

# Estudios integrados en sistemas

*Usando las características de ecosistemas como marco para el aprendizaje*



**Por Pam Russell**

traducido por Juan Octavio Cervantes Dueñas

**Temas:** Ciencia, servicio social, artes del lenguaje

**Conceptos clave:** Razonamiento sistematizado, comunicación ambiental

**Habilidades:** Redacción de reportes, presentaciones públicas

**Lugar:** Salón de clases, comunidad

**Tiempo:** Un semestre o dos años

*“Rompe el modelo que conecta los componentes del aprendizaje y necesariamente destruirás toda calidad.” – Gregory Bateson, *Mente y naturaleza: Una unidad necesaria.**

Cuando se pregunta a personas adultas acerca de una poderosa experiencia de aprendizaje, pocos mencionan construir oraciones o aprender de memoria la tabla periódica. Por el contrario, la mayoría cuenta nostálgicamente el momento en que el tío Henry o la tía Em les enseñó a pescar con una mosca en el río Big Hole en Montana. Cuando cuentan esas historias están hablando de estudios integrados en sistemas.

Usando las características de los ecosistemas como marco para el aprendizaje de cómo aprendió a atar la mosca y como realizar el swing de la caña, recuerdan su relación con Henry o George, su relación con la mosca, el murmullo y el flujo del río. En otras palabras, no sólo describen lo que han aprendido, sino también detallan el rico contexto en el que ocurrió el evento. La mayoría de estas experiencias de aprendizaje han tenido lugar en un ambiente natural, en el exterior, que de alguna manera está relacionado con el evento de aprendizaje.

La creencia de que las experiencias de aprendizaje más poderosas (Aquellas que se quedan con el alumno) tienen lugar en el rico contexto del medio ambiente natural fue el núcleo sobre el cual se desarrollaron los Estudios Integrados en Sistemas (EIES) en el Lincoln High School en Stockton, California. EIES fue un programa interdisciplinario de dos años, en el que estudiantes de 9º grado y 10º obtuvieron créditos en ciencias, ciencias sociales y artes del lenguaje. Tres maestros, tres aulas, tres materias y tres períodos cada día. Participaron entre 90 y 100 estudiantes (estos componentes humanos y logísticos del programa fueron similares a los de muchos otros programas interdisciplinarios. Lo que hizo único a EIES fue que el programa utilizó las características de los ecosistemas como marco para la investigación y el aprendizaje, y como un

modelo para la biología, los sistemas sociales, políticos, históricos y culturales que conforman el contenido de los grados 9° y 10° según el programa de estudios. Si bien no podrá acceder al mundo natural para todas las experiencias de aprendizaje, creímos que a través de un enfoque de sistemas llevaríamos al alumno algunos de los elementos de la educación no formal en los ambientes naturales.



de los recursos, cada especie es productora de desechos que a su vez son alimento para otros organismos.

**Desarrollo:** Sucesiones y co-evolución

- El desarrollo de la vida, que se manifiesta como el desarrollo y aprendizaje a

nivel individual y como de evolución a nivel de especie, implica una interacción de la creatividad y la adaptación mutua en la que los organismos y el medio ambiente co-evolucionan.

## El marco

El marco de EIES se inició con la idea de que el estudio de un ecosistema revela por lo menos seis características que pueden ser identificados en todos los sistemas, ya sean sistemas biológicos o sistemas sociales y culturales. Los estudiantes EIES aprendieron a reconocer estas seis características en el medio natural, a encontrar su correspondencia en otros sistemas, y en última instancia, a aplicarlos a sus propias relaciones con el mundo natural. Estas características de los ecosistemas son:

**Redes:** Interdependencia, diversidad y complejidad

- Los componentes de un ecosistema están interconectados en una vasta red de relaciones en las que todos los procesos de la vida son interdependientes, y logran la estabilidad a través de una diversidad de vínculos.

