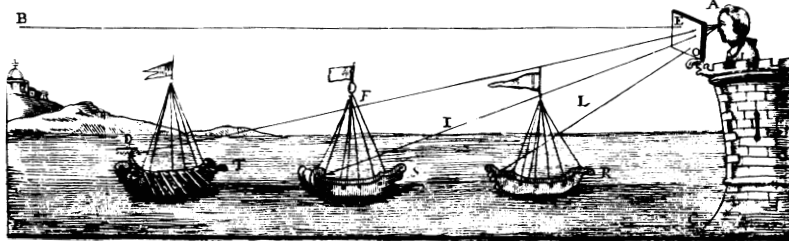


INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA



APRENDER CIENCIAS EN Y PARA LA COMUNIDAD

ROTH, WOLFF-MICHAEL

Department of Curriculum & Instruction. Faculty of Education. University of Victoria
PO Box 3010, Victoria BC V8W 3N4. Canadá
mroth@uvic.ca

Resumen. Durante algún tiempo, he afirmado que la educación científica necesita ser desinstitucionalizada para superar la profunda crisis que atraviesa actualmente. En este artículo describo formas en las cuales se puede pensar y poner en práctica esta desinstitucionalización en la enseñanza de las ciencias y en la práctica del diseño del currículo de ciencias. Se propone la teoría de la actividad como marco para conceptualizar diferentes sistemas de actividad y sus contradicciones. Proporciono ejemplos prácticos de mi actividad de enseñanza de una unidad de activismo ambiental y de mi diseño de un currículo apropiado para pueblos aborígenes a fin de mostrar una educación científica que se sitúa en el mundo diario de la comunidad.

Palabras clave. Teoría de la actividad, comunidad, desinstitucionalización, minorías.

Summary. For some time now, I have argued that science education needs to be deinstitutionalized to overcome the deep crisis in which it currently finds itself. In the present paper, I outline ways in which such deinstitutionalization may be thought and enacted in science teaching and science curriculum design practice. Activity theory is proposed as a framework to conceptualize different activity systems and their contradictions. Practical examples from my own teaching of an environmental activist unit and designing a curriculum appropriate for indigenous peoples are provided to show a science education that situates itself in the everyday world of the community.

Keywords. Activity theory, community, deinstitutionalization, minorities.

Los filósofos sólo han interpretado el mundo de diversas maneras; el asunto es cambiarlo.
(Marx, 1969, p. 15)

La educación científica (como otros aspectos de la escolarización) atraviesa una profunda crisis. A pesar de la retórica de que saber ciencia (a la manera de los científicos) es un prerrequisito en un mundo cada vez más tecnológico (Hazen y Trefil, 1991), la gente no sólo vive bien sin saber ciencia sino que además a menudo proclama su ignorancia con orgullo. Esto es, en la vida diaria, el conocimiento científico, por lo menos el que es valorado por didactas de las ciencias y profesores de ciencias, no es tan necesario como se afirma en la literatura de nuestra disciplina. En contraste con la retórica tradicional, la educación científica puede ser vista como una más de las herramientas de la sociedad burguesa para reproducirse apartando a algunos estudiantes, a menudo provenientes de contextos específicos (mujeres, minorías o aquéllos en desventaja económica), de los itinerarios de aprendizaje que podrían llevar a carreras científica y tecnológicamente orientadas (Roth y McGinn, 1998). Conocer el ciclo de Krebs, la diferencia entre mitosis y meiosis o las tres leyes de Newton, en muchos casos, contribuye muy poco a los éxitos o fracasos que experimentamos en nuestra vida diaria. Incluso muchos científicos no son expertos hasta el punto que a veces se afirma, que si se les pregunta sobre conceptos o gráficas un poco apartadas de sus intereses de investigación inmediatos, no pueden dar respuestas aceptables (Roth y Bowen, 2001).

La escuela fracasa en favorecer el desarrollo de todos excepto de un pequeño número de individuos que llegan a ser científicos, ingenieros o técnicos. Sin embargo, se puede encontrar un creciente número de casos en los cuales el público general se alía por su interés común en un asunto controvertido, para afirmar el valor de su conocimiento (local) en contra del usualmente hegemónico discurso científico (Epstein, 1995; Lee y Roth, 2001b; Rabeharisoa y Callon, 1999). Así, individuos y grupos sin conocimientos científicos participan en activismo relacionado con el medio ambiente, el SIDA o la salud; en el proceso, se vuelven puntos de paso obligado para otros actores de la comunidad, a menudo más poderosos¹.

Crecientemente, algunos pocos didactas de las ciencias demandan nuevas maneras de pensar sobre la alfabetización científica y, en particular, sobre qué y cómo deberíamos enseñar la ciencia escolar (Hodson, 1999; Jenkins, 1999). Desde mi perspectiva, muchas de las nuevas propuestas cambian poco porque, a pesar de los cambios propuestos, los estudiantes continúan concentrándose en aprender para la escuela más que en participar en actividades significativas aprendiendo durante el proceso. Por ejemplo, una innovación curricular permite

a los estudiantes reproducir la búsqueda de consenso en el aula (Kolstoe, 2000). El problema es que la búsqueda de consenso en el aula no es real, es una actividad sustitutiva que no tiene consecuencias aparte de ayudar a los profesores a poner las notas, que luego serán usadas para determinar si los estudiantes pueden continuar sus estudios en la carrera que elijan (Roth y McGinn, 1998). La ciencia escolar es problemática en el hecho de que se enfoca sobre el aprendizaje de conceptos y teorías independientemente de las situaciones en las que ellos son útiles. En contraste con esto, el aprendizaje casi nunca es el foco en la actividad diaria fuera de la escuela; más bien, aprendemos incidentalmente cuando participamos en acciones relevantes, significativas, con propósito y responsables.

En su undécima tesis sobre Feuerbach, Karl Marx hizo el hoy famoso comentario que encabeza este artículo: el propósito de la actividad es provocar cambios en el mundo que habitamos. Es más, esos cambios requieren que entendamos el mundo, lo que es posible sólo si lo enfrentamos en la praxis diaria (Bourdieu, 1980; Mao Ze Dong, 1967). Yo también prefiero la acción a una comprensión «retirada». Mi propia predilección es hacia una educación científica que no sólo *prepara para* (Kolstoe, 2000) sino que también (y en forma más importante) *se involucra en* la acción responsable (Hodson, 1999). Ésta es una educación científica que está en el estadio final (cuarto) de sofisticación, dentro de una aproximación basada en asuntos que involucra *preocuparse por* «Una ética politizada de la preocupación (preocuparse por) implica involucrarse activamente en la manifestación local de un problema particular, explorando los complejos contextos sociopolíticos en los cuales se ubica el problema, y tratando de resolver los conflictos de interés.» (p. 789)

Cuando los estudiantes comienzan a *preocuparse por* situaciones y entidades específicas de la misma forma en que otras personas de la sociedad lo hacen, no realizan más tareas que sirven para seleccionarlos, sino que cambian activamente (y, por tanto, entienden) el mundo en el que ellos y nosotros vivimos. El aprendizaje (incidental) de los estudiantes es significativo porque sus propias acciones son realizaciones concretas de las posibilidades generalizadas y socialmente mediadas de actuar y cambiar el mundo. Los estudiantes se ven a sí mismos como agentes (decididamente humanos), que entienden y moldean sus situaciones de vida a través de realizaciones concretas de su poder.

Aunque mi pensamiento ha evolucionado a partir de una práctica de enseñar las ciencias en diversas formas, una praxis que yo subsecuentemente he teorizado en nuevos términos, comienzo este artículo con la descripción de un marco conceptual que explica por qué hago lo que hago. A continuación, desarrollo algunos de los detalles de la enseñanza de las ciencias y del diseño del currículo dando una descripción detallada de mis investigaciones en curso. Estas investigaciones se ocupan tanto de entender la actividad cotidiana desde perspectivas sociológicas como de articular y probar posibles implicaciones para el currículo escolar.

