagógica útil, es decir, la IA aplicada al ambiente que sostiene específicamente la capacidad de procesar imágenes satelitales, clasificar coberturas, detectar anomalías o sintetizar grandes bases de datos geoespaciales, en otras palabras, no se trata de dos infraestructuras separadas, una de mapas y otra de IA sino frente a sistemas que convergen y se potencian al mismo tiempo.

Es por ello que sus beneficios cognitivos se entrelazan con un costo ecológico que además es acumulativo y que no puede seguir pasando desapercibido. Es decir, no se trata de no utilizar la IA porque contamina, porque en cierta forma, escribir este libro también lo hace, o en una computadora, o publicar un paper. Se trata más bien de no negar lo que es obvio, que es la gran cantidad de agua que gasta la IA en realizar operaciones que parecen sencillas.

La huella hídrica que deja la IA es uno de los aspectos más inquietantes. Lo et al. (2025) mencionan que la discusión pública sobre la inteligencia artificial había prestado mucha atención al carbono, pero

no de la misma manera al agua utilizada para enfriar los servidores y sostener la generación eléctrica vinculada a su funcionamiento. Esa forma de omitir ese dato no es algo menor, sino que invisibiliza el agua y se proyecta como una imagen incompleta y se relaciona con la sostenibilidad.

En los contextos educativos y sociales donde se les enseña que el agua es un bien escaso y un derecho importante, usar tecnologías intensivas en agua sin problematizar es una contradicción ética.

De Vries-Gao (2025) nos otorga una estimación particularmente clara al que señalar que, si se aproximan los consumos de IA a partir de métricas generales de centros de datos, la huella de carbono de los sistemas de IA podría situarse cerca de decenas de millones de toneladas de CO₂ en 2025, mientras que la huella hídrica actual podría alcanzar entre 312.5 y 764.6 mil millones de litros, aunque cuando el autor reconoce estas limitaciones sobre la cuestión operativa de la IA, el mensaje entre líneas es importante, la IA no es una tecnología etérea, sino que más es una práctica intensa en recursos físicos, entre ellos el agua, uno de los bienes de mayor importancia en la educación ambiental.

Xiao et al. (2025) hacen énfasis en que la preocupación de proyectar la expansión de servidores de IA en Estados Unidos podría generar una huella hídrica anual de entre 731 y 1,125 millones de metros cúbicos, además de emisiones de 24 a 44 millones de toneladas de CO₂ equivalente entre 2024 y 2030, dependiendo del escenario considerado.

Este dato no solamente es impactante por su magnitud, sino que también choca con el discurso positivo en el que muchas veces se introduce a la IA en la educación ambiental. Enseñar a cuidar ríos, lagos, suelos, mediante sistemas que demandan grandes volúmenes de agua, nos obliga a pensar en si verdaderamente vale la pena.

Mucha parte de esta huella de contaminación no es directa, sino indirecta; se explica que la presión hídrica no proviene solamente del enfriamiento local de los servidores, sino también del agua incorporada de la electricidad que alimenta a toda la infraestructura digital. De esta forma, el costo ecológico de la IA no se agota en el edificio del centro de datos, sino que se traslada a territorios de energía

que muchas veces están lejos de quienes usan cotidianamente estas plataformas.

La dicotomía de la que hemos estado debatiendo en esta última parte del capítulo, no es solamente tecnológica, sino que también es pedagógica. ¿Cómo enseñar el valor del agua mientras que normalizamos el uso indiscriminado de tecnología que la utiliza sin ética? ¿Cómo podemos formar una conciencia ambiental sobre la finitud de los recursos si el aula celebra el uso de inteligencia artificial como si esta no dependiera del agua, energía, minerales y el suelo?

Este se trata de un dilema ético que nos pone a pensar en de qué manera utilizamos la tecnología, es decir, incorporar con un juicio ético que la educación ambiental aplica al resto de las actividades humanas. Lo contrario sería reproducir una pedagogía rota, justo lo que la educación ambiental intenta superar.

