

# Una opción a la matemática, física y química

---

## A proposal for mathematics, physics and chemistry

---

*Esperanza Laura Alcon*

Investigadora

Instituto Internacional de Integración

Convenio Andrés Bello

elaura@iicab.org.bo

### RESUMEN

En el presente artículo se analiza algunos elementos que afectan al proceso de aprendizaje-enseñanza de la matemática, la física y la química, para lo cual se realiza una propuesta muy genérica acerca del tratamiento de estas disciplinas desde un enfoque interdisciplinario e investigativo que permitirá contribuir al modelo socio-comunitario productivo que busca la nueva ley de educación en Bolivia.

**Palabras clave:** Educación contextualizada, interdisciplinariedad, evaluación, investigación.

### ABSTRACT

This article analyzes some elements that affect the progress of the learning-teaching process of mathematics, physics, and chemistry; to that effect, we forward a generic proposal about the treatment of these disciplines from an interdisciplinary and investigative approach. It will permit us to make a contribution to the socio-communitarian and productive model of new Bolivian education law.

**Keywords:** Contextualized education, interdisciplinarity, evaluation, research.

## **Introducción**

A comienzos de este nuevo siglo XXI, cuando se desarrollan diferentes procesos de cambio social, político, económico y cultural en América Latina y el Caribe, la educación pasa a la vanguardia de todos los procesos de cambio social. En el Estado Plurinacional de Bolivia, la educación está orientada a la búsqueda de nuevos mecanismos que posibiliten el fortalecimiento de una educación promotora del espíritu crítico, reflexivo, dinámico, creativo y productivo. La educación busca romper con las prácticas tradicionales que han limitado la libertad e independencia, por la cual se ha luchado durante siglos y se continúa luchando a partir de las nuevas políticas de gobierno.

Actualmente, la educación de las/os bolivianas/os está viviendo cambios trascendentales con la nueva Ley de Educación Avelino Siñani - Elizardo Pérez, inspirada en la escuela-ayllu de Warisata. La nueva ley en esencia representa la lucha por un nuevo modelo educativo socio-comunitario productivo, que propone una educación inclusiva, liberadora, descolonizadora, emancipadora, democrática, equitativa, intercultural, plurilingüe y productiva, para la formación integral de ciudadanos solidarios, cooperativos, colaborativos, con el propósito de llegar al vivir bien de todas y todos, en armonía con la naturaleza, el cosmos y todo lo que nos rodea.

Este es el primer paso para una transformación educativa de fondo y una gran repuesta al sistema educativo capitalista, centrado en una educación individualista, competitiva, proyectada para la minoría de la población, enmarcada en una ideología en que unos son los que producen el conocimiento verdadero y absoluto, otros los que lo transmiten y los estudiantes -tipificados como fuentes vacías-, los que reciben y consumen esos conocimientos. Este tipo de educación ha promovido y promueve la desigualdad social, la destrucción de la naturaleza y la homogenización de la cultura; tiene como propósito seguir reproduciendo la ideología dominante y opresora. En este sentido, el enfoque pedagógico socio-comunitario productivo de la nueva ley representa una ruptura con todo el quehacer educativo anterior, por los nuevos puntos de partida que asume para la educación.

### **1. La matemática, la física y la química**

Se intenta partir de una realidad más que verdadera, a la que debe responder un currículo socio-comunitario productivo. La mayoría de las/os estudiantes bolivianas/os e incluso de otros países detestan el estudio de las matemáticas, la física y, medianamente, de la química, porque les ha causado muchos problemas e inconvenientes en la vida. ¿Cuáles son los problemas de esta realidad? Se sabe que la matemática y la física son parte de la vida cotidiana, de los saberes populares y ancestrales y de otros presentes en la cotidianidad (ejemplos: las ruinas de Tiwanaku,

el puente Méndez, Sucre-Potosí y el puente de Alamillo-Sevilla), entonces: ¿por qué existe ese divorcio de las ciencias con la realidad, es decir, la llamada descontextualización? Las ciencias surgieron para responder a las necesidades del hombre; por ejemplo, en el periodo de los primitivos, era elemental saber *contar*. Por tanto, en la actualidad estas ciencias deberían ser parte de la educación en y para la vida, y no seguir siendo unas ciencias abstractas. Finalmente habría que cuestionarse ¿cómo lograr que el estudio de estas ciencias realmente sea significativo, productivo en y para la vida del estudiante/comunidad?

Estas interrogantes, en cierta medida tal vez tengan que ver con la planificación vertical, ya que ésta lleva a una educación descontextualizada de la experiencia personal y del conjunto de la comunidad, que no toma en cuenta ni las características, ni los intereses, ni los efectos que suceden fuera de la planificación de los procesos de aprendizaje-enseñanza (currículum oculto, Sacristán). Las experiencias van demostrando que muchas veces esos efectos que suceden al margen de las planificaciones son más significativos para la vida de los estudiantes, además promueven procesos dinámicos que no están determinados por la secuencia de los contenidos y objetivos.