**Límites:** Escalas y límites

- En todas las escalas de la naturaleza (átomo, molécula, célula, órgano, etc.) Los sistemas vivos crecen dentro de los sistemas vivos, cada uno con sus propias fronteras y límites.

**Ciclos:** Reciclaje de los recursos y asociación

- Las interacciones entre los miembros de una comunidad ecológica implican el intercambio de recursos en ciclos continuos, de modo que todos los residuos se reciclan a través de la cooperación generalizada y de incontables formas de asociación. En la escala planetaria, cada uno de los elementos vitales para la vida pasa a través de un circuito cerrado de cambios cíclicos.

**De flujo:** Energía y recursos

- El flujo constante de la energía solar sustenta la vida y dirige los ciclos ecológicos: todos los organismos se alimentan de los flujos de energía y

**Equilibrio dinámico:** Auto-organización, flexibilidad, estabilidad y sostenibilidad

- Todos los ciclos ecológicos actúan como retroalimentación para que la comunidad ecológica se regule y organice a sí misma, manteniendo un estado de equilibrio dinámico caracterizado por la fluctuación continua.

## El proceso

A principios del año escolar, los estudiantes se familiarizaron con las seis características de los sistemas a través del descubrimiento de las características de un ecosistema. Una actividad que funcionó a la perfección es lo que hemos llamado la metáfora “Móvil”. Esta es una permutación de una vieja lección que se usaba al inicio de ciclos escolares en la que se pide a los estudiantes hacer un móvil personal que los representa a sí mismos. Nuestro giro fue para pedirles que se manifiestan en relación con las seis características de los sistemas:

Redes, fronteras y límites, ciclos, de flujo, desarrollo y equilibrio dinámico.

En otras palabras, ¿cómo podían demostrar su relación con el contexto en el que viven? ¿Cómo fueron parte de un sistema? Los estudiantes definieron el sistema que ellos deseaban que sus móviles simbolizaran, como su familia o un grupo de amigos o incluso a la banda en la que tocaban. Entonces, para agregar otro giro, que obligatoriamente los relacionara al medio ambiente, les pedimos encontrar y construir sus móviles con materiales naturales que correspondían metafóricamente con los aspectos de sí mismos como parte de un sistema. Sabíamos que esto era un esfuerzo extra y sabían que era una presión, pero con éste estímulo, el año comenzó con interés.

Un ejemplo fue un móvil que contenía un huevo soplado, una hoja de colores, una concha, una pluma y una bellota, equilibrado en todas las