Sería un error caer en un pensamiento reduccionista donde se tenga una tecnofobia; es decir, el hecho de que la IA y los mapas satelitales tengan impactos ambientales tampoco significa que carezcan de valor pedagógico. En muchas ocasiones son precisamente estas herramientas las que permiten hacer visible la destrucción de humedales, la expansión urbana sobre los suelos agrícolas y la desaparición de cobertura vegetal. La decisión no tiene que ver con que debamos resolver un sí o un no utilizarla, sino con una pedagogía honesta y ética, en donde se aproveche la potencia cognitiva de estas herramientas sin ocultar los costos.

Uno de los mayores aportes de este debate es que obliga a pensar en que el foco debe estar desde la herramienta hacia los criterios de su uso. Una inteligencia artificial o un mapa digital son pedagógicamente útiles cuando fortalecen la capacidad de observar, contrastar, argumentar, modelar y deliberar, no cuando reemplazan estas actividades. Bajo esta premisa, la tecnología debería operar como un andamiaje para el pensamiento y no como un atajo para la respuesta inmediata; el aprendizaje ambiental necesita de una cuestión más interpretativa, con duda y contraste sobre un fenómeno.

Asimismo, el docente debe recuperar ese rol importante que decidía sobre los caminos que se siguen para pensar, no para llegar a

pensar de una manera similar, sino para tener diversidad epistémica. Se insiste en que la IA educativa responsable exige equidad, privacidad, transparencia, autonomía y no maleficencia. Pero en educación ambiental habría que añadir otra condición, y es que la herramienta sea entendida en su materialidad ecológica.

Por esto, la educación ambiental a la altura del presente no debería limitarse a usar mapas y sistemas de inteligencia artificial para describir la crisis ambiental. Debería más bien ir más lejos y convertir esas propias tecnologías en objetos de análisis crítico. Que el estudiante aprenda, además, que una imagen satelital no es una imagen satelital, sino que es una ventana hacia el territorio y el resultado de una cadena espacial de procesos e infraestructura terrestre.

La dicotomía de esta última parte del capítulo no debería resolverse negando que la utilidad cognitiva de la IA de los mapas existe, ni romantizando su uso como si fueran herramientas limpias y sin consecuencias. Su verdadero valor se encuentra cuando son integrados en una educación ambiental crítica, capaz de sostener dos verdades al mismo tiempo, es decir, que, por un lado, ayudan a comprender mejor la complejidad del territorio y, por otro lado, consumen recursos del mismo planeta que pretenden ayudar a defender.

De esta forma, el reto ya no consiste únicamente en usar tecnología para educar ambientalmente, sino en educar ambientalmente sobre la propia tecnología. Esta dicotomía no es el tema principal de este libro; sin embargo, es uno de los puntos principales para pensar que incluso las soluciones tecnológicas traen consigo responsabilidades de uso ético y contaminación ambiental.

Conclusiones

La presente obra ha permitido rescatar el suelo como ese factor olvidado, aislado de las agendas educativas y políticas públicas en México, que históricamente fue relegado. A lo largo de estos capítulos se demostró que este recurso no se trata de un recurso inerte y destinado a la expansión urbana y económica, sino del organismo vivo y soporte importante de la biodiversidad y el equilibrio en el territorio mexicano.

Este libro posee una naturaleza dual, ya que integra, por un lado, la geografía y su rigor, mientras que, por otro lado, lo conjunta con la práctica docente y la pedagogía. Se logró que el aprendizaje no fuera abstracto, sino que fuera un proceso significativo basado en datos reales del propio territorio.

Se hace énfasis en que el suelo es el componente ambiental más olvidado en los planes de estudio actuales, y que históricamente ha sido visto como una simple superficie de utilidad. La urgencia de integrar su cuidado desde la educación básica hasta la educación superior responde a la necesidad de alinearse con los objetivos de Desarrollo Sostenible para revertir la degradación terrestre.

Desde una perspectiva más técnica, el análisis multitemporal desde el 2008 hasta el 2020 evidenció la transformación radical y exponencial del paisaje, lo que revela que particularmente la siembra de en la agroindustria ha reconfigurado el uso de suelo y traído consigo un cambio ambiental en la región.