*Figura 1*



*Fuente:* Elaboración propia

Otra de las justificaciones tendría que ver con el planteamiento de David Mora, quien dice:

...será necesario cambiar, por una parte, la *concepción que se tiene de las matemáticas*, su educación y *relación con el mundo* y, por otra, iniciar un proceso

profundo de *reflexión y transformación* de las *prácticas educativas* existentes en cuanto a la educación productiva, comunitaria y liberadora. (Mora, 2010: 19; cursivas nuestras)

La concepción de la física, la química y de otras ciencias está enmarcada en esa linealidad, por eso hay que cambiar la concepción que se tiene de las matemáticas. Es decir, en el imaginario de las personas, las matemáticas son abstractas, absurdas de aprender y nada aplicables; pero la figura 1 demuestra todo lo contrario. Ahí podemos visualizar tanta matemática, como física y química. Por ejemplo, en el tema de matemáticas, vemos unos comerciantes que hacen uso de una variedad de cálculos. El señor que está construyendo debe saber ángulos, la medición de la altura, el tamaño del cuarto, si el cuarto será circular, cuadrado o triangular, el tipo de techo, la pendiente que debe tener el techo, la longitud de las vigas, etc. Con relación a la física, también se puede observar varios aspectos: las personas se desplazan a una determinada velocidad, entonces podemos considerar la dirección y sentido con que se desplazan, el MRU<sup>1</sup>, MRUV<sup>2</sup>, la energía que quema para desplazarse, etc. En química, por ejemplo la siembra de algún producto, las semillas, la preparación de los suelos, el abono, el control de malezas (glifosato, fenoxi), las lluvias ácidas, etc. Por tanto, estos ejemplos nos están mostrando la variedad de riqueza que tiene nuestro entorno social y natural, de la que podemos aprender varios aspectos relacionados con la vida cotidiana; es decir, como docentes, se necesita cambiar la mentalidad colonizada sobre la concepción de cada una de estas ciencias.

Para el desarrollo curricular y la planificación de las actividades en estas ciencias y otras, habría que replantear este tipo de preguntas, para poder reflexionar sobre las prácticas cotidianas, que posteriormente nos permitirían brindar una formación integral, que responda verdaderamente a los intereses, motivaciones, necesidades y potencialidades de los estudiantes y la comunidad. Pero, a la vez, se tendría que pensar y repensar cómo hacer un proceso interactivo, dinámico, flexivo, crítico, creador, altamente democrático y, sobre todo, productivo, que sea de relevancia e importancia social, en el que deben estar presentes los espacios de diálogo, participación y acción sobre las prácticas educativas y teóricas. Donde hay más riqueza de aprendizaje es dentro y fuera de los centros de aprendizaje-enseñanza; el ejemplo anteriormente descrito lo ha demostrado.

Por lo tanto,

la comprensión de aprendizaje que aquí mencionamos reclama proyectos más amplios (diseñados a partir de la consideración de las características intelectuales del sujeto, su grado de desarrollo, sus antecedentes, su experiencia previa, sus condicionamientos ambientales, sus motivaciones

---

1 MRU, movimiento rectilíneo uniforme.

2 MRUV, movimiento rectilíneo uniformemente variado.

más profundas, las relaciones que mantiene con los demás), como forma de favorecer experiencias de aprendizaje significativo que encuentran la fuerza de motivación en la significación personal que para cada uno tienen. (Sacristán, G. 2009: 112).

En este marco, se hace necesario el trabajo acerca de algunas concepciones consideradas en la actualidad, que pueden apoyarnos para pensar y actuar de una manera distinta a la que venimos haciendo en nuestras prácticas cotidianas.

***Didáctica crítica de las matemáticas.*** Al respecto, David Mora (2009: 40) toma en cuenta una serie de didactas de la matemática, reconocidos internacionalmente (Freudenthal 1973; Keitel, Kotsmam y Skovsmose, 1993; Niss, 1987; Noss, 1990; Witmann, 1991 y 1992; Kaiser, 1999; Niss, 1999; Bishop, Clements; Keitel, Van Kilpatrick y Laborde, 1996; entre muchos otros). Ellos sostienen que se puede tomar seriamente en consideración la tarea específica de la *didáctica de la matemática*, si el desarrollo y la investigación de técnicas, métodos, estrategias y materiales instruccionales para el tratamiento de conceptos matemáticos teóricos, correspondientes al campo de la matemática escolar y su implementación práctica, tienen como objetivo básico el mejoramiento de la enseñanza real de la matemática en sí misma, así como su incorporación al proceso de aprendizaje y enseñanza de un uso socialmente significativo para la población. Además señalan que se puede conformar un núcleo para la didáctica de la matemática que afecte directamente a todos los profesores e/o investigadores de la matemática escolar. A este núcleo pertenecen, entre otros, los siguientes aspectos:

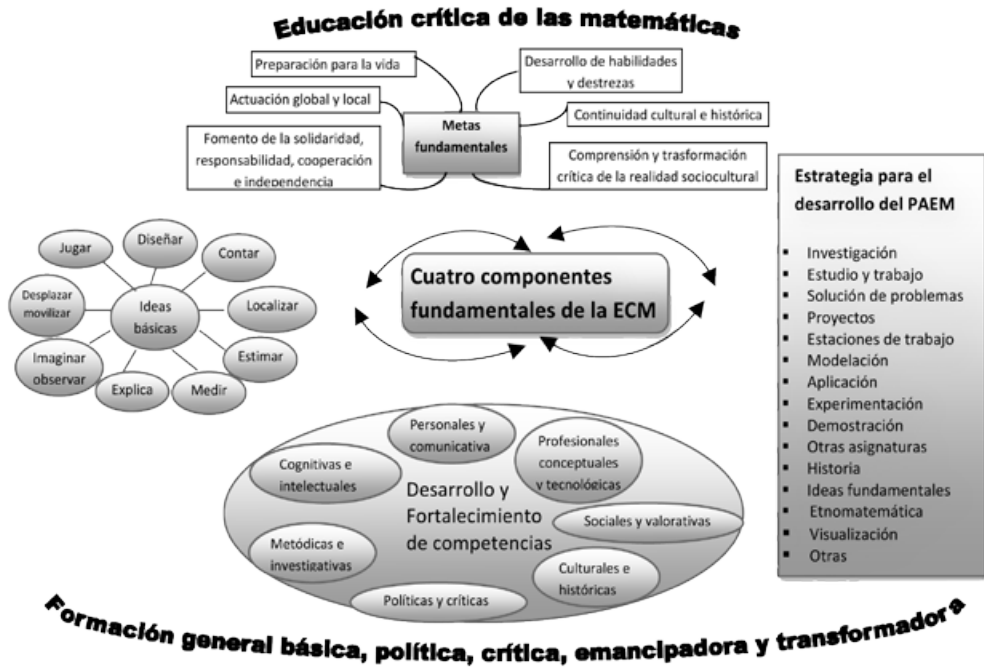
- a) El desarrollo de teorías locales sobre la didáctica de la matemática, las cuales podrían estar constituidas por la solución de problemas (Polya, 1978 y Skovsmose, 1994b y Mora, 1998a), formas de demostración en matemática escolar, ejercitación, visualización de conceptos matemáticos, la enseñanza de la matemática orientada por las aplicaciones y el modelaje.
- b) La puesta en práctica de métodos de enseñanza para la matemática tales como “aprendizaje y enseñanza en estaciones”, “los proyectos de dos horas de clase, un día, una semana o más”, “el plan semanal”, “las salidas de campo” y otros.
- c) La profundización en la enseñanza de contenidos matemáticos elementales y la diferenciación tanto interna como externa de todos los contenidos matemáticos escolares, con la finalidad de hacerlos asequibles a la mayoría de los niños y jóvenes.
- d) Preparación de actividades y métodos de enseñanza dentro de una concepción integradora de la educación, donde se tome en cuenta las diferencias entre los sexos, los alumnos con dificultades visuales o con dificultades de aprendizaje en general.

- e) Examen crítico de los contenidos matemáticos en todos los niveles del sistema educativo, en el marco de los objetivos generales de la educación matemática.
- f) La investigación de las condiciones y presupuestos básicos de aprendizaje y del desarrollo del proceso de enseñanza y aprendizaje.
- g) El desarrollo de unidades de enseñanza significativas y la investigación de su factibilidad y pertinencia práctica en condiciones reales de aprendizaje y enseñanza en el respectivo contexto sociocultural.
- h) El desarrollo y la evaluación del currículum de matemática desde una perspectiva integral de la educación en todos los niveles del sistema educativo.
- i) El desarrollo de métodos para la preparación, implementación, observación y análisis de la enseñanza de la matemática en los diferentes niveles educativos.
- j) La búsqueda de una educación matemática que esté a favor de los intereses de los aprendices y de las transformaciones sociales necesarias.
- k) Indagación sobre las diferentes tendencias para el tratamiento de la matemática escolar, tales como la etnomatemática, la sociomatemática, la enseñanza crítica de la matemática. (Mora, D. 2009: 40-41).