LA TEORÍA DE LA ACTIVIDAD

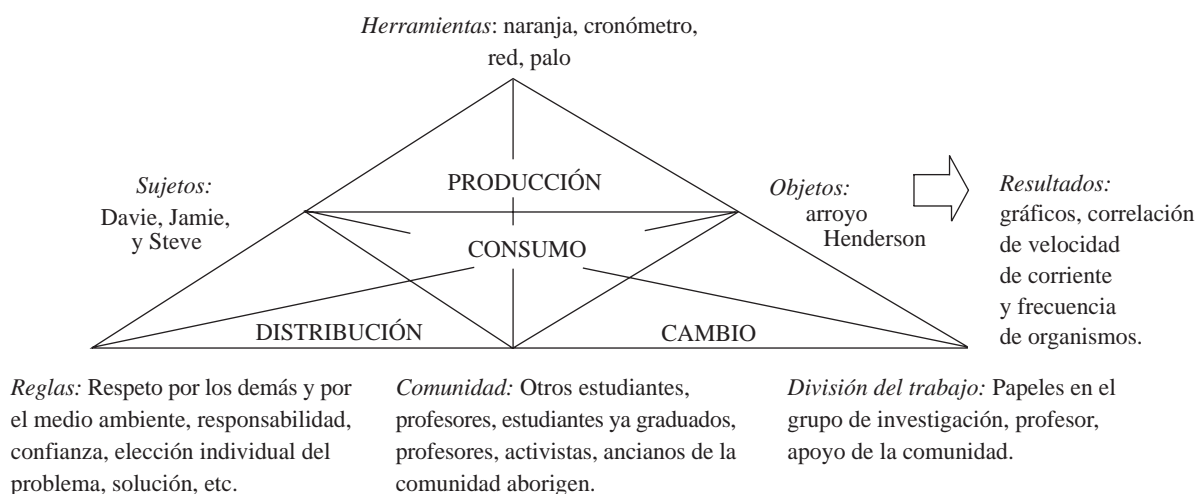
En mi trabajo, que se ocupa de saber y aprender ciencias y matemáticas en escenarios de la vida diaria (de los cuales la escuela es sólo uno), la teoría de la actividad ha mostrado ser una herramienta importante para pensar sobre las similitudes y diferencias entre contextos. La teoría de la actividad es no reduccionista en el hecho de que usa actividades completas como las unidades básicas de análisis (Leont'ev, 1978). Aquí, las «actividades» no se refieren a las tareas características de la escolarización, motivadas por metas a ser cumplidas por individuos o grupos de estudiantes; más bien, las actividades se caracterizan por motivaciones en el nivel social. El cultivo, la educación y el comercio son todas actividades típicas organizadas como sistemas de actividad.

En un nivel, la teoría de la actividad se ocupa de la *producción*, el *consumo*, la *distribución* y el *intercambio* de bienes, conocimiento, etc. (Fig. 1). Para analizar estos procesos, los teóricos de la actividad identifican seis entidades básicas: *sujeto*, *objeto*, *herramientas*, *comunidad*, *reglas* y *división del trabajo* (Engeström, 1987). Sin embargo, las actividades no son analizadas en términos de entidades individuales, o incluso en términos de pares de entidades. Más bien, la teoría de la actividad reconoce que la relación entre cada par de entidades está mediada por una tercera entidad. Así, cuando un grupo de estudiantes de séptimo grado asume la tarea de representar un arroyo en su comunidad, el *resultado* de sus acciones dependerá de las *herramientas* (esto es, medios de producción) que tienen a su disposición. Así, cuando tres niños usan una naranja, un cronómetro y una cinta métrica (*herramientas*) para determinar la velocidad del

arroyo (*objeto*) y una red (*herramienta*) para recoger invertebrados (*objeto*), podrían (quizás con un poco de ayuda) presentar una gráfica que muestre correlaciones entre la presencia de diferentes organismos y la velocidad de la corriente (*resultado*). Cuando un grupo de cuatro chicas decide usar una grabadora, una cámara y una guía de pájaros (*herramientas*), pueden (quizás con un poco de ayuda) producir una clasificación ilustrada de las aves que habitan el área cerca del arroyo (*resultado*). Yo propugno por que los estudiantes puedan elegir libremente los *objetos*, los medios de producción (*herramientas*) y la *división del trabajo*. En mis observaciones, si los profesores ejercen demasiado control sobre los medios de producción, los estudiantes pierden el interés en hacer investigaciones.

En contraste con otras teorías sobre el conocimiento y el aprendizaje, la teoría de la actividad conceptualiza las actividades como desplegándose a partir de las relaciones dialécticas entre pares (mediados) de entidades básicas. La teoría de la actividad reconoce que un cambio en una o más de las entidades básicas produce un cambio en las relaciones existentes y, por lo tanto, en el conocimiento y el aprendizaje tal cual son vistos por el observador. Por ejemplo, Lave (1988) mostró que los mismos individuos que muestran un desempeño casi libre de errores en problemas de la «mejor compra» en el supermercado exhibieron un peor desempeño en problemas simulados fuera del supermercado. El desempeño empeoró aun más en problemas de compra que se les presentaron en un formato de lápiz y papel. No tengo espacio aquí para analizar completamente ese estudio, pero los lectores pueden reconstruir fácilmente las diferencias mirando las tres situaciones en términos de la teoría de la actividad (Fig. 1).

Figura 1
Análisis, según la teoría de la actividad, de la participación de los estudiantes de séptimo grado en la creación de conocimiento acerca de una cuenta en y para su comunidad.



Para visualizar el conocimiento y el aprendizaje que se atribuirán a un individuo (*sujeto*), uso la analogía del cordón y la fibra (McDermott, 1993). Así, una actividad puede ser pensada como un cordón hecho de muchas fibras, incluyendo las seis entidades básicas. Cuando las fibras son entrelazadas, forman un cordón mucho más fuerte, que tiene propiedades diferentes de las de cada fibra sola o en combinación. Lo que encuentro interesante de esta analogía es que las propiedades de las fibras individuales no pueden ser derivadas de las propiedades del cordón; análogamente, las propiedades del cordón no se pueden derivar de las fibras individuales o de la suma de todas sus propiedades. Sin embargo, la práctica educativa actual a menudo usa los *resultados* de las evaluaciones particulares (cordón) y se los atribuye al individuo (*sujeto*), sin considerar que el mismo individuo, en un contexto diferente, puede mostrar niveles muy distintos de rendimiento (McGinn y Roth, 1998; Welzel y Roth, 1998). Sumar o proveer opciones sobre las *herramientas*, asignar tareas a los grupos (*división del trabajo*) o dar opciones sobre el *objeto* cambiarán el cordón (actividad) y, por lo tanto, los niveles de conocimiento y aprendizaje subsecuentemente reatribuidos al *sujeto* individual (Roth, 1998).

La analogía del cordón y sus fibras nos permite entender por qué el conocimiento individualista, en la forma en que los didactas de las ciencias piensan acerca de él actualmente, no necesariamente sirve en el mundo. Como fibras, contribuimos al cordón; las acciones de todos los individuos en un sistema de actividad son realizaciones concretas de un potencial de acción generalizado. La *división del trabajo* y el mundo material (*objetos, herramientas*) permiten acciones que van mucho más allá de lo que los individuos hacen por sí mismos en el aislamiento de un laboratorio psicológico. El cordón de la actividad cotidiana, de hecho, estabiliza cada fibra incluso si ésta no tiene las propiedades del cordón o de las otras fibras. De esta forma, por ejemplo, los vendedores callejeros de dulces en Brasil terminan cada día habiendo obtenido ganancias a través de la compra y venta de dulces a pesar de que no pueden leer los números (incluidas las denominaciones de los billetes) ni hacer cálculos escolares (Saxe, 1991).

Estas consideraciones dejan claro que hay problemas cuando se piensa en la escuela como una preparación real para la vida. Si el conocimiento no se traslada fácilmente a través de los sistemas de actividad, los educadores críticos tienen, entonces, que pensar en establecer contextos que sean continuos con las actividades cotidianas. Por ejemplo, participar en activismo ambiental, contribuir a una base comunitaria de conocimiento sobre la salud ambiental o llevar adelante un criadero son todas actividades de considerable importancia en la vida cotidiana, por lo menos en la Columbia Británica, donde yo vivo (Roth, en prensa). Una vez que los estudiantes participan en actividades cotidianas, aparecen muchas posibilidades para involucrar a los adultos (padres, ancianos aborígenes, activistas o científicos) con los estudian-

tes. Al mismo tiempo, los estudiantes pueden participar con estas personas fuera de la escuela, por ejemplo, en exhibiciones durante jornadas de puertas abiertas en su *comunidad*, contribuyendo a páginas *web* de activistas ambientales o escribiendo artículos en periódicos (Lee y Roth, 2001; Roth y Lee, 2001). A través de esta participación en actividades cotidianas, los jóvenes (*sujeto*) contribuyen y cambian su *comunidad* mientras son estudiantes. Ellos reproducen su comunidad y *también* la producen de nuevas maneras. Participan en formas periféricas legítimas en dar forma a las condiciones de vida de su comunidad². Las acciones de los estudiantes son auténticas no porque *se parecen* a la práctica cotidiana, sino porque *forman parte* de la práctica cotidiana.