La reconfiguración del paisaje y su entorno implica que cualquier alteración en las zonas montañosas repercutiría directamente en la laguna. El sellado del suelo con todos los plásticos ejemplificados a lo largo de los capítulos sobre los invernaderos trae como consecuencia la deforestación y acelera la erosión y el transporte de sedimentos hasta el cuerpo de agua, lo que lo vuelve cada vez más preocupante.

El consumo de agua de estos cultivos también es alarmante; se estima que una sola hectárea de berries consume el equivalente anual a 67 personas, lo que se convierte en un problema real, en donde se pone en peligro a todos los habitantes de la región y su consumo del recurso vital.

Ante esto, la educación ambiental debe evolucionar desde el enfoque tradicional y conservador hacia la racionalidad ambiental. Se propone que se adopte la ecociencia, donde la actividad científica se relaciona con las realidades sociales y las tensiones del territorio, y que este concepto se desarrolle desde los primeros años de vida.

El modelo pedagógico que se propuso durante esta obra, que son las cuatro dimensiones de la conciencia ambiental, como la cognitiva, afectiva, conativa y la activa, forma parte de una visión que, aunque no es propuesta por este libro, es decir, fueron otros autores los que las sugirieron, pero aquí se retoman, permite que los estudiantes desarrollen vínculos emocionales y una voluntad de mejorar el medioambiente.

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) se consolida como la estrategia útil para romper el paradigma tradicional, dado que se enfrentan a problemas reales y logran salir de la abstracción de casos hipotéticos, para pasar a los problemas que sí afectan a su comunidad. Además de eso, el docente es capaz de tomar el rol de guía y deja de ser un transmisor de conocimiento.

La teledetección y el uso de imágenes satelitales como las de Landsat o las de Sentinel evidenciaron una gran utilidad pedagógica, dado que son herramientas de alfabetización tecnológica ambiental. Permiten que el estudiante tome el rol de científico incipiente y que logre monitorear la salud de su territorio en tiempo real y contrastarla con años pasados.

Por otro lado, la huerta escolar sirve como herramienta viva, que logra acercar a los estudiantes a la dimensión afectiva y activa. Aquí, el aprendizaje al respecto de un espacio como este permite que vivan una experiencia sensorial con suelos específicos como los regosoles o los feozem, bajo principios agroecológicos.

Se concluye también que el docente debe abandonar el rol de transmisor para convertirse en mediador e investigador de su propia práctica; su labor va más allá de brindar datos memorísticos y se encamina más hacia la generación de experiencias ricas en elementos ambientales críticos.

Este enfoque requiere de la integración de nodos de conocimiento, donde las matemáticas, la geografía y la ética se entrelazan para analizar problemas multidimensionales. La interdisciplinariedad asegura que el cambio de uso de suelo no sea visto como un dato aislado, sino como un fenómeno social complejo.

Formar la conciencia ambiental debe de ser uno de los objetivos de toda escuela, porque en ocasiones se desarrollan los elementos técnicos, el conocimiento basado en datos y la experimentación, dejando de lado los aspectos vitales para el cuidado del medioambiente, que es el sentido de pertenencia y la manera en la que los alumnos ven a su alrededor, la fauna, la flora, el territorio como elementos únicos, limitados, que merecen ser cuidados y resguardados de la expansión económica de algunas empresas.

El consumo responsable se presenta en esta obra como una herramienta de resistencia de la ciudadanía frente a las injusticias del mercado global. Entender que lo que comemos determina nuestro paisaje es crucial para que los estudiantes logren desarrollar una lógica de la soberanía alimentaria.

La regla de las 3R, que como ya se mencionó, significan reducir, reutilizar y reciclar, no debe ser vista como concepto gastado o institucionalizado; tanto que se ha normalizado, pero no se ha aplicado de manera correcta. La escuela debe ser un modelo propio de gestión de residuos que a su vez se aplique en los hogares y se replique en la comunidad.