Aquí se hace referencia a componentes fundamentales de la pedagogía y la didáctica para el trabajo de las matemáticas, que también podemos tomarlos para la física, la química y otras disciplinas. Lo que le sucede muchas veces a los matemáticos y físicos es que no toman en cuenta, ni reflexionan sobre esos elementos a la hora de la planificación de las actividades; por eso, podemos señalar que el desprecio de los estudiantes a estas ciencias también se debe a una falla *metodológica*. En ese sentido, son interesantes los elementos que nos facilita Mora para la reflexión y debate sobre cada uno de esos planteamientos, porque encierran todo un proceso organizativo, de planificación y, por supuesto, de ejecución. Está demás decir que todo debe tener correspondencia con la nueva ley de educación boliviana.

Mora (2005: 145-146) plantea un esquema novedoso, claro y preciso acerca de la educación crítica de la matemática (ECM). Como bien dice él, este modelo pedagógico y didáctico está basado en los postulados de la pedagogía crítica, la didáctica dialéctica y la ECM, con la finalidad de lograr una educación liberadora y emancipadora, tal como señalan con frecuencia Paulo Freire (1993, 1997 y 1998) y Theodor Adorno (1973 y 1998).

Figura 2.



Fuente: Mora, 2005.

Con el ánimo de ampliar el esquema elaborado para la ECM a otras disciplinas, se puede decir que de los cuatro componentes planteados en él, uno de ellos en particular corresponde a la matemática: el de “ideas básicas”. No abarca los cuatro porque muchas de esas ideas básicas, como él las llama, y que para nosotros más bien serían acciones o habilidades, también son parte de otras disciplinas, por ejemplo de la física, de la química, de las ingenierías, de la arquitectura, etc. Los otros tres componentes pueden ser trabajados en varias de las disciplinas, porque ellas no corresponden solamente a las matemáticas. La misma es un gran aporte para el diseño y desarrollo curricular contextualizado, la elaboración de actividades, la elaboración de libros de texto y otro tipo de materiales educativos. Por ejemplo, si se toma un tema cualquiera de física de la Figura 7, para trabajarlo bajo el modelo elaborado por Mora, estaríamos desarrollando una actividad bastante dinámica, investigativa y participativa.

Otro de los aspectos que consideramos importante es reflexionar sobre cómo consideramos a las/os estudiantes y a la comunidad. Al respecto, Oscar G. Barrientos habla acerca de la *psicología humanista*, “con la finalidad de centrar su atención en los seres humanos como totalidades dinámicas” (Barrientos, 2010: 25). Continúa diciendo que el humanismo trata de explicar la naturaleza del ser humano y centra su estudio

en los procesos integrales de la persona como entidad única y total. La personalidad humana es concebida como una organización en continuo desarrollo.

Barrientos recupera en su libro las *características del movimiento humanista* de Segura (2003: 60):

- Considera al hombre en su singularidad. La persona es singular e irreplicable, y por tanto sólo puede estudiarse como unidad.
- Se concibe la autodeterminación como mecanismo fundamental del desarrollo psicológico. La persona es responsable de sus actos y de su futuro, por lo que en cierto sentido esta psicología representa también una psicología de la voluntad.
- Enfrenta el estudio de la personalidad predominantemente con un enfoque fenomenológico, se enfoca en las experiencias y percepciones del sujeto.
- El papel activo del ser humano hace a éste un sujeto con orientaciones y proyectos futuros bien definidos, que estructura y actualiza en su comportamiento cotidiano, de acuerdo a los eventos actuales. (Barrientos, 2010: 26)

La primera afirmación, acerca de que la persona es única e irreplicable, indica que no pueden existir solamente programas o actividades globales, sino que en cierto momento se hace necesario considerar actividades personalizadas dentro de lo global. El segundo aspecto nos lleva a pensar y reflexionar sobre nuestras actividades: si ellas contribuyen a la autodeterminación, a la autonomía del aprendizaje o, caso contrario, si contribuyen más bien a la alienación y dependencia del conocimiento científico. Respecto al tercer planteamiento, en nuestras acciones educativas no tomamos en cuenta las experiencias y percepciones de los estudiantes. Sucede que muchas veces estos aspectos están al margen de los procesos, cuando en ellos está la posibilidad de lograr verdaderos aprendizajes para la vida. Finalmente, en cuanto al papel activo del ser humano, los docentes suelen considerar a los estudiantes y al entorno como entes pasivos, y considerarse a sí mismos como el centro del mundo. Lo interesante es que eso ocurre pese a que cuando ellos mismos eran estudiantes, fueron tratados de idéntica manera. La realidad es totalmente contraria: tanto los estudiantes como la comunidad son dinámicos, traen una infinidad de experiencias no sistematizadas, no son fuentes vacías como a veces se suele pensar. En este sentido, como dice Barrientos, “el profesor es un facilitador del aprendizaje, tiene la función de propiciar las condiciones para la libre expresión de las potencialidades del estudiante en un clima favorable de comprensión, aceptación y respeto” (Barrientos, 2010: 27). Los planteamientos de esta corriente facilitarían que la escuela se convierta en un espacio vivo y acogedor, que permita brindar una educación integral a los estudiantes, para la construcción de sociedades más justas, acorde a un país socialista.