Como educador crítico, estoy interesado no tanto en la adaptación individual a las condiciones existentes, sino más bien en los esfuerzos colectivos para cambiar nuestra condición (esto es, la sociedad). Por lo tanto, tiene sentido pensar en crear situaciones, sistemas de actividades –en los cuales el conocimiento y el aprendizaje se ponen en acción colectivamente–, más que en crear oportunidades de aprendizaje para los individuos (una aproximación que favorece a los estudiantes de clase media). Esto es, me interesa favorecer el desarrollo colectivo, que provee oportunidades para el desarrollo individual, más que reproducir una sociedad no equitativa en la que las oportunidades están limitadas a unos pocos, usualmente de extracción blanca, burguesa y de clase media. Por ejemplo, como educador crítico me interesa crear las condiciones para conversaciones científicamente alfabetas, que yo entiendo y analizo como actividades. Como las demás actividades, las conversaciones son como cordones, cuyas propiedades no pueden derivarse de las fibras individuales (esto es, de las intervenciones individuales de los estudiantes). Por tanto, no puedo seguir ocupándome (si es que alguna vez lo hice) de transferir conocimiento a las cabezas individuales. Más bien permito las conversaciones científicamente alfabetas dando apoyo a la emergencia de combinaciones apropiadas de *sujeto* (individuos o grupos), *objetos, herramientas, comunidad, división del trabajo y reglas*, y a las interacciones mediadas que involucran tripletes de estos elementos.

En las siguientes dos secciones, quiero desarrollar un poco qué pasa con estas ideas en la práctica educativa. El primer ejemplo proviene de un proyecto de investigación en el cual enseñé ciencias durante varios años en una escuela secundaria de mi comunidad, que experimenta problemas severos con la cantidad y calidad del agua disponible. El segundo ejemplo viene de un proyecto en marcha, en el cual mis colegas y yo estamos pensando de qué forma las maneras tradicionales (aborígenes) de conocimiento pueden volverse puntos de partida y anclas para conocimiento científico posiblemente útil (*herramientas*). En ambos proyectos, nuestro foco está puesto en la educación orientada por asuntos, en la cual la utilidad de la ciencia ha de ser establecida caso a caso, tanto por los estudiantes como por los profesores.

ACTIVISMO PARA LA SALUD AMBIENTAL Y COMUNITARIA

Contexto

Uno de mis proyectos concierne a la ciencia y el aprendizaje de la ciencia en la comunidad; se enfoca principalmente en el activismo ambiental como actividad cotidiana y como contexto para la ciencia escolar. Mi estudiante de doctorado Stuart Lee, un bioquímico experto, se ha transformado en miembro practicante de un grupo activista que intenta cambiar la normativa y las prácticas de la gente con respecto a la salud ambiental del arroyo Henderson, en la comunidad de Oceanside, en la cual yo también resido (Lee y Roth, 2001b). Como parte de mi contribución al proyecto, he enseñado ciencias a varias clases de séptimo grado de la escuela secundaria de Oceanside, en la cual los estudiantes generaron conocimiento con el que contribuyeron a la comunidad, a través de una exposición en una jornada de puertas abiertas organizada por los activistas (Roth y Lee, 2001a). Los activistas ambientales y los estudiantes aprenden ciencias enfocándose en la salud de las aguas y sus problemas, a veces severos, de cantidad y calidad, que amenazan a Oceanside.

Oceanside está ubicada en la cuenca del arroyo Henderson. En Oceanside y en toda la cuenca, el agua ha sido un problema durante muchos años. A pesar de estar ubicada en la costa oeste, Oceanside tiene un clima relativamente seco (alrededor de 850 milímetros de precipitaciones al año), con veranos secos y cálidos e inviernos moderadamente lluviosos. Junto con el clima, algunos desarrollos recientes han exacerbado el problema del agua. Los granjeros han rectificando los arroyos locales, disminuyendo la cantidad de agua retenida en el suelo que está disponible para filtrarse y alimentar el acuífero. Al mismo tiempo, los granjeros recurren al agua del arroyo y de la tierra durante los meses secos del verano, aumentando la presión sobre el valioso recurso. Otros residentes tienen pozos individuales que se alimentan de los acuíferos. Su agua está biológica y químicamente contaminada durante el período seco del año, así que conducen cinco kilómetros hasta las gasolineras para obtener agua utilizable. La urbanización y el aumento de superficies impermeables (pavimento) relacionado con ella, la pérdida de cobertura forestal en la cuenca y a lo largo de las márgenes de los arroyos, la pérdida de espacios húmedos de recarga y la pérdida de las condiciones naturales empeoran aun más el problema del agua.

Además de las cantidades decrecientes, el agua ha sido afectada también de forma cualitativa por la actividad humana. El alcantarillado y las zanjas canalizan el agua de lluvia –junto con los contaminantes de los suburbios, los productos químicos para el césped y los desechos de los coches– desde estas áreas recientemente desarrolladas hacia el arroyo Henderson y sus afluentes. La comunidad de Oceanside introdujo un polígono industrial en la cuenca, cuidadosamente contenido en el espacio de cuatro manzanas. Los restos de sus talleres y laboratorios de biotecnología se descargan en una zanja (cariñosamente llamada la «zanja apestosa») que, a su vez,

desemboca en el arroyo Henderson. Para aumentar su potencial para llevarse el agua de manera rápida, se rectificó y profundizó el arroyo, retirándose mucha de la cubierta vegetal; esto aumentó la erosión y la contaminación de los campos adyacentes. Estos cambios físicos han llevado a un aumento de la erosión y de los sedimentos en los meses lluviosos del invierno, y son responsable de los bajos niveles y las altas temperaturas del agua en los meses secos del verano, durante los cuales el bombeo (legal e ilegal) para irrigación pone a prueba el arroyo.

De las preocupaciones acerca de la calidad del agua surgió un grupo ambiental. Las acciones del grupo incluyen el control de la cantidad y la calidad del agua y contribuir a reescribir la normativa comunitaria relacionada con el arroyo Henderson, la cuenca, y la cantidad y la calidad del agua. Los activistas también crearon y promovieron un programa de administración, construyeron estructuras en la corriente para aumentar el hábitat de las truchas, construyeron barreras destinadas a proteger las áreas ribereñas y controlaron el número de truchas en diferentes partes del arroyo. Otras actividades incluyen la replantación de áreas ribereñas para aumentar la sombra y así bajar la temperatura del agua, para hacerla más adecuada a los peces. Los activistas también participan de actividades educativas, que incluyen presentaciones en la comunidad y ayuda a los niños en sus investigaciones relacionadas con el arroyo Henderson. Cada tanto, en el periódico aparecen artículos sobre el trabajo de este grupo. Con estos artículos yo comenzaba las unidades de ciencias en la escuela secundaria de Oceanside; en particular, con un artículo que pide a la comunidad que contribuya al conocimiento actualmente disponible y a las acciones directas para entender y cambiar la salud de la cuenca del arroyo Henderson.

Aprender ciencias produciendo conocimiento para la comunidad

Dada la urgencia y la importancia de los problemas de agua en Oceanside, fue fácil convencer al director y a unos pocos profesores de la escuela secundaria de Oceanside para que participaran en un estudio en el cual los estudiantes aprenderían ciencias investigando la cuenca del arroyo Henderson. Ofrecí a los profesores interesados «coenseñar» una unidad con ellos³; esto significó asumir colectivamente la responsabilidad de planificar, llevar a cabo y evaluar el currículo.

Motivados por el deseo de ayudar a los activistas y a la comunidad, los estudiantes se ofrecieron como voluntarios para limpiar el arroyo e investigar sus distintas facetas. Diseñaron y condujeron sus propias investigaciones en diferentes partes del arroyo Henderson. Luego, a sugerencia mía, informaron sobre ellas a la *comunidad* durante la jornada anual de puertas abiertas organizada por los activistas ambientales. La idea que subyace a estas clases es poner a los estudiantes en una situación en la cual se transforman en ciudadanos activos que contribuyen a la vida de la comunidad.

Tabla I
Diferencias en las herramientas, división del trabajo y comunidad llevan a resultados diferentes.