Asimismo, se hizo énfasis en el papel de la familia y la comunidad durante el proceso educativo, ya que la educación ambiental no se trata de un conjunto de habilidades que únicamente sea responsabilidad de la escuela, sino que debe trascender sus muros y convertirse en un proyecto común de preservación del patrimonio biocultural.

El banco de recursos didácticos y cartográficos que aquí se presenta es una herramienta lista para su aplicación en cualquier nivel educativo, desde el nivel básico hasta el nivel superior; se espera que sirva de apoyo a los docentes para ilustrar a sus estudiantes y que estos logren guiarlos para fomentar la interpretación crítica del territorio.

En cuanto a la prospectiva, el investigador educativo debe profundizar en el uso de la inteligencia geográfica para documentar conflictos ambientales en tiempo real. La democratización de la tecnología satelital abre un campo fértil para la innovación pedagógica en ciencias naturales.

Es necesario llevar a cabo estudios longitudinales que midan el impacto de los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) en la conducta sustentable de los egresados. La evaluación socioformativa debe ser la norma para validar si los conocimientos realmente mejoran el entorno del estudiante.

La formación docente continua en temas de edafología y gestión territorial es una tarea pendiente para las instituciones educativas. El profesor necesita herramientas técnicas sólidas para ser el puente entre la ciencia académica y la curiosidad infantil.

Se observa una oportunidad en los organismos educativos regionales para liderar programas de capacitación que integren estos hallazgos técnicos en las escuelas de Jalisco. La vinculación entre

universidad y educación básica puede ser el eje motor para la creación de redes de huertos escolares con enfoque en la salud del suelo.

La política pública educativa en México debe avanzar hacia una transversalidad real, en la que el suelo sea el eje que conecte todas las asignaturas. No es posible permitir que el currículo siga fragmentado mientras los recursos naturales se agotan a un ritmo acelerado.

La ética de la tierra propuesta por Leopold, uno de los autores clave de esta obra, debe ser la brújula que guíe las futuras investigaciones sobre educación ambiental. Solo a través de la humildad biológica podremos entender que nuestra supervivencia depende de la salud de los regosoles y feozems que hoy tenemos.

Esta obra invita a otros investigadores a replicar la metodología del análisis multitemporal espectral en otras cuencas de Jalisco afectadas por el extractivismo. La evidencia técnica es el mejor argumento para demandar regulaciones ambientales más estrictas y justas.

La prospectiva para el nivel medio superior y superior apunta hacia el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) como base para proyectos de ingeniería y manejo sustentable. El estudiante debe salir de las aulas con la capacidad de diseñar soluciones para el riesgo de erosión y el desabasto hídrico.

La educación ambiental no es una opción, sino una necesidad imperativa para formar ciudadanos críticos y responsables. La riqueza natural de Jalisco solo se protegerá si logramos que las futuras generaciones la amen y la comprendan. Finalmente, este libro cierra un ciclo de investigación, pero abre una puerta a la acción social. El suelo de México, con sus retos y belleza, nos recuerda que la educación puede transformar el mundo y asegurar la vida en todas sus escalas.

Referencias

- Altieri, M. A., y Nicholls, C. I. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático: Principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología*, 8(1), 7–20.
- Amatta, D., Asunto, P., De Los Ríos, C., Ormeño, L., y Campos, V. (2024). Experiencia escolar sobre el rol socioeducativo de los clubes ambientales en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 35(70).
- Angulo-Mina, D., Sangacha-Guamán, D., Guano-Coca, L., Huatatoca-Mamallacta, G., y Núñez-Naranjo, A. (2025). La educación ambiental apoyada por recursos tecnológicos interactivos. 593 *Digital Publisher CEIT*, 10(1-2), 65–80.
- Aranda, M., Valiente, Y., Díaz, F., y Yi, S. (2023). Educación ambiental en instituciones educativas y cuidado del medioambiente: Revisión sistemática. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA*, 8(1), 691–704.
- Barreto Cárdenas, J. W. (2025). La educación para el cambio climático en la escuela: Un imperativo en la acción climática como