## 2. Alternativas para el trabajo pedagógico y didáctico

En este punto, trataremos de ver algunas de las herramientas que permitirían el trabajo pedagógico y didáctico del proceso educativo. Para ello se hace “preciso promover amplias experiencias pedagógicas, donde se consideren los resultados educativos como algo complejo a lo que contribuyen múltiples aspectos, de muy variado orden, que habrá que considerar al diseñar tales experiencias” (Sacristán, 2009: 113).

En este sentido, una herramienta interesante para poder brindar una educación sociocomunitaria productiva es la *interdisciplinariedad*, que representa una alternativa potencial. En la actualidad, se la menciona bastante en el plano discursivo, sin llegar al fondo de ella ni de sus características fundamentales y potenciales. Por ello hay una necesidad de empezar con una conceptualización.

Diana Salazar enuncia que: “la historia de la interdisciplinariedad está relacionada con la historia del esfuerzo del hombre para unir e integrar situaciones y aspectos que su propia práctica científica y social separan” (Salazar, 2003: 194).

El planteamiento de Salazar es indudable, porque el ser humano, en la vida real y palpable, no ve por separado los aspectos que lo rodean; al contrario, tiene que entablar vínculos con muchos objetos o conocimientos para determinar y ejecutar una meta trazada. De ahí la pregunta que planteamos en los anteriores párrafos: ¿por qué en las escuelas se trabaja de manera divorciada todas las problemáticas de las diferentes esferas de la vida que, más bien, se caracterizan por tener múltiples interrelaciones? Concretamente, ¿por qué se aprende las disciplinas por separado y fuera de la realidad? Lograr la integridad de todas las disciplinas costará mucho, ya que la misma no es problema de hoy, desde hace muchos siglos se trabaja de manera fragmentada. Todo esto va a manera de reflexión. Ahora queremos acercarnos a un concepto más puntual de interdisciplinariedad.

Los autores que aquí se retoma tienen varios puntos de coincidencia y divergencia respecto al concepto de *interdisciplinariedad*. Ellos serán nuestra guía para desarrollar una idea completa del concepto.

Tabla 1

Enrique Neira Fernández	Taborda, Copertari, Ruiz, Gurevich y Firpo	Estupiñán, Sáenz y Forero	Edgar Morin
<p>Es la <i>interacción entre dos o más disciplinas diferentes</i>. Esta interacción puede ir desde una simple <i>comunicación</i> de ideas hasta la mutua <i>integración de conceptos, metodología, procedimientos, epistemología, terminología, datos</i> y la <i>organización de investigación</i> y docencia en un campo suficientemente amplio. Un <i>grupo interdisciplinario</i> está compuesto de personas entrenadas en diferentes campos de conocimiento (disciplinas), con diferentes conceptos, métodos y datos, pero <i>organizados en un esfuerzo común</i> alrededor de un <i>problema común</i>, con <i>intercomunicación</i> continua entre los participantes que provienen de diferentes disciplinas. (2008: 6)</p>	<p>Implica <i>analizar, desde distintas miradas científicas, problemas</i> o conjuntos de problemas, cuya complejidad es tal, que con el aporte, o,... la "<i>disponibilidad</i>" de cada una de las disciplinas a la interdisciplinariedad, ayudaría a <i>desentrañar distintas dimensiones de la realidad social</i>. (1998: 2)</p>	<p>Como: <i>otras formas de conocimiento</i> y romper con el <i>fraccionamiento</i> de las <i>disciplinas</i> para crear un conocimiento interdisciplinario que dé <i>respuesta a los proyectos de investigación</i> que resultan en el proyecto social." También cita a Abraham Magendzo quien afirma que la interdisciplinariedad "Se trata de crear mediante la <i>transversalidad de las áreas</i> nuevas formas de conocimiento a través de su énfasis en romper con las disciplinas y en <i>crear conocimiento interdisciplinario</i>; de <i>plantear preguntas sobre las relaciones entre la periferia y los centros de poder en las escuelas</i>; de saber leer la historia como parte de un proyecto más amplio para recuperar poder e identidad; de vincular estrecha y horizontalmente, sin ánimo de dominación, sino de <i>diálogo y comunicación</i>, el <i>conocimiento universal y particular</i>, el <i>conocimiento sistematizado</i> por las <i>disciplinas académicas</i> con el <i>conocimiento de la vida cotidiana</i>, el <i>conocimiento objetivo con el subjetivo</i>; de <i>visualizar la totalidad de la cultura</i> que existe en la sociedad. (2004: 6)</p>	<p>...<i>intercambio y cooperación</i>, lo que hace que la interdisciplinariedad puede devenir en alguna cosa orgánica. La polidisciplinariedad constituye una asociación de disciplinas <i>en virtud de un proyecto</i> o de un objeto que les es común; mientras que las disciplinas son llamadas como técnicas especializadas para <i>resolver tal o cual problema</i>, en otros momentos, por el contrario, están en <i>profunda interacción</i> para tratar de concebir este objeto y este proyecto. (2003: 8)</p>