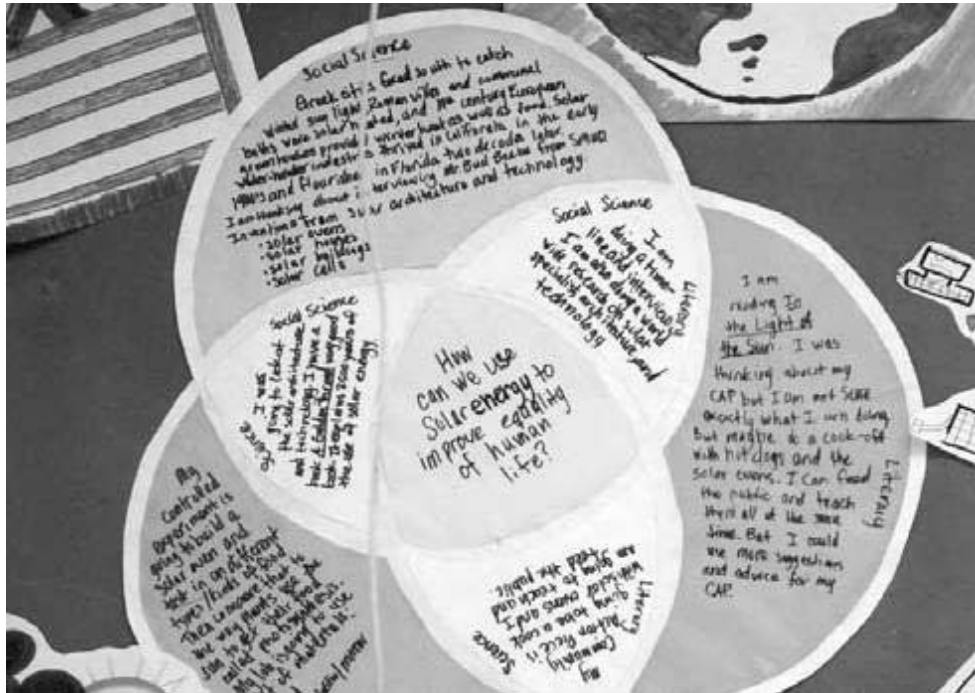


Diagrama de Venn que hincapié en los vínculos interdisciplinarios en una investigación realizada por los estudiantes para responder a la pregunta "¿Cómo podemos usar la energía solar para mejorar la calidad de la vida humana".

ramas. La estudiante explicó que el huevo la representaba a ella misma como una persona con un límite de piel, pero que una vez fue parte de sus padres, lo que demuestra una relación con los demás, en este caso, su familia o primera red. La hoja de colores representó su desarrollo: así como cambian de las estaciones, también lo hace ella. La hoja requiere del flujo de la energía solar, como ella requiere energía de los alimentos. La pluma de un ave representó su primer amor, la música. Las canciones suelen repetirse, mediante ciclos: ella era parte del ciclo de vida. Todo su móvil fue suspendido en equilibrio dinámico, adaptándose a los cambios en el entorno del mismo modo que deben adaptarse al calor, el frío, el hambre, las emociones y demás. A continuación, llevamos esta actividad un poco más allá al pedir a grupos de estudiantes combinar sus móviles en móviles comunitarios.

Hicieron sus móviles individuales en casa y tomamos un período de clase para ensamblar los móviles individuales en móviles comunitarios. Utilizamos otra parte del tiempo de clase para hablar de ellos. Estos móviles permanecieron suspendidos de nuestros plafones de clase durante todo el año como recordatorio de las formas en que podemos describir nuestros contextos personales utilizando el lenguaje de los ecosistemas.

Una vez que los estudiantes utilizaron con fluidez el lenguaje utilizado para describir las características y las relaciones evidentes en los ecosistemas, empezamos a usar este lenguaje para establecer analogías entre el medio natural y otros sistemas. Como la gente de Okanagan de la costa noroeste del Pacífico, que adquieren significado del paisaje, nuestro objetivo era enseñar los planes de estudios tradicionales de tal manera que el aprendizaje de los alumnos estuviera conectado con el medio ambiente.

Lo hicimos en dos formas: en primer lugar, a través de un plan de estudios interdisciplinario que ayudó a los estudiantes a identificar cómo las características de los ecosistemas se manifiestan en todos los sistemas, y en segundo, a través de un proceso de investigación que utilizó las características de éstos sistemas como un marco.

### Plan de estudios integrado

Las disciplinas tradicionales de inglés, ciencias sociales y ciencias se enseñan de forma interconectada e inter-relacionada, utilizando las características de los sistemas como un lenguaje común. Como los estudiantes en la clase de ciencias descubren las redes alimentarias, las relaciones entre la superficie, el área y las proporciones de unidad de volumen, las pirámides de energía, los ciclos de vida de los insectos, los patrones de nubes, y temperaturas del ambiente y

## LAS BASES FÍSICAS Y FILOSÓFICAS

El EIES comenzó como parte de una amplia comunidad en respuesta a las demandas de educación en una cultura de cambio. El éxito de EIES puede estar relacionado en parte a los elementos de la infraestructura, o los fundamentos físicos y filosóficos que permiten que el programa funcione. Estos elementos son:

1. Los profesores han trabajado juntos por elección propia.
2. Hubo tiempo y dinero comprometidos en el programa. En un principio, se les dio tiempo a los profesores para desarrollar estrategias y planes.
3. Los estudiantes decidieron formar parte del programa. Los estudiantes de octavo grado escucharon hablar del EIES de antiguos alumnos y hermanos mayores, también el personal académico habló del EIES a los padres en las noches de información estudiantil, y a través de un programa de extensión en la que estudiantes del EIES compartieron la información con estudiantes de octavo grado de las escuelas cercanas.
4. La población estudiantil es étnica, racial e intelectualmente diversa. Es nuestra creencia de que el EIES debe reflejar la diversidad de la escuela y la comunidad.
5. Los cursos de EIES cumplen las normas para su aplicación en el sistema universitario del estado, pero algunos alumnos no tenían la capacidad o la motivación para cumplir con la norma universitaria. A los profesores se les permitió diferenciar los créditos, es decir, que pudiéramos dar créditos para la graduación de secundaria en lugar de la universidad. Esto nos permitió reconocer los esfuerzos de los estudiantes cuyo talento no era demostrable en los formatos tradicionales de evaluación estudiantil. Normalmente, había estudiantes de educación especial y otros que no se habían desarrollado personalmente hasta el punto de poder producir las tareas requeridas.
6. Los alumnos normalmente cursaron el programa durante dos años. Esto aumentó considerablemente el potencial de desarrollo de las relaciones dentro de la comunidad de aprendizaje de EIES.
7. Las tres aulas estuvieron cercanas físicamente, y una de las aulas era lo suficientemente grande para permitir que todos los estudiantes de EIES se reunieran.
8. Las aulas se abrían a un bosque de robles repleto de ardillas, insectos, pájaros carpinteros, arrendajos, petirrojos y aves migratorias. Esta configuración proporcionó un fácil ejemplo, a disposición de un ecosistema natural.
9. El programa estaba planeado para los primeros tres de los siete períodos de clase, una hora al día, cuando estábamos frescos, al igual que nuestros estudiantes. A menudo teníamos desayunos tipo pic-nic donde aprendimos la cortesía de partir el pan y hablar.
10. Los profesores compartieron un período de preparación común que los ha mantenido unidos año tras año.

Por Pam Russell

del sustrato, se les pidió a buscar relaciones similares en la historia, la economía o la literatura. Por ejemplo, ¿cuáles son las diferencias entre los límites naturales y los geopolíticos o las creadas por los protagonistas y antagonistas en la literatura? ¿En qué se parecen? ¿Cuál es el papel del ADN en la historia de Romeo y Julieta? ¿Cuál fue el papel del ADN en el conflicto en Yugoslavia? ¿Cómo son los eventos en Romeo y Julieta análogos a lo que ocurrió en la Alemania nazi?

## Proyectos de investigación interdisciplinaria

Los estudiantes del EIES completaron dos proyectos de investigación interdisciplinaria cada año, durante el cual se esforzaron, entre otras

cosas, para responder a una cuestión fundamental al examinar la evolución de los problemas en torno al tema a través del tiempo y cómo el tema ha sido relacionado con el medio ambiente y la cultura humana. Cada paso en el proceso fue intencionalmente relacionado con las características y los procesos de los ecosistemas. Por ejemplo, uno de nuestros estudiantes estaba interesado en la energía alternativa. Su primera tarea era la de formular la pregunta fundamental que sería la guía de su investigación, y se inclinó por "¿Cómo podemos utilizar dispositivos de energía solar que ayuden a mejorar la calidad de la vida humana?" Este era la frontera inicial de la investigación, la determinación de la escala o límite del proyecto.





Como parte de la "ciencia" en sus proyectos, los estudiantes investigan el crecimiento de bacterias en las loncheras comunes.