- herramienta de mitigación territorial. *Revista Sergipana de Educação Ambiental*, 13(1), 1–18.
- Barrows, H. S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. *New Directions for Teaching and Learning*, 1996(68), 3–12.
- CAF - Banco de Desarrollo de América Latina. (2023). *Estrategia de Seguridad Hidrica 2023-2026*. Scioteca.
- Casillas-Zapata, A. M., y Adame-Rivera, L. M. (2024). Jugar en el parque para promover el cuidado ambiental en la infancia. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 22(3), 1–23.
- Castillo-Vargas, R. (2024). *Justicia intergeneracional y derecho ambiental: La educación como garantía de futuro*. Jurídica Contemporánea.
- CEPAL. (2023). *América Latina y el Caribe en la mitad del camino hacia 2030: Avances y propuestas de aceleración*. Naciones Unidas.
- CEPAL. (2024). *Informe sobre la implementación del Acuerdo de Escazú en América Latina: Hacia una democracia ambiental real*. Naciones Unidas. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/escazu-2024>
- Chérrez Toaza, D. A., Díaz Díaz, D. P., Benítez Sánchez, A. M., y Urbina Gálvez, O. M. (2025). Impacto de la educación ambiental en la conciencia y el comportamiento ecológico en estudiantes de secundaria. *ASCE MAGAZINE*, 4(2), 1937–1955.
- Chuvienco, E. (1991). Fundamentos de teledetección espacial. *Estudios Geográficos*, 52(203), 371.
- Chuvienco, E. (1998). El factor temporal en teledetección: evolución fenomenológica y análisis de cambios. *Revista de teledetección*, 10(1-9).
- Chuvienco, E. (2016). *Fundamentals of satellite remote sensing: An environmental approach*. CRC Press.

- Chuvienco, E., Aguado, I., Salas, J., García, M., Yebra, M., & Oliva, P. (2020). Satellite remote sensing contributions to wildland fire science and management. *Current Forestry Reports*, 6(2), 81-96.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2006). *Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional Volcán Nevado de Colima*. Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2017). Determinantes ambientales y socioeconómicos del cambio de cobertura. En *Biodiversidad de México: Estudio de Estado* (Capítulo 3).
- Condori Machaca, J. E., Cañari Marticorena, H. F., y Ramírez Cubas, M. E. (2025). Educación ambiental en educación básica: Una revisión sistemática. *Horizontes. Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 9(39), 3072–3087.
- Corral-Verdugo, V. (2010). *Psicología de la sustentabilidad: Un análisis de lo que nos hace proecológicos y pro-sociales*. Trillas.
- Domínguez Galicia, Y. M., Tavera Cortés, M. E., y Torres Sandoval, A. J. (2025). Educación para la sustentabilidad: Estrategias didácticas y su impacto en el ODS 4. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 16(31).
- Espin Ruiz, G. P., et al. (2025). Educación para la sostenibilidad: Proyectos transversales sobre medioambiente y responsabilidad social. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(2), 905–919.
- European Space Agency. (2019). *Copernicus Sentinel-2B, Scene T13QFB_20190508T171909_TCI_10m*. Copernicus Open Access Hub.

- FAO. (2003). *El estado de los mercados de productos básicos agrícolas*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2006). *Guidelines for soil description*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2015). *Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2020). *Estado mundial del recurso suelo*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2023). *El estado de los mercados de productos básicos agrícolas 2022*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2025). *Bosques y educación: Integración de saberes ancestrales en la monitorización climática*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Fernández, M., y Santos, L. (2024). *Perspectivas críticas de la educación ambiental: De la Carta de Belgrado a la era digital*. Educación y Futuro.
- Flores Castillo, A. Y. (2026). Educación ambiental como eje transversal: Una mirada desde el derecho ambiental y la formación ciudadana. *Ciencia Jurídica*, 15(29), 159–182.
- Forman, R. T. T., Sperling, D., Bissonette, J. A., Clevenger, A. P., Cutshall, C. D., Dale, V. H., Enneking, L., Heanue, K., Goldman, C. R., Haetz, K., Jones, J. A., Swanson, F. J., Turrentine, T., y Winter, T. C. (2003). *Road ecology: Science and solutions*. Island Press.
- Frank, M., y Ricci, E. (2023). Education for sustainability: Transforming school curricula. *Southern Perspective*, 1(3), 1–4.
- Freire, P. (2009). *La educación como práctica de la libertad*. Siglo XXI.