Como se puede observar en la *tabla 1*, estos autores tienen puntos de convergencia y divergencia, de los cuales se parte para lograr una concepción más integral de la interdisciplinariedad. Por lo tanto, se plantea la interdisciplinariedad como: el fraccionamiento y la integración de dos o más disciplinas diferentes, para la interconexión, intercomunicación y diálogo de ideas hasta la integración de

conceptos, metodología, procedimientos, epistemología, terminología, datos que brindan las disciplinas, así como la organización de la investigación. Se puede desarrollar con un grupo interdisciplinario, organizado para desentrañar distintas dimensiones de la realidad social y hallar el punto de encuentro para la solución del problema, es decir, la interacción del conocimiento científico con el conocimiento popular, así como el conocimiento objetivo con el subjetivo.

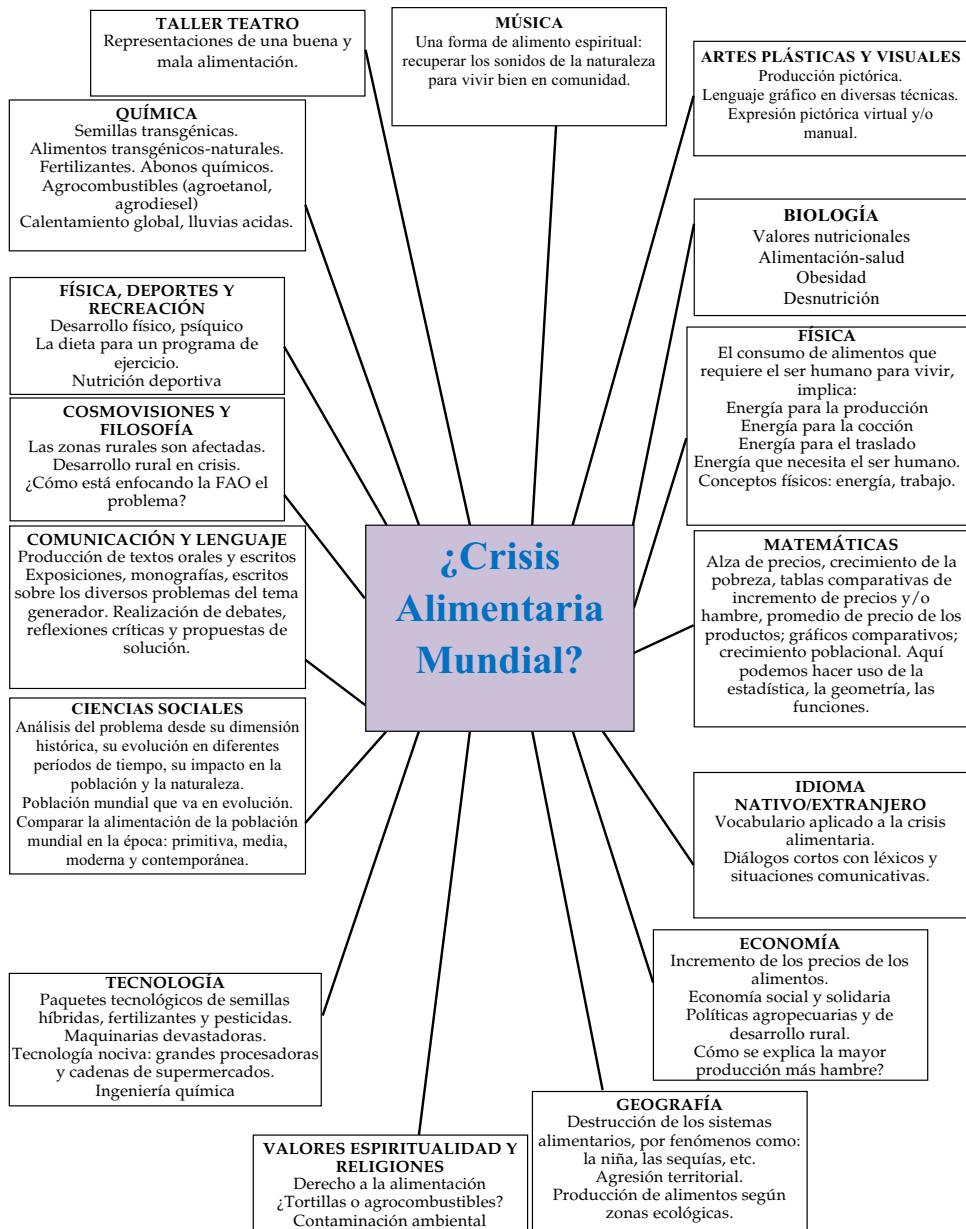
Este es un constructo conceptual aparentemente muy denso. Para poder comprender mejor las ideas claves que posteriormente permitirán desarrollar las actividades educativas, se tomará las características de la interdisciplinariedad propuestas por las autoras Rosa Massón y Cecilia Castillo:

- Es una forma de pensar y de actuar diferente y requiere de la convicción y del espíritu de colaboración entre las personas a la hora de enfrentarse y resolver los problemas de la realidad.
- Es una manera de analizar y conocer los aspectos de la realidad, que un enfoque disciplinar nos ocultaría, y de actuar sobre ella.
- No es sólo una cuestión teórica, sino, ante todo, práctica y se perfecciona con ella. Es necesaria para la investigación y la enseñanza y para la creación de modelos más explicativos de la compleja realidad.
- Constituye una estrategia para una mayor fluidez entre el trabajo teórico y el práctico.
- No es una receta, ni es una directiva. Es un proceso, que se fomenta y perfecciona paulatinamente, durante la propia actividad práctica. (Massón y Castillo, 2003: 96-97)

A partir de las definiciones, redefinición conceptual y las características planteadas, se puede concluir que la interdisciplinariedad es un componente comprometedor dentro de la pedagogía y la didáctica. Además, este enfoque es una fuente primaria para la motivación a la investigación, tanto para los docentes como para las/os estudiantes, a partir de la consideración del trabajo colectivo ya que encierra más posibilidades de solución a los problemas, a la par que estimula nuevas formas de comunicación. La interdisciplinariedad tiene un grado de complejidad porque implica una transformación en los métodos de aprendizaje-enseñanza, ya que los métodos tradicionales no permiten trabajar de forma integral. Algunas de esas posibilidades metodológicas son: los temas generadores de aprendizaje TGA (Freire), la investigación acción participativa IAP (Borda), el método por proyectos (Mora), las estaciones de trabajo, los procesos de modelación, la experimentación (física, matemática, química, etc.) y la resolución de problemas. Dentro de este artículo nos referiremos a algunas de ellas. Como se puede percibir, la interdisciplinariedad para nada desplaza a las disciplinas, sino que resalta la fortaleza de ellas, para solucionar los problemas cotidianos en el aula y fuera de ella.

Toda esta reflexión teórica planteada, se refleja en el siguiente ejemplo (figura 3), para cuya solución se necesita tomar en cuenta todos los elementos que se ha ido mencionando. En la siguiente figura se plantea una problemática mundial vigente, de la que son parte todas las disciplinas.

Figura 3



Al trabajar interdisciplinariamente, en ningún momento se deja la profundidad de estudio de las disciplinas. Por ejemplo, en la figura 7, esquema relacionado con el estudio de la física, podemos ver claramente la parte que se desarrollará de la física. Este esquema es la dosificación lineal del estudio de esa disciplina, que no podemos desechar totalmente; ella tendrá que orientarnos para desarrollar nuestras actividades.

Para el desarrollo de esta actividad interdisciplinaria, como manifiestan los elementos conceptuales que la caracterizan, habría que integrar diferentes conocimientos populares-científicos y metodologías de trabajo. Respecto a esta última, podemos considerar: los temas generadores de aprendizaje TGA (Freire), la investigación acción participativa IAP (Borda), el método por proyectos (Mora), las estaciones de trabajo, los procesos de modelación, la experimentación (física, matemática, química, etc.) y la resolución de problemas. En este sentido, el desarrollo curricular debe tener, como uno de sus grandes componentes esenciales, a la *investigación*, de la cual se planteará varios elementos esenciales.