Sujeto	Objeto	Herramientas	Comunidad	Reglas	División del trabajo	Resultados
John, Tim	Arroyo Henderson	Cronómetro, cinta métrica, regla	Oceanside, padres (Sr. Goulet), activistas, científicos	Repetición de mediciones de tiempo y promedios	Roles (el que medía el tiempo, el que soltaba el objeto, el que medía la distancia)	Correlación entre la velocidad y el perfil
John, Len et al.; Lisa et al.	Arroyo Henderson	Cinta, cronómetro; muestreador Serber	Profesores, estudiantes de otras clases (Davie), Oceanside	Para el uso del cronómetro, la cinta y el muestreador	Davie y el profesor andamiaban la investigación	Clasificación y frecuencia de los organismos; velocidad de la corriente
Michelle et al.; Kathy et al.; Chris	Arroyo Henderson, orillas	Grabadora, cinta, cámara de fotos	Profesor, Michael, estudiante de doctorado, Oceanside	Descripciones verbales precisas	Roles en el equipo de investigación	Reportaje como de radio, transparencias, página web
Gabe	Otros estudiantes	Cámara de vídeo, cinta	Clase, Oceanside	Fidelidad de la representación, uso de la cámara	Rol como informante del proceso	Proceso de investigación de la salud ambiental
Jodie et al.	Arroyo Henderson	Medidor de oxígeno disuelto, muestreador Serber	Profesor, Michael, Meagan, Oceanside	Repetición de mediciones y promedios, consistencia en el muestreo	Roles en el equipo de investigación	Niveles de oxígeno disuelto, correlaciones entre tipo de organismo y nivel de oxígeno

Esta forma de organizar las clases de ciencias vuelve interesante la participación de otros miembros de la comunidad. Esto es, los estudiantes producen conocimiento en el contexto de una *comunidad* (Fig. 1) que es mucho más grande que la «comunidad del aula», característica de la mayor parte de la teoría y la práctica educativa. Por ejemplo, los miembros del grupo activista dan charlas, participan con los estudiantes en la recolección y la interpretación de los datos y, en el proceso, los ayudan a aprender a usar instrumentos (estos es, *herramientas* en la figura 1) tales como medidores de oxígeno disuelto o muestreadores Serber. Algunos padres ayudan llevando en coche a sus hijos hasta los lugares de investigación y otros proporcionan asistencia a los investigadores estudiantes. Los ancianos aborígenes hacen presentaciones, los estudiantes de secundaria y bachillerato que ya tienen experiencia en investigación ayudan en la enseñanza y varios de mis estudiantes de doctorado ayudan a los niños a formular la investigación y recolectar los datos. Esta participación de los miembros de la comunidad también cambia la *división del*

trabajo tradicional (Fig. 1), que deja la escolarización a los profesores y los administradores escolares y excluye a otros que podrían contribuir válida y competentemente a esta empresa.

Coherente con mi creencia de que la emancipación viene con el control de los medios de producción, los estudiantes en mis clases planean sus propias investigaciones y eligen las *herramientas* (instrumentos, ordenadores o cámara). No es sorprendente que, dentro de cada clase, los estudiantes produzcan diferentes representaciones del arroyo Henderson y sus alrededores, todas legítimas, pero que contribuyen de diferente forma a entender el arroyo y sus problemas. La tabla I muestra algunos de los grupos de estudiantes (*sujeto*), las *herramientas* que usaron, otras personas que participaron con ellos en la actividad (*división del trabajo*) y los *resultados* que produjeron. Dado que los estudiantes controlaban buena parte del sistema de actividad, incluyendo el objetivo de cada investigación en particular y los medios de producción (*herramientas*), estaban generalmente motivados

Tabla II

Lista de las actividades y cosas que una estudiante aprendió durante la salida de campo del 16 de abril de 1998.

- Qué hice y qué aprendí:*
- Investigué la contaminación en tres sitios diferentes.
 - Cómo son los sitios (pasto, árboles).
 - La población de peces disminuyó en los últimos cien años.
 - Pruebas para saber a qué bichos les gusta qué tipo de agua.
 - Trabajar con la universidad y con el instituto de oceanografía.
 - Entrevisté al alcalde y al representante del instituto.
 - Antes era un sitio de desove para el salmón; ahora sólo encontramos un pez.
 - Diferencias en los sitios: arenoso, con pasto o poco profundo.
 - Usé redes, microscopios, analizador de agua, cubos.
 - Medir la velocidad del arroyo.
 - Medir el ancho del arroyo.
 - Medir la temperatura del agua en diferentes puntos.
 - Los peces sobreviven en el agua más fresca.
 - Medir el oxígeno disuelto.
 - Ver de qué estaba hecho el centro de la corriente.
 - Las estructuras que construimos hacen que el agua fluya más rápido.
 - Las granjas usan el agua en primavera y verano.
 - Encontramos libélulas, pejesoles, cangrejos, sanguijuelas, larvas.
 - Encontramos principalmente antrópodos.
 - Los animales deben ser puestos en hielo por la noche; siempre hay que regresarlos al arroyo.

por su trabajo (más que por el profesor) y diseñaron un número creciente de investigaciones. A continuación, presento unos pocos ejemplos del trabajo de los niños en mi clase.

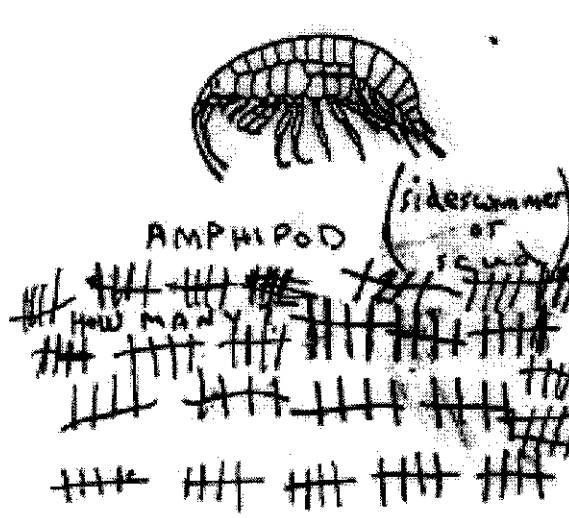
Cuando los estudiantes llevan adelante investigaciones diseñadas por ellos mismos, sus ojos y mentes están completamente activas, productivas y absortas; esto no es diferente de lo que se puede ver cada día en las fábricas en las cuales los trabajadores tienen la oportunidad de contribuir a dar forma a su lugar de trabajo. La tabla II da idea (a través de un extracto de las notas de Shannon) de que la unidad proporciona a los estudiantes ricas experiencias durante una tarde en el campo. Estos extractos atestiguan preguntas, observaciones y futuras direcciones que se abrieron y resumen acciones completadas.

Algunos de los estudiantes están interesados en producir representaciones científicas en forma de gráficas, diagramas y tablas. Damos apoyo a estos estudiantes permitiéndoles aprender el uso de nuevas herramientas en base a sus necesidades reales; encontramos que ésta era la manera mejor y más motivadora para que los estudiantes conduzcan investigaciones muy interesantes y competentes (Roth y Bowen, 1995). Así, cuando los estudiantes en un grupo decidieron que querían estudiar las relaciones entre la frecuencia de determinados invertebrados y la velocidad del arroyo, me aseguré de que usaran los cronómetros apropiadamente. También pregunté a los estudiantes cómo medirían la velocidad de la corriente. Cuando sugirieron medir cuánto tiempo tardaba un ob-

jeto flotante en recorrer una cierta distancia, les pregunté si creían que habría diferencias entre objetos flotantes de distintos materiales (p.e., un palo, un pedazo de poliestireno o una naranja). Aunque quizás inicialmente ellos «adivinan», durante la investigación aprenden que un pedazo de poliestireno puede ser arrastrado por el viento o que una naranja puede quedarse atascada en las partes menos profundas del arroyo. Esto es, en el proceso de investigación, mis estudiantes aprenden mucho sobre cómo hacer una investigación, a pesar de los continuos problemas imprevistos que surgen en el proceso. Finalmente, el grupo registró tiempos y distancias, tomó muestras de los invertebrados en diferentes puntos del arroyo, calculó velocidades, agrupó y contó los microorganismos (Fig. 2) y produjo gráficas lineales para los diferentes organismos (Fig. 3).