- Gálvez Cubides, D. J., Barreto Cárdenas, J. W., y Nogueira Costa, R. (2026). Tendencias curriculares en la educación ambiental: Tensiones y avances desde las políticas públicas globales. Una revisión sistemática. *European Public & Social Innovation Review*, 11, 1–15.
- García, D., y Priotto, G. (2010). *Educación ambiental: Aportes teóricos y metodológicos en el ámbito de la educación no formal*. Jefatura de Gabinete de Ministros.
- García-López, R. (2025). *Fundamentos de la pedagogía ambiental: De Tbilisi a la sostenibilidad sistémica*. Innovación Educativa.
- Gavilán, P., y Lozano, D. (2020). *Programación del riego de los frutos rojos usando riego Berry*. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA).
- Gliessman, S. R. (2015). *Agroecology: The ecology of sustainable food systems* (3.^a ed.). CRC Press.
- Global Forest Watch. (2025). *Global Deforestation and Connectivity Report 2024: The state of the world's primary forests*. World Resources Institute.
- Gobierno de Nepal y Gobierno de la República Popular China. (2020). *Joint Announcement on the New Height of Mount Everest*.
- Gómez Bohórquez, P. T., Espinosa Vega, M. C., y Quiroga Carreño, J. A. (2025). Educación ambiental integral en la primera infancia: Una revisión de experiencias educativas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 97(1), 79–99.
- Gudynas, E. (2014). *Derechos de la Naturaleza: Ética biocéntrica y políticas ambientales*. Plural Editores.
- Heredia, Á., Martínez, S., Quintero, E., Piñeros, W., & Chuvieco, E. (2003). Comparación de distintas técnicas de análisis digital para la cartografía de áreas quemadas con imágenes LANDSAT ETM+. *GeoFocus. International Review of Geographical Information Science and Technology*, (3), 216–234.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1982). *Carta Edafológica Ciudad Guzmán E13B25*. INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020a). *Censo de Población y Vivienda 2020: Glosario*. INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020b). *Marco Geoestadístico. Censo de Población y Vivienda 2020*. INEGI.
- International Energy Agency. (2024). *Global Critical Minerals Outlook 2024*. IEA Publications. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
- International Resource Panel. (2024). *Global Resources Outlook 2024: Bend the Trend - Pathways to a livable planet and prosperous economy*. United Nations Environment Programme.
- IUSS Working Group WRB. (2024). *World Reference Base for Soil Resources: International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps* (4.^a ed.). International Union of Soil Sciences.
- Lal, R. (2020). Managing soils for negative emissions and positive outcomes. *Soil Science and Plant Nutrition*.
- Leff, E. (1998). *Saber ambiental: Sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder*. Siglo XXI.
- Leff, E. (2004). *Racionalidad ambiental: La reapropiación de la naturaleza*. Siglo XXI.
- Leopold, A. (2017). *Una ética de la tierra* (M. Ros, Trad.). Capitán Swing. (Original publicado en 1949).
- Lizcano-Pabón, Y. P. (2025). Educación ambiental e impacto del cambio climático en un ecosistema local colombiano. *Revista Multidisciplinaria Perspectivas Investigativas*, 5(1), 38–47.
- López-García, J. (2024). *Metabolismo territorial y dinámicas espaciales en la periferia global*. Universitaria.
- López-Ramos, M. (2023). SIG y resiliencia comunitaria: Cartografía para la educación ambiental en el siglo XXI. *Revista de Geografía Aplicada*, 14(3), 88–105.