La investigación es un medio para dar solución a las necesidades y/o problemas sociales, ambientales, políticos, económicos, educativos o de otra naturaleza. En el ámbito educativo, se la considera como una potencial herramienta para lograr procesos educativos altamente significativos y productivos que permitan transformar la realidad, en y para la vida. En este marco, se sugiere como una alternativa la investigación-acción participativa (IAP), desarrollada por varios autores. Por ejemplo, Orlando Fals Borda plantea que la IAP:

...retan al paradigma dominante en las ciencias sociales. Primero, el replanteamiento de la relación *sujeto-objeto*. El rompimiento de la tradicional relación de dominación-dependencia implicada en el binomio *sujeto-objeto*, devana a un nuevo tipo de sociedad, *que sería una sociedad participativa, donde la relación fundamental sería sujeto-sujeto*. En otras palabras, una sociedad que, rotas las relaciones asimétricas, se convierte en una sociedad simétrica, mucho más igualitaria, mucho más democrática y participante. El segundo es el reto que significa el reconocimiento de la *ciencia popular* como algo válido e igualmente válido que las *ciencias académicas*.” (Comentario por Cetruió, 1986: 6-7; cursivas nuestras)

Borda plantea un ejemplo bien claro respecto a esta última idea:

Claro está que un herbólogo popular no conoce ni ha leído a Linneo para poder clasificar las plantas, pero tiene su modo de sistematizar y clasificar las plantas. En mi país, por ejemplo, él sabe que hay plantas amarillas, plantas azules y plantas verdes. Esto suena muy sencillo, pero cada una de esas clasificaciones tiene consecuencias para su aplicación. El hecho de no ser cartesianos, ¿hace a los herbólogos menos científicos? En absoluto. Se trata de otro tipo de racionalidad que nosotros tenemos que respetar. (REF?)

Y continúa señalando:

... noten que esta corriente “de abajo”, que *se ha olvidado y despreciado* es la que habla siempre de la vida, del sentimiento, del goce, de la cotidianidad. No están preocupados de si son capaces de hacer volar un cohete a la luna o no; les importa más si hay agua, si hay salud, si hay comida, si hay paz: eso es lo que les preocupa. Observen, entonces las diferencias en las prioridades que tiene el científico de “arriba” y el otro “de abajo”, el de la ciencia popular. Por todo lo dicho, si con la IAP se logra que eventualmente haya un encuentro de esos dos conocimientos el de la ciencia tecnológica que nos está llevando a la destrucción mundial y el de la ciencia del pueblo, que enfatiza otros aspectos valorativos, allí, de ese encuentro puede surgir, efectivamente, un nuevo camino. (Comentario por Cetruiro, 1986: 8)

Concretamente, Borda plantea que:

IAP, en especial la del Tercer Mundo donde nació, al combinar la praxis con la ética, el conocimiento académico con la sabiduría popular, lo racional con lo existencial, lo sistemático con lo fractal, rompe la dicotomía sujeto-objeto. Se inspira en un concepto democrático pluralista de alteridad y de servicios, que favorece vivir con las diferencias, y que introduce perspectivas de género, clases populares y pluriethnicidad en los proyectos. (Borda, 1999: s/p).

Paloma López, a su vez, plantea, elementos más específicos cuando dice: “el desarrollo galáctico perseguido por la IAP trata de despertar la *memoria colectiva*, de avivar la *conciencia* y de catalizar la *imaginación creativa* hacia nuevos horizontes, aportando los métodos y relaciones que la comunidad necesita para ‘despegar’” (López, 1998: 41; cursivas nuestras). Esto precisamente es lo que expresa en su esquema:

Figura 4. Fases de la investigación



López continúa:

... la IAP *no incluye aulas ni clases magistrales*. Su finalidad es transformar situaciones. Su valor fundamental, la creatividad productiva; la creatividad en sí puede resultar un lujo; la productividad mecánica puede alienar y producirá burocracia. El valor está en el binomio creatividad-productividad. Se

desarrollan las actividades praxeológicas, las relativas a la ciencia de la acción: la investigación y sus instrumentos, las capacidades de análisis y de síntesis, la organización de la acción, la habilidad para crear redes de relaciones, etc. Se parte del análisis de la acción actual y potencial de los grupos. Las relaciones docentes son de intercambio; grupos y animadores son los sujetos que transforman a un objeto: su realidad social. El principal peligro que hay que evitar es, como he señalado, el conflicto destructivo entre individuos o grupos e instituciones. (López, 1998: 47)

Mora señala que

... con la IAP se mejora y transforma la práctica educativa, pero también se *incorpora a todas/os estudiantes como sujetos activos* al proceso educativo, con lo cual se garantiza una mejor comprensión y transformación de la realidad, así como la transformación permanente del sujeto, siempre en función de intereses personales y colectivos, como objetivo fundamental de la educación. (Mora, 2009: 17)

Lo que remarcamos en esta afirmación de Borda, Mora y López, es que la IAP toma en cuenta a otros actores sociales como *sujetos activos* dentro del proceso investigativo, aspecto que no sucede con otros enfoques de investigación. Los tres coinciden en que la IAP parte de un problema concreto para su transformación en constante diálogo. En este marco, hay una exigencia de romper la