**Planificación de actividades:** Además de la definición de la pregunta principal, la primera fase de la investigación incluyó la planificación y las siguientes actividades de investigación rudimentaria:

- Lluvia de ideas: Como un ejercicio de la diversidad de pensamiento, los estudiantes escribieron todas las ideas que vinieron a su mente sobre su tema.
- Diagrama preliminar de Venn: Un ejercicio de ponderación de interrelaciones entre las tres disciplinas de EIES en relación con el tema.
- SQA: Responder a las preguntas "¿Qué sabes?" "¿Qué quieres saber?" Y "¿Qué has aprendido?" Los estudiantes desarrollaron una lista de palabras clave para encontrar la información.
- Sistemas de Pensamiento / Mapa de Notas: Un ejercicio difícil que demostró cómo todas las cosas tienen un impacto sobre el medio ambiente, la cultura y la historia humana.
- Lista preliminar de obras citadas: Los estudiantes encontraron lo que se dispone de información para ayudar a responder la pregunta esencial y aprendieron el formato adecuado para citar fuentes.

**Actividades de investigación comunitaria:** Las siguientes fases de la investigación incluyen interacciones con la comunidad de investigación y

desarrollo continuo. Las tareas principales fueron:

- Entrevista: Una oportunidad de interactuar con un experto (por lo general) y adquirir experiencia intergeneracional.
- Experiencia fuera del campus: Una experiencia directa que ayude a responder a la pregunta esencial. Las actividades estudiantiles fuera del campus condujeron a explotaciones agrícolas ecológicas, áreas naturales de desove y cría de peces, el proyecto del genoma humano en el laboratorio nacional Lawrence Livermore, una escuela albergue para desamparados, el puerto Stockton, un laboratorio de clonación de la Universidad de California en Davis, la oficina del alcalde, la sede del FBI en San Francisco, y las instalaciones de realidad virtual en la Universidad de California en Berkeley.
- Ciencia: Una oportunidad para completar un experimento controlado, crear un modelo, o enseñar un concepto que ayudaría a responder a la pregunta esencial.
- Línea de tiempo: La oportunidad de observar el contexto temporal o la evolución de un problema.
- Fragmento literario: Una oportunidad para responder a los resultados de una manera creativa.
- Esquema: Un plan de organización que sienta las bases para un documento de 1500 palabras sobre el tema.

## CONCEPTO DE MATRIZ CURRICULAR INTEGRADA

### Preguntas esenciales

¿Cómo la sobrepoblación, la intolerancia a la diversidad, y el desarrollo tecnológico han influido sobre los ciclos naturales a nivel local y mundial?

Las actividades humanas que interrumpen los ciclos naturales incluyen la destrucción de grandes bosques, la guerra, la combustión de combustibles fósiles, la producción de productos químicos y la eliminación de residuos que no se descomponen fácilmente.

### Ciencia

¿Cómo los sistemas biológicos se sostienen a sí mismos?

Análisis de los ciclos biogeoquímicos complejos con especial énfasis en el ciclo del carbono.

¿Qué sostiene a poblaciones de plantas y animales en el medio ambiente? ¿Cómo están interrelacionados los procesos de fotosíntesis y la respiración?

¿Cómo funciona la estructura de una planta o animal y cómo permite que el organismo funcione y mantenga su población como parte de un ecosistema?

### Ciencias Sociales

¿Cuáles son los ciclos sociales, políticos, culturales e históricos que incluyen la guerra? ¿Cuáles fueron las causas y consecuencias de la Primera Guerra Mundial?

¿Qué factores contribuyeron al aumento del totalitarismo en la Alemania nazi y la Rusia estalinista?

Lecturas de *Darkness at Noon* de Arthur Koestler.

Comparación de puntos de vista antropocéntrico y biocéntrico de la guerra.

¿Qué efecto tiene la guerra sobre la población?

### Artes del Lenguaje

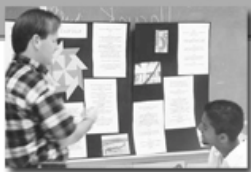
En *All quiet on the western front*, la base de los ciclos ecológicos se encuentra en las relaciones que implican el intercambio de recursos, incluidas las estrategias de supervivencia tales como el compañerismo, la tolerancia y la capacidad de recuperación.