- Macías Macías, A. (2020). *La agroindustria del aguacate en el sur de Jalisco: Extractivismo y vulnerabilidad social*. Universidad de Guadalajara.
- Makrakis, V., y Kostoulas-Makrakis, N. (2023). A participatory curriculum approach to ICT-enabled education for sustainability in higher education. *Sustainability*, 15, 3967.
- Malavé Mata, N. J. (2025). *La educación ambiental: Abordaje desde la óptica de la complejidad de la realidad humana y su articulación con el medio*. Centro de Investigación.
- Marín, R., Durán, K., y Mucha, L. (2025). Educación ambiental para la mejora de la conciencia ambiental en estudiantes de primaria. *Revista Interamericana de Investigación, Ciencia y Tecnología*, 6(1), Artículo e601041.
- Márquez, E. (2025). El suelo como actor político: Desafíos educativos ante la degradación edáfica. *Journal of Soil and Water Conservation Education*, 9(1), 12–29.
- Martínez-Casas, J. (2025). *La herencia del Decenio de la UNESCO: Impacto y masificación de la educación ambiental en el siglo XXI*. Pedagogía Global.
- McCarthy, F. M., Head, M. J., Turner, S. D., y Waters, C. N. (2023). The Anthropocene Epoch is distinct from the Holocene: Evidence from Crawford Lake, Ontario, Canada. *The Anthropocene Review*, 10(3), 451–476. <https://doi.org/10.1177/20530196231190532>
- Méndez-García, F. (2025). La Convención de Aarhus y la transparencia algorítmica: El nuevo reto de la educación ciudadana. *European Environmental Law Review*, 34(2), 145–162.
- Miranda López, E., et al. (2014). La educación ambiental en la formación docente. *Revista de Educación*.
- Morales, P., y Landa, V. (2004). Aprendizaje basado en problemas. *Theoria*, 13(1), 145–157.
- Motomura, M. (2002). *Alfabetización ecológica y educación ambiental*.

- Naciones Unidas. (2024a). *Manual de desarrollo sostenible: A tres décadas de la Cumbre de la Tierra*. Oficina de Publicaciones de la ONU.
- Naciones Unidas. (2024b). *Pacto para el Futuro: Un compromiso global para la alfabetización digital y ambiental*. Asamblea General de la ONU.
- Novo, M. (2009). La educación ambiental, una genuina educación para el desarrollo sostenible. *Revista de Educación*, (Número extraordinario), 195–217.
- ONU. (2015). *Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). *Los suelos ayudan a combatir y adaptarse al cambio climático*. FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2020). *Educación para el Desarrollo Sostenible: Una hoja de ruta*. UNESCO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2023a). *Educación para el desarrollo sostenible: Hoja de ruta para 2030*. UNESCO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2023b). *Alianza para una Educación Ecológica: Directrices para la transformación de los sistemas educativos*. UNESCO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2024). *La educación climática después de Glasgow: Avances en la integración curricular global*. UNESCO.
- Orozco Medina, M. G. (2023). *Notas y diálogos en salud ambiental*. Universidad de Guadalajara.
- Orr, D. W. (1992). *Ecological literacy: Education and the transition to a postmodern world*. State University of New York Press.

- Ortiz Haro, G. A., et al. (2023). *Recursos hídricos y cambio climático en México: Impactos y vulnerabilidad*. UNAM.
- PNUMA. (2024). *Perspectivas del Medioambiente Mundial (GEO-7): Informe sobre el estado del cambio de uso de suelo*. Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente. (2023). *Manual de derecho ambiental* (2.^a ed.). <https://www.unep.org/resources/publication/environmental-law-training-manual>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente. (2024). *Perspectivas de los Recursos Globales 2024: Transformación de la extracción para un planeta sostenible*. PNUMA. <https://www.unep.org/resources/global-resource-outlook-2024>
- Puentes Gallo, Z. (2025). Educación para la sostenibilidad ambiental: Un análisis de modelos pedagógicos y su impacto en la conciencia ecológica de las nuevas generaciones. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(3), 3500–3523.
- Ramiro Abarca Urquiza, et al. (2018). *Guía para la protección, conservación y manejo de los humedales*. Universidad de Guadalajara.
- Rivera, S. (2024). *Derecho Internacional Ambiental y Educación: De Estocolmo a la Cumbre del Futuro*. Ediciones Académicas Globales.
- Rodríguez, J. C., y Hernández, M. (2018). *Impactos ambientales de la agricultura protegida: Degradación de suelos y gestión de residuos plásticos*. Académica Española.
- Sánchez, A. (2024). Geomorfología antropogénica: El ser humano como agente del relieve. *Revista de Geografía Contemporánea*, 12(1), 45–62.
- Sánchez, G. (2024). *Educación ambiental para la sustentabilidad en México*. Colección de los Estados del Conocimiento 2012-2021. COMIE.