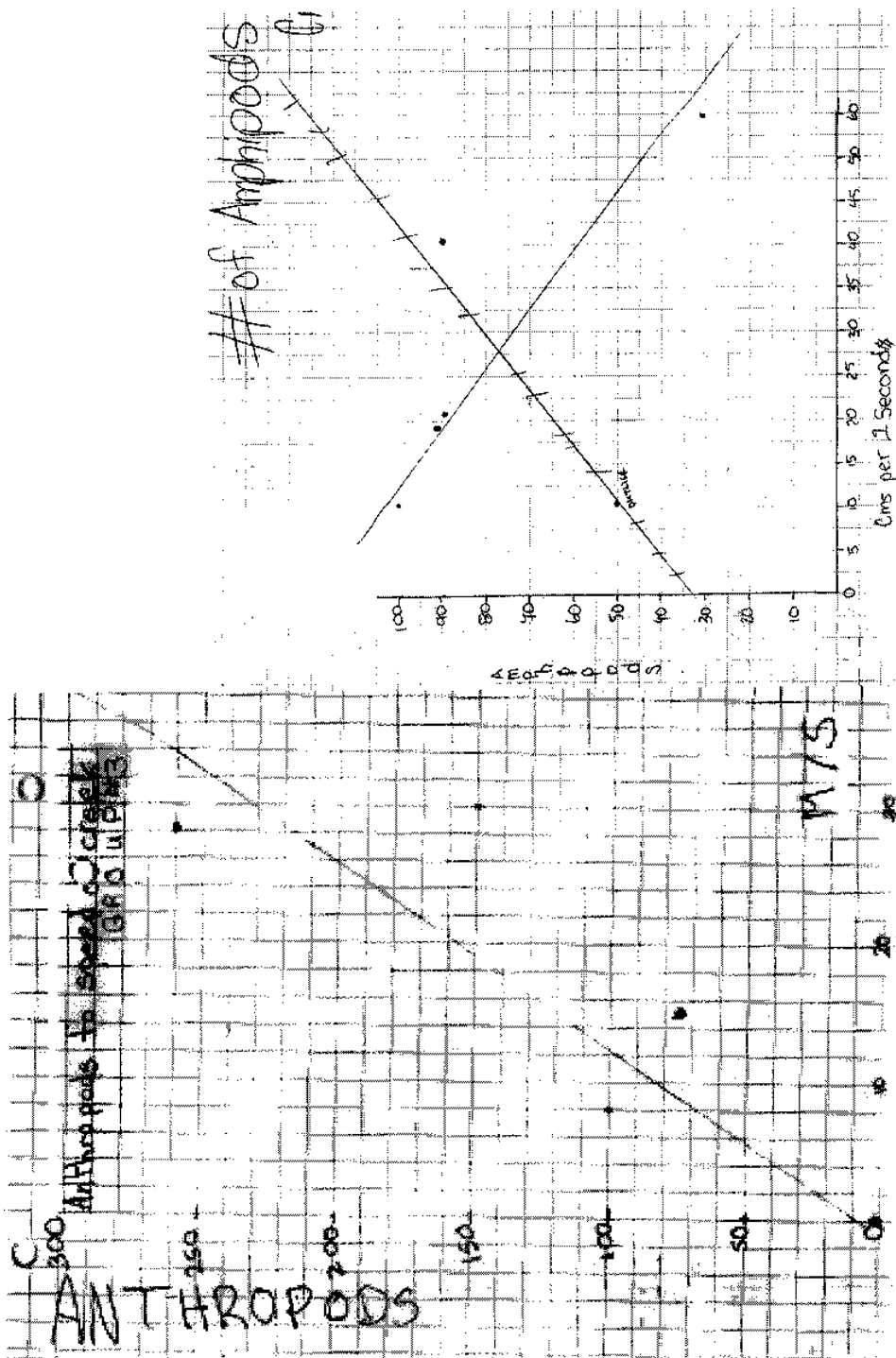
Figura 2

Dibujo de un organismo y muescas usadas para contar el número de organismos que los estudiantes de séptimo grado capturaron en su muestreador Serber.



La figura 2 muestra el dibujo de una vista lateral de un anfípodo. Este dibujo y otros más ayudaron a los estudiantes a clasificar los invertebrados y, como se ve, a contar su frecuencia. Las frecuencias se introdujeron en unas tablas de datos y luego se expresaron gráficamente. Presté asistencia a los estudiantes para interpretar sus resultados, a veces ayudándolos a pensar en sus datos en términos de tendencias y pidiéndoles que dibujaran líneas de tendencia. A veces (figura 3b), los estudiantes hacen interpretaciones que difieren de las que uno de los adultos científicos habría hecho. Estos científicos discutieron con los estudiantes, a menudo usando el concepto de *distribución de los puntos*. Los estudiantes finalmente sacaron conclusiones como: «hay más antrópodos cuando la corriente va más rápido» o «hay menos anfípodos cuando la corriente va más rápido».

Figura 3
Gráficas construidas por estudiantes de séptimo grado para ver si hay correlaciones entre la velocidad de la corriente y el número de organismos atrapados con los muestreadores.



Finalmente, los niños presentaron los resultados de su trabajo en una jornada anual de puertas abiertas organizada por los activistas, dedicada a la salud ambiental en la cuenca del arroyo Henderson. Los niños presentaron descripciones y fotografías en forma de página *web*, en la que los visitantes podían navegar durante la jornada porque había ordenadores disponibles. Otros niños presentaron carteles conteniendo los resultados de sus observaciones o entrevistas a miembros de la comunidad (Tabla III).

Tabla III

Extracto del informe de un grupo de estudiantes.

Arroyo Henderson

Una vez cada dos semanas, los martes, nuestra clase ha estado yendo a tres sitios diferentes del arroyo Henderson: el parque comunitario, la calle Molson y la granja Oceanside. En las diferentes partes del arroyo, examinamos los bichos, porque algunos bichos sólo viven en un pH alto, otros en un pH bajo, y otros en un pH perfecto. Estamos tratando de averiguar cuál es el pH del arroyo Henderson. Con estas pruebas, podemos averiguar cuántos bichos hay en el agua y qué tan sano está el arroyo.

Calle Molson

La calle Molson tiene una cobertura de árboles y plantas del 75%. Durante el verano, hay una cobertura del 100% en algunos puntos. Hay muchos gusanos en el arroyo. Hay un 50% de vegetación caducifolia y un 50% de coníferas. Molson es uno de los sitios más naturales y saludables. En la mitad del arroyo hay árboles y en la otra mitad no hay nada. En el arroyo a la altura de la calle Molson, cuando estuvimos, había huevas de pez. Pusimos una trampa para peces, pero no capturamos ninguno. Molson también tiene un buen hábitat porque tiene todas las cosas que los peces, animales y bichos necesitan para vivir: remansos y una corriente calma.

De la entrevista con el alcalde

Pregunta: ¿Sabía usted que hay muchos menos peces viviendo en el arroyo Henderson?

Alcalde: Sí, estoy al tanto de que hay menos, porque solía ir a pescar al arroyo Henderson cuando era un niño y había muchos peces. Sería bonito tener tantos peces otra vez, para que los niños pudieran ir a pescar.

Cuando esta actividad llegó oficialmente a su fin con la jornada de puertas abiertas, el resultado de su trabajo fue publicado en el periódico local y en la página *web* de los activistas ambientales (Tabla IV). Así, tanto a través de su muestra durante la jornada como de la posterior publicación de sus hallazgos, los *resultados* de la *producción* de los estudiantes entraron en el proceso de *distribución y consumo* (Fig. 1).

«Trabajé duro en ayudar a los miembros de mi grupo con el modelo, con la página *web* y presentando el cartel. En este proyecto, aprendí que hay invertebrados en el arroyo; también aprendí dónde está situado el arroyo Henderson. Antes no sabía que el arroyo que pasa por el parque comunitario estaba conectado al arroyo Henderson. Me di cuenta de que, desde que se publicó el artículo sobre el arroyo Henderson en el *Peninsula News Review*, la gente presta atención al arroyo.» (Brandon)

Para los niños, la unidad de ciencias fue un éxito no porque obtuvieron buenas calificaciones, sino porque la

Tabla IV

Extracto de la página *web* de los ambientalistas, que describe el trabajo de los estudiantes.

El objetivo del estudio [de la escuela de Oceanside] era determinar la salud de la comunidad de invertebrados béticos en tres sitios diferentes, proveer información a la comunidad acerca de la salud del arroyo [Henderson] y proporcionar a los estudiantes de la escuela [de Oceanside] una oportunidad para la investigación ecológica y para la exposición directa a ecosistemas acuáticos. Los datos preliminares sugieren que el sitio justo más abajo del parque [comunitario] es el más saludable. Se necesitarán otros estudios que proporcionen más datos cuantitativos que los que se recogieron en estos días. En conjunto, el estudio fue un éxito en términos de la educación y la experiencia que proveyó a los escolares y a sus padres. También proporcionó una indicación general de la salud de varios puntos. La clase también participó en la jornada de puertas abiertas del arroyo Henderson que se hizo en abril, y han generado una página *web* sobre su propio trabajo en el arroyo Henderson.

unidad fue útil y contribuyó a la vida de la comunidad. Los niños comenzaron a darse cuenta de los problemas del arroyo; también vieron que la comunidad (sus padres y familiares) se fijaban en él. Las acciones de los estudiantes tuvieron más impacto en la comunidad, según me dijeron los activistas, porque su presencia y contribución a la jornada de puertas abiertas atrajo una mayor proporción de miembros de la comunidad (padres, familiares, vecinos) a los eventos.