Los personajes empiezan a darse cuenta de que la guerra es el resultado de los sistemas humanos en la sociedad industrializada, caracterizada por la lucha por el control de los recursos. Los alumnos estudian actualmente las luchas sociopolíticas de los recursos y hacen predicciones sobre el futuro. (¿Cómo la lucha por los combustibles fósiles ha frustrado a la conciencia pública de las fuentes de energía alternativas?)

### Cabildos

La mayoría de los problemas ambientales surgen cuando sólo son considerados los intereses parroquiales a corto plazo. Investigar los problemas reales del medio ambiente y facilitar el desarrollo de los estudiantes como ciudadanos que pueden negociar para ayudar a garantizar que las decisiones que involucran los recursos naturales afectan a largo plazo y sirven a intereses más amplios.

Habilidades para resolver problemas relacionados con la trata de conflictos, de cambio y de diversidad dentro de la comunidad del EIES, para hacer frente a una época caracterizada por el explosivo crecimiento



Arriba: Una muestra de la matriz curricular: conceptos tales como el ciclo de recursos, el intercambio y la competencia se utilizan para establecer analogías entre los ecosistemas y los sistemas y acontecimientos sociales, políticos e históricos.

•Pieza de Acción Comunitaria: Una oportunidad para devolver algo a la comunidad que proporcionó al estudiante experiencias que ayudaron a responder la pregunta esencial.

La investigación de los estudiantes tenía un patrón que demostró elementos de un sistema. Por ejemplo, en la tarea llamada "Sistemas de pensamiento / Mapa de Notas" los estudiantes

relacionaron su tema a las características de sistemas, respondiendo a las siguientes preguntas:

1. Redes: ¿Qué impacto tiene el problema planteado por tu pregunta sobre el medio ambiente? ¿Cuáles son las interconexiones sociales, culturales, científico-tecnológicas y naturales?
2. Límites: Más allá de tu propio interés personal,

¿por qué es importante ahora y para el futuro el impacto local y global de tu tema?

3. Desarrollo: ¿De qué forma te ayudará obtener una perspectiva histórica sobre el tema para entender la respuesta a tu pregunta esencial?

¿Quiénes son las personas importantes relacionadas con tu tema y la pregunta? ¿Cuál es el trasfondo histórico, científico y tecnológico?

4. Ciclos: ¿Cuál ha sido la relación humana con la cuestión que se está investigando? La solución propuesta por la humanidad al problema o cuestión que se está investigando ha creado una situación en la que se podría decir que la historia se repite? Por ejemplo, ¿cómo han comprometido o degradado al medio ambiente las guerras?

¿Cómo la reconstrucción después de una guerra ha ayudado u obstaculizado la situación?

5. De flujo: Usar la transferencia de energía a través de un sistema como una metáfora, ¿cómo tu investigación mejoró tu comprensión de la cuestión que estás tratando de responder?

6. Equilibrio dinámico: ¿Qué crees que va a resultar si se continúa con la falta de conciencia y acción sobre este problema? ¿Qué impacto tendrá en nuestro ecosistema local y mundial?

Durante la segunda fase de la investigación, programamos varios días para la asesoría, aclaración y ampliación, o "A<sup>3</sup>". En los días de A<sup>3</sup>, todos los períodos de EIES fueron usados por estudiantes y profesores para evaluar los avances, aclarar las cuestiones y para realizar entrevistas individuales y en pequeños grupos, las experiencias fuera del campus, visitas a bibliotecas, la investigación científica y así sucesivamente. Los estudiantes mismos prepararon todo para estos viajes, siguiendo los lineamientos utilizados para viajes en grupo. El día A<sup>3</sup> ofreció a los estudiantes oportunidades de auto-organización, como investigadores individuales y como parte de una comunidad de estudiantes. Se comenzó con una reunión durante la cual se habló con todos acerca de las "reglas" o la organización de la jornada.