- Santos, M. (2000). *La naturaleza del espacio: Técnica y tiempo. Razón y emoción*. Ariel.
- Sauvé, L. (2014). Educación ambiental y ecociudadanía: Dimensiones políticas y pedagógicas. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 1(1), 12–25.
- Scull-López, V. M., Abreus-González, A., y Morales-Díaz, Y. (2023). La educación ambiental en la enseñanza-aprendizaje de inglés en la escuela primaria. *Revista Universidad de Guadalajara (UGC)*, 1(3).
- Secretaría de Convención sobre los Humedales. (2005). *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR)*. Servicio de Información sobre Sitios Ramsar.
- Secretaría de Educación Pública. (1993). *Planes y programas de estudio de educación básica*. SEP.
- Secretaría de Educación Pública. (2022). *Plan de estudio para la educación preescolar, primaria y secundaria*. SEP.
- Secretaría de Educación Pública. (2023). *Plan de estudio para la educación preescolar, primaria y secundaria*. SEP.
- Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales. (2023). *Informe del estado del medioambiente en México 2023: Suelos y degradación*. Gobierno de México. <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/ca p3.html>
- Souto González, X. M. (1998). *Didáctica de la Geografía: Problemas sociales y conocimiento del medio*. Ediciones del Serbal.
- Sterling, M. (2024). *The soil ethic: Preservation and restoration in the Anthropocene*. Earth Sciences Press.
- Sterling, S. (2024). *The future of environmental education: New paradigms for ecological literacy* (2.^a ed.). Routledge.
- Tobón, S. (2017). *Evaluación socioformativa: Estrategias e instrumentos*. Binacional.

- UNCCD. (2024). *Global Land Outlook: The 2025 projections on desertification and land degradation*. United Nations Convention to Combat Desertification.
- Villagómez-Velázquez, Y. (2025). *Palabras de ultramar para un geógrafo: Claude Raffestin*. Aacademica.
- Weil, R. R., y Brady, N. C. (2024). *The nature and properties of soils* (16.^a ed.). Pearson.
- World Resources Institute. (2025). *La pérdida de bosques globales rompe récords en 2024 impulsada por incendios e impactos climáticos*. Global Forest Watch. <https://es.wri.org/noticias/la-perdida-de-bosques-globales-rompe-records-en-2024>

Epistemología de la educación ambiental: un análisis sobre la construcción de la conciencia ecológica. Se terminó de editar en abril de 2026 en los talleres gráficos de RISEI.
El tiraje consta de 300 ejemplares.

Esta obra ha buscado rescatar el suelo como ese factor olvidado, aislado de las agendas educativas y políticas públicas en México, que históricamente fue relegado. A lo largo de estos capítulos se demostró que este recurso no se trata de un recurso inerte y destinado a la expansión urbana y económica, sino del organismo vivo y soporte importante de la biodiversidad y el equilibrio en el territorio mexicano.

Este libro posee una naturaleza dual, ya que integra, por un lado, la geografía y su rigor, mientras que, por otro lado, lo conjunta con la práctica docente y la pedagogía. Se logró que el aprendizaje no fuera abstracto, sino que fuera un proceso significativo basado en datos reales del propio territorio.

Se hace énfasis en que el suelo es el componente ambiental más olvidado en los planes de estudio actuales, y que históricamente ha sido visto como una simple superficie de utilidad. La urgencia de integrar su cuidado desde la educación básica hasta la educación superior responde a la necesidad de alinearse con los objetivos de Desarrollo Sostenible para revertir la degradación terrestre.