Para concluir esta sección debo hacer hincapié en que, dentro de la teoría de la actividad, el «consumo» no se refiere solamente al consumo (absorción) de productos del trabajo, sino también a la producción de subjetividad individual (Engeström, 1987; Holzkamp, 1991). Esto es, mientras los estudiantes producen conocimiento en y para la comunidad, se vuelven participantes periféricos legítimos en la vida de la comunidad. Mientras que en la escolarización tradicional los resultados de las pruebas se usan para construir jerarquías de estudiantes (usadas luego para atribuirles varias clases de méritos), mi unidad activista ambiental lleva a la construcción de estudiantes ciudadanos a través de la participación en una actividad relevante para la comunidad. Esto es, mi unidad contribuye tanto a la reproducción de la sociedad como a su renovación (es decir, a su producción). En la producción colectiva de nuevas representaciones y conocimiento, los estudiantes forman identidades mediante el entrecruzamiento de las diferentes entidades de su sistema de actividad para formar un cordón. Los resultados de este cordón son a menudo reatribuidos a los niños, que los ven como *sus* producciones, *sus* logros. De esta manera, las fibras se reatribuyen a sí mismas las propiedades del cordón que ellas ayudaron a construir.

LA (ETNO)BOTÁNICA Y LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA DE LAS COMUNIDADES ABORÍGENES: UN EJEMPLO DE REFLEXIÓN CURRICULAR

Algunos lectores podrían sugerir que el activismo ambiental no funcionaría en su contexto; no quiero afirmar

que funcionaría en cualquier parte. Pero el activismo ambiental no es el único sistema de actividad del cual los niños pueden formar parte y, persiguiendo metas, aprender ciencias. Hay muchos otros contextos que permiten a los estudiantes participar en actividades socialmente relevantes (McGinn y Roth, 1999; Roth y McGinn, 1997). Mis lectores pueden preguntarse cómo seleccionar tales situaciones. Finalmente, siempre corresponderá a los profesores y sus estudiantes identificar contextos adecuados a las necesidades de los participantes. Dado que los detalles varían de un caso a otro, una receta general es casi –si no completamente– imposible. Sin embargo, presento el siguiente ejemplo de mi trabajo reciente para ilustrar el pensamiento curricular que realizo antes de ponerme a enseñar cualquier unidad.

Contexto

Como sociólogo de la ciencia, actualmente formo parte de una gran proyecto de investigación, *Coasts Under Stress* (Costas bajo presión), que involucra a más de sesenta investigadores, principalmente de la Universidad de Victoria y de la Universidad Memorial (St. John's, Terranova). El proyecto involucra a académicos de las áreas de ciencias naturales y sociales, humanidades, economía, derecho y educación, que tratan de trabajar con las comunidades costeras amenazadas principalmente porque sus economías tradicionales basadas en un solo recurso se han visto alteradas en los últimos años. Trabajamos con varias etnias aborígenes para entender sus situaciones (análisis histórico y social) y para buscar nuevas soluciones económicas y ayudar a los jóvenes a aprender y elegir apropiadamente sus carreras.

En una comunidad trabajo con mi colega Nancy Turner, una etnobotánica que ha colaborado extensamente con diferentes etnias de la costa noroeste para identificar y registrar su conocimiento tradicional sobre las plantas (Turner, 1995). Junto con Nancy Turner y los ancianos y maestros de la comunidad aborígena, estoy interesado en articular maneras que permitan a los estudiantes aborígenes recurrir a su conocimiento local heredado sobre las plantas y en proveer un contexto en el cual la ciencia occidental pueda ser útil (si es útil, o puede serlo, se determina en el proceso de investigación junto con la gente del pueblo). Vemos la ciencia occidental sólo como una de las *herramientas* en el sistema de actividad del pueblo aborígena. Esto es, vemos la ciencia occidental como sólo una de las fibras cuya contribución al cordón de la vida aborígena debe ser evaluada en las condiciones concretas de esta etnia. Quiero realizar aquí algunas reflexiones curriculares (desde la perspectiva de la teoría de la actividad) que nos preparan para trabajar *en y con* nuestra comunidad aborígena.

La teoría de la actividad, tal cual se presentó al principio de este trabajo, provee un punto de partida apropiado para pensar sobre la ciencia en el contexto de un currículo que comienza con, y está basado en, el conocimiento ecológico tradicional. Por su importancia para los modos de vida aborígenes, las prácticas de recolección, secado y consumo de algas constituyen un excelente

contexto para diseñar currículo y para evaluar el uso de la ciencia occidental en el contexto de un currículo aborígena⁴. Además, estas prácticas constituyen un contexto para explorar cómo la ciencia occidental puede contribuir al cordón de la vida aborígena. Dado que las algas tienen importantes implicaciones económicas en el mundo occidental –que se ven, por ejemplo, en las deliberaciones acerca de imponer un límite a la recolección aborígena de este importante grupo alimentario en los Estados Unidos y la India–, existe también un potencial para la utilidad de la ciencia occidental⁵.

La importancia de las algas

Las algas han sido y todavía son una parte importante de la vida de los aborígenes en la costa del noroeste (Lewallen, sin fecha; Simonsen et al., 1997). Aunque el siguiente comentario fue hecho por un anciano de una etnia y una comunidad distintas de aquélla con la que Nancy y yo estamos trabajando, testimonia la importancia de las algas para los pueblos de la costa del noroeste:

«Los ancestros cogían algas o *lekes* en esa época (abril-mayo). Las algas crecen en la roca entre la marea alta y la marea baja. Cuando la marea se retira en parte, las algas salen del agua; en algunas partes crecen muy espesas, y por supuesto nuestro pueblo las recolectaba. Recogían *lekes* y las extendían al sol para secarlas. Tenían que tener cuidado de que no lloviera encima de las algas, ya que el agua dulce las podría estropear; se echarían a perder. Si parecía que iba a llover, ellos corrían a tapar las algas o sacarlas de la lluvia. Las algas eran otro alimento nutritivo. Cuando se secaban, se prensaban en bloques; prensadas, compactadas y almacenadas para el invierno. En invierno se sacaban y se usaban en la cocina o se comían directamente como estaban.» (Elliott, 1983, p. 24)

Un alga en particular, el quelpo gigante (*Macrocystis integrifolia* Bory), era importante no sólo por ser comestible, sino también porque el arenque del Pacífico deposita gruesas capas de huevos (la hueva) en ambas caras del alga, que tiene hojas muy grandes. El quelpo se recogía desde canoas y después se ponía a secar sobre las rocas y se liaba en fardos. Durante los festejos, las hojas se cortaban en pedazos y se cocían al vapor (Turner, 1995). Diferentes etnias a lo largo de la costa de la Columbia Británica todavía recogen las hojas de quelpo cargadas de huevos de arenque, pero actualmente, la salazón y el congelado son los métodos predominantes para conservarlo. Otra alga comúnmente usada por los grupos costeros del noroeste es la *Porphyra abbottae* Krishnamurty (Turner, 1995). Ésta también ha sido y aún hoy es recolectada y curada con métodos a menudo específicos de cada etnia, que siempre involucran el secado parcial o total. Durante el invierno, los trozos secos del alga se comen como golosinas, añadidos a guisados hechos de grasa de pescado, cabezas de pescado, mariscos, o son usados por sus propiedades medicinales (laxantes).

Un campamento de algas es un aspecto importante del sistema de actividad relacionado con las algas. Para recolectar las algas, los aborígenes a menudo levantan un campamento cerca de las áreas de recolección. Por un período de tres o cuatro semanas (usualmente relacionado con una luna particular del calendario aborígen), los ancianos de la comunidad van al campamento, recogen las algas y las secan en la playa cerca del campamento. Por ejemplo, los heiltsuk, una comunidad aborígen cerca de la nuestra, reestableció un campamento de algas para mayores cerca de un sitio tradicional donde construyó nuevos edificios para quedarse durante el mes que dura la recolección. Esto permitirá a los mayores de la comunidad, una vez, más recolectar y secar algas en un sitio tradicional que actualmente está muy lejos de su localidad (Bella Bella, en la Columbia Británica). Los heiltsuk están construyendo chozas (como hacen en todo su territorio cerca de las zonas de recolección de alimentos) para disponer de nuevos lugares para reuniones comunitarias y eventos significativos. Dado el aspecto central de las algas en las vidas de estas etnias, los campamentos de algas tienen un gran potencial para revivir costumbres y prácticas tradicionales entre los aborígenes:

«Estimulando a nuestra juventud para que recuperen su cultura y vuelvan a su tierra tradicional, esperamos abrir sus ojos y sus corazones a la responsabilidad de cuidarla y preservarla para las generaciones que vendrán. Estamos dedicados a ayudar a nuestros jóvenes a que se vean a sí mismos y vean su entorno de una nueva manera.» (Elroy White, en *Ecotrust Canada*, 1999, p. 10)

La capacidad de recuperar su herencia cultural combinando el conocimiento tradicional y el occidental (*herramientas*) permitirá a esta gente evaluar el paisaje en sus territorios, y establecer planes de desarrollo basados en la conservación, que les posibiliten gestionar sus recursos y construir comunidades confiablemente prósperas (*Ecotrust Canada*, 2000).