En algunos días A<sup>3</sup>, un salón de clases fue designado como zona de silencio, esto para trabajar sobre problemas específicos de la investigación, tales como el apartado ciencia. Muchas veces los maestros acordaron reunirse con los estudiantes de forma individual, mientras se discutían éstas cuestiones, los estudiantes prepararon su agenda personal e hicieron listas con los conceptos clave. A menudo se plantearon cuestiones que fueron importantes para la discusión con todo el grupo. La reunión fue por tanto, un espacio para que la comunidad tomara en cuenta cuestiones comunitarias. Los alumnos



Imágenes pintadas por un estudiante en la puerta de un aula para representar la naturaleza de los sistemas.

fueron desarrollando su capacidad de investigación, y hacia el final de la investigación, más y más días A<sup>3</sup> fueron necesarios.

Durante la fase final, se hizo hincapié en una presentación a la comunidad de la información que los estudiantes habían recabado para responder a sus preguntas esenciales. La fase de presentación se inició con un ensayo de una semana de duración en un anfiteatro que daba cabida a todos los estudiantes del EIES, los tres profesores, y los invitados, como los consejeros y miembros de la administración. A finales de la semana, todos los estudiantes habían presentado sus preguntas esenciales y los resultados clave en los que fundamentaron sus conclusiones, y los tres profesores habían evaluado los documentos de

todos los estudiantes. Este proceso fue el lazo de retroalimentación final antes de la presentación, que tuvo lugar durante la noche y estuvo abierta a toda la comunidad.

La presentación a la comunidad en general se convirtió en una celebración del conocimiento. Con el fin de dar cabida a alrededor de 90 presentaciones dentro de un plazo de dos horas, los estudiantes fueron agrupados (en aulas adyacentes) de acuerdo a sus necesidades de equipo audio visual y temas complementarios. Un programa que enlistaba las cuestiones esenciales y los grupos de estudiantes se distribuyó con las invitaciones además de un recordatorio a los estudiantes en el que se advertía que había que ser prudentes para asegurar sus audiencias. Durante la investigación, hemos alentado a los estudiantes a esforzarse para desarrollar la más débil de sus inteligencias múltiples, pero para la presentación se les animó a utilizar las más fuertes de sus inteligencias. En consecuencia, fueron muy variados los estilos de presentación exhibida por los estudiantes. Hubo una recepción oficial después de las presentaciones en las que los estudiantes estaban disponibles para defender sus documentos, compartir puntos de vista y recibir elogios. Se invitó al público a que criticara las obras de una manera formal. Por último, los alumnos escribieron un ensayo reflexivo, y la evidencia de su trabajo fue puesta en sus expedientes permanentes.

Aunque los elementos del proyecto de investigación interdisciplinar son familiares para

todos los profesores, creemos que la definición del proceso como un sistema es la clave para la enseñanza de los hábitos que promueven la alfabetización ambiental.

Hasta las puertas de las aulas estaban pintadas con imágenes que representaban su relación con el medioambiente y sirven como recordatorio constante de la naturaleza de los sistemas. Era nuestra esperanza que el programa EIES, con su énfasis en el pensamiento sistémico y la investigación, favoreciera el crecimiento de una comunidad diversa de estudiantes capaces de considerar tanto a corto como a largo plazo, los resultados de lo que hacen. Ciudadanos que serán conscientes del impacto ambiental de su comportamiento.

---

***Pam Russell** enseñó Biología y Química en EIES, además impartió ciencia y colocación avanzada de ciencias ambientales en el Lincoln High School en Stockton, California. Actualmente está jubilada y vive en Port Angeles, Washington.*

*Traductor:*

***Juan Octavio Cervantes Dueñas**, es Arquitecto graduado en el Instituto Tecnológico de Zacatecas, con Maestría en Economía, Política y Ambiente, por la Universidad Nacional Autónoma de México.*