Reflexión curricular

Los lectores no se sorprenderán cuando diga que Nancy Turner y yo creemos que el campamento de algas es un sitio ideal para reunir el conocimiento tradicional (casi olvidado) sobre las algas, sus usos, su recolección y su conservación. Dado que la recolección de las algas es una actividad importante en la vida de los pueblos aborígenes de la costa del noroeste, la participación periférica legítima en las prácticas asociadas también constituye un contexto en el cual los estudiantes aprenden contribuyendo a la producción de alimentos (más que concentrándose en el aprendizaje). Estos alimentos se vuelven parte de las actividades de la *comunidad* relacionadas con el *consumo*, la *distribución* y el *intercambio* (Fig. 1). El campamento de algas y la recolección de algas van asociados a reglas y tabúes (*reglas*). Los niños de escuela, por tanto, aprenden esas reglas no de forma abstracta en un aula, ni a través del discurso del maestro o la lectura de libros, sino a través de las prácticas y la necesidad de operar un campamento de algas.

Participando en el campamento, los niños pueden verse a sí mismos como parte de un todo más amplio, como fibras (*sujetos*) que contribuyen a la fuerza del cordón colectivo (su *comunidad*). Las *herramientas* principales, los *objetos*, la *comunidad*, las *reglas* y la *división del trabajo* de los niños, y las relaciones mediadas por estas entidades residen en el contexto aborígen de esta gente. Hace falta determinar si la ciencia occidental puede ser una fibra que contribuya al cordón tejido por este sistema de actividad, que ya tiene una larga historia que ha sido interrumpida. Creemos que sí puede contribuir. Pero, para ello, la ciencia occidental debe seguir y honrar las *reglas* existentes que median las interacciones dentro de las *comunidades* nativas. Por ejemplo, el modo predominante de enseñanza en las comunidades nativas es la narración de historias. Así, Glen Aikenhead y los profesores aborígenes que trabajan con él introducen las teorías de la ciencia occidental como historias en el currículo, basado en la vida de los aborígenes (<http://capes.usask.ca/ccstu>). Como historia, la ciencia occidental se convierte en una fibra (*herramienta*) entre otras, que resulta útil cuando hay asuntos problemáticos o controvertidos. Al mismo tiempo, como historia dentro de otra historia, la ciencia occidental renuncia a la pretensión hegemónica tradicional de que es la única autoridad legítima de conocimiento. En el contexto de un cordón de vida aborígen, la historia de la ciencia occidental pasa a ser una historia entre muchas, o una fibra entre todas las fibras que componen el cordón. Creo que una aproximación como ésta es más apropiada que el concienzudo reemplazo del conocimiento tradicional –siempre asociado a valores– por una forma de conocimiento que está continuamente en debate y es muchas veces cuestionada (p.e., los debates actuales sobre organismos genéticamente modificados). Los niños aborígenes continúan viviendo sus vidas y realizando tareas relevantes para la comunidad, pero tienen la oportunidad de evaluar la utilidad del nuevo tipo de historias en los contextos que son centrales en su forma de vida.

CODA

En este artículo, proporciono una nueva forma de pensar la educación científica. Fundamentalmente, creo que los estudiantes deberían aprender ciencias mientras participan en sistemas de actividad cotidianos tales como comprometerse en activismo ambiental, recolectar algas, cuidar el jardín, crear espacios verdes, y así sucesivamente. Estas actividades son auténticas porque no han sido construidas con el propósito de la escolarización y sus mecanismos de filtro y, por tanto, son reales, llevadas a cabo por todo tipo de gente común más que por expertos anónimos. La teoría de la actividad es la aproximación más apropiada y completa para teorizar sobre la *producción*, el *consumo*, la *distribución* y el *intercambio* de objetos y conocimiento. Dos ejemplos de mi propio trabajo muestran cómo práctico y planifico «la educación científica en y para la comunidad».

En mi primer ejemplo, los estudiantes participaban en actividades socialmente motivadas y relevantes; los *ob-*

jetos que orientaban las acciones de los estudiantes eran los mismos que orientaban las acciones de otros miembros de la *comunidad*. Los estudiantes (*sujetos*) usan muchas de las mismas *herramientas* (medidor de oxígeno disuelto, criadero) que son usadas por otras personas en su *comunidad*, que participan en activismo ambiental y en la protección del salmón. Los individuos de dentro y fuera de la escuela interactúan, proporcionando así oportunidades para aprender. Las acciones llevadas a cabo en la escuela comparten muchos, si no todos, los aspectos con las acciones cotidianas, no sólo relacionadas con la comprensión sino también con el cambio de la salud ambiental en la comunidad. En mi segundo ejemplo, el rol de la ciencia occidental en relación con otras historias que comunican conocimiento, ha de ser establecido en el contexto de un sistema de actividad aborigen –a fin de no continuar con el colonialismo de estilo occidental que todavía triunfa en muchas partes del mundo. Creo que el cambio ha de venir de dentro de las comunidades, en forma de una nueva conciencia que permita a los miembros abrir nuevas posibilidades de acciones que se pongan en práctica en una praxis concreta y relevante para la comunidad.

Los distritos escolares, las escuelas y los profesores deberán abandonar su control sobre el objeto de las tareas, los medios de producción y otros aspectos del sistema de actividad –a menos que quieran reproducir una sociedad no equitativa con todos sus problemas, incluida la crisis en la educación científica–. Cuando comencé mi proyecto de activismo en la ciencia escolar, todavía creía que todos los estudiantes debían participar en sus actividades en formas que favorecieran prácticas cuasi científicas. Mi imagen de la ciencia escolar estaba basada en la ciencia de los científicos (Roth, 1995); esto es, todavía estaba sujeto a la ilusión de que un aprendizaje verdaderamente expansivo se podía legislar y planificar administrativamente (Holzkamp, 1992). Pronto me di cuenta de que pedir a todos los estudiantes que midieran series de variables y representaran correlaciones en gráficos cartesianos o histogramas excluía a grupos particulares de estudiantes, como las jóvenes y los aborígenes. A pesar de que estos grupos participaban en la recolección de datos, los posteriores análisis de éstos y las actividades enfocadas en las representaciones matemáticas no los convocaban. No controlar los medios de producción (herramientas, figura 1) limita a los estudiantes. Tomando ejemplo de otras actividades en la comunidad, en las cuales se usan legítimamente diferentes formas representacionales (Lee y Roth, 2000a), comencé a apoyar a los estudiantes para investigar en sus propios términos, elegir su recolección de datos y las herramientas gráficas que más se ajustaran a sus intereses y necesidades. Comenzaron a proliferar descripciones grabadas en audio, registros en vídeo de la cuenca y de las actividades de los estudiantes, fotografías, dibujos y otras representaciones. Este cambio proveyó formas de conocer y de aprender que llevaron a una participación creciente de estudiantes previamente excluidos. Esto también significó que yo tuve que abandonar mi concepción tradicional de lo que son la ciencia y la educación científica en mi comunidad.

Redefinir la alfabetización científica de forma que los estudiantes comiencen a participar y a contribuir en la comunidad podría tener consecuencias políticas considerables. Así, cuando los estudiantes construyan hechos sobre la contaminación ambiental y además nombren y publiquen los nombres de individuos, grupos y compañías que contaminan, las comunidades comenzarán a cambiar. Por ejemplo, un estudiante de octavo grado quedó tan inspirado por las investigaciones de mis estudiantes de séptimo grado que comenzó a investigar la cantidad de bacterias coliformes, un contaminante biológico, en varias zonas de la corriente. Su informe especificaba lugares particulares de contaminación y nombraba las granjas que contribuían significativamente a los niveles de contaminación. El estudiante concluyó que dos granjas en particular constituían la mayor contribución a la cantidad de coliformes. Presentó estos resultados no sólo en las ferias de ciencias de la escuela y de la región, sino también en la jornada de puertas abiertas organizada por un grupo de activistas ambientales. No tengo conocimiento de que los granjeros hayan protestado. Lo que es evidente es la producción de conocimiento (el *resultado* se vuelve *herramienta*) y su distribución en la *comunidad*, y las implicaciones potenciales para la presión política sobre los granjeros e industriales para cambiar sus prácticas actuales. Mi propuesta es desatar el potencial social que subyace a permitir que las generaciones en edad escolar participen legítimamente en la vida social cotidiana y así expandan el potencial de acción de *todos* los ciudadanos en un mundo crecientemente complejo. Siguiendo a Marx, quiero sugerir que, hasta ahora, los estudiantes de ciencias *sólo han interpretado el mundo de diversas maneras; la cuestión es cambiarlo*. Como didactas de las ciencias, tenemos en nuestras manos la posibilidad de hacer de éste un mundo mejor, en parte permitiendo a nuestros estudiantes de todas las edades ejercer su derecho a la ciudadanía. Comencemos a hacerlo.

AGRADECIMIENTOS

En este artículo, utilizo datos recolectados con el apoyo de los Proyectos 410-99-0021 y 412-1999-1007 del Social Science and Humanities Research Council de Canadá. Doy las gracias a Nancy Turner, que ha sido una gran maestra y guía en mi búsqueda por entender a la gente y la cultura de la comunidad aborigen con la cual trabajamos.

NOTAS

* Ponencia presentada en el VI Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias (Barcelona, 12 al 15 de Septiembre de 2001). Ha sido traducida del inglés por Agustín Adúriz-Bravo.

¹ Los «puntos de paso obligado» son sitios de poder o puntos de presión en los procesos sociales (Latour, 1987). Quienes se ubican en esos sitios o puntos detentan considerable poder.

² Lave y Wenger (1991) señalan que la condición de ser «periférico» es positiva, opuesta a la falta de relación y a la irrelevancia respecto de la actividad en curso. Cuando se permite ser «periférico», esta condición se asocia con una

forma de ganar acceso a recursos de conocimiento a través de la creciente participación en actividades relevantes.

³ He escrito extensamente sobre la «coenseñanza», una forma de aprender a enseñar a través de enseñar codo con codo con alguien (Roth y Tobin, 2001). La «coenseñanza» está, como este trabajo, basada en la teoría de la actividad.

⁴ Diferentes clases de algas han sido –y todavía son– plantas importantes en la vida de muchos pueblos aborígenes en todo el mundo. Aquí me concentro en la costa noroeste del Pacífico, particularmente en la Columbia Británica. Sin embargo, aborígenes australianos como los ngarrindjeri también usaban las algas

para construir, entre otras cosas, refugios (<http://www.tafe.sa.edu.au/institutes/onkapinga/about/abhist.shtml>). Un buen punto de partida para los lectores interesados son las páginas *web* sobre algas: <http://www.seaweed.net> y <http://seaweed.ucg.ie>. Hay disponible una base de datos en: <http://www.algaebase.com>.

⁵ En la India, estas discusiones aparecen citadas en el informe de un taller (<http://sdnp.delhi.nic.in/nbsap/ecoregions/eastcoast.html>). En los Estados Unidos, el estado de una ley que levanta algunas restricciones sobre la recolección de algas está contenido en el Bill LD#053, cuyo progreso puede seguirse en: <http://janus.state.me.us/legis/status/gateway.asp?LD=553>.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOURDIEU, P. (1980). *Le sens pratique*. París: Les Éditions de Minuit.
- ECOTRUST CANADA (1999). *1999 annual report*. Vancouver: Autor. <http://www.ecotrustcan.org>.
- ECOTRUST CANADA (2000). *2000 annual report*. Vancouver: Autor. <http://www.ecotrustcan.org>.
- ELLIOTT, D. (1983). *Saltwater people*. Central Saanich: School District, 63.
- ENGSTRÖM, Y. (1987). *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki: Orienta-Konsultit.
- EPSTEIN, S. (1995). The construction of lay expertise: AIDS activism and the forging of credibility in the reform of clinical trials. *Science, Technology & Human Values*, 20, pp. 408-437.
- HAZEN, R.M. y TREFIL, J. (1991). *Science matters: Achieving scientific literacy*. Nueva York: Doubleday.
- HODSON, D. (1999). Going beyond cultural pluralism: Science education for sociopolitical action. *Science Education*, 83, pp. 775-796.
- HOLZKAMP, K. (1991). Societal and individual life processes, en Tolman, C.W. y Maiers, W. (eds.). *Critical psychology: Contributions to a historical science of the subject*, pp. 50-64. Cambridge: Cambridge University Press.
- HOLZKAMP, K. (1992). Die Fiktion administrativer Planbarkeit schulischer Lernprozesse, en Braun K.H. y Wetzels, K. (eds.). *Lernwidersprüche und pädagogisches Handeln*. Marburg: Verlag Arbeit und Gesellschaft.
- JENKINS, E. (1999). School science, citizenship and the public understanding of science. *International Journal of Science Education*, 21, pp. 703-710.
- KOLSTOE, S.D. (2000). Consensus projects: Teaching science for citizenship. *International Journal of Science Education*, 22, pp. 645-664.
- LATOUR, B. (1987). *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Milton Keynes: Open University Press.
- LAVE, J. y WENGER, E. (1991). *Situated Learning. Legitimate peripheral participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- LEE, S. y ROTH, W.M. (2001a). How ditch and drain become a healthy creek: Representations, translations and agency during the re/design of a watershed. *Social Studies of Science*, 31, pp. 315-356.
- LEE, S. y ROTH, W.M. (2001b). Learning science in the community, en Roth, W.M. y Désautels, J. (eds.). *Science education for/as socio-political action*, pp. 37-64. Nueva York: Peter Lang.
- LEONT'EV, A.N. (1978). *Activity, consciousness and personality*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- LEWALLEN, J. (sin fecha). A healing food for our era: The aboriginal native seaweed connection. <http://www.seaweed.net/words/healing.html>.
- MAO ZE DONG (1967). *Selected works*, 1. Pekín: Peking Foreign Press.
- MARX, K. (1969). Theses on Feuerbach, en Marx, K. y Engels, F. *Selected works*, 1, pp. 13-15. Moscú: Progress.
- MCDERMOTT, R.P. (1993). The acquisition of a child by a learning disability, en Chaiklin, S. y Lave, J. (eds.). *Understanding practice: Perspectives on activity and context*, pp. 269-305. Cambridge: Cambridge University Press.
- MCGINN, M.K. y ROTH, W.M. (1998). Assessing students' understandings about levers: Better test instruments are not enough. *International Journal of Science Education*, 20, pp. 813-832.
- MCGINN, M.K. y ROTH, W.M. (1999). Towards a new science education: Implications of recent research in science and technology studies. *Educational Researcher*, 28(3), pp. 14-24.

- RABEHARISOA, V. y CALLON, M. (1999). *Le pouvoir des malades*. París: Écoles de Mines.
- ROTH, W.M. (1995). *Authentic school science: Knowing and learning in open-inquiry laboratories*. Dordrecht: Kluwer.
- ROTH, W.M. (1998). Situated cognition and assessment of competence in science. *Evaluation and Program Planning*, 21, pp. 155-169.
- ROTH, W.M. (en prensa). Beyond schooling. *Canadian Journal of Science. Mathematics and Technology Education*.
- ROTH, W.M. y BOWEN, G.M. (1995). Knowing and interacting: A study of culture, practices, and resources in a Grade 8 open-inquiry science classroom guided by a cognitive apprenticeship metaphor. *Cognition and Instruction*, 13, pp. 73-128.
- ROTH, W.M. y BOWEN, G.M. (2001). Professionals read graphs: A semiotic analysis. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32, pp. 159-194.
- ROTH, W.M. y LEE, S. (2001a). Breaking the spell: Science education for a free society, en Roth, W.M. y Désautels, J. (eds.). *Science education for/as socio-political action*, pp. 65-91. Nueva York: Peter Lang.
- ROTH, W.M. y LEE, S. (2001b). *School science in and for the community: An activity theoretical perspective*. Documento presentado en la reunión anual de la American Educational Research Association. Seattle.
- ROTH, W.M. y MCGINN, M.K. (1997). Deinstitutionalizing school science: Implications of a strong view of situated cognition. *Research in Science Education*, 27, pp. 497-513.
- ROTH, W.M. y MCGINN, M.K. (1998). Science education: / lives/work/voices. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, pp. 399-421.
- ROTH, W.M. y TOBIN, K.G. (2001). *At the elbow of another: Learning to teach by coteaching*. Nueva York: Peter Lang.
- SAXE, G.B. (1991). *Culture and cognitive development: Studies in mathematical understanding*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- SIMONSEN, B.O., PEACOCK, S., HAGGERTY, J., SECTER, J. y DUERDEN, F. (1997). *Report of the first nations cultural heritage impact assessment and consultation*. <http://www.pearson-college.uwc.ca/pearson/racerock/rreo/rrefer/-bamber/toc1.htm>.
- TURNER, N. (1995). *Food plants of coastal first peoples*. Vancouver: University of British Columbia Press.
- WELZEL, M. y ROTH, W.M. (1998). Do interviews really assess students' knowledge? *International Journal of Science Education*, 20, pp. 25-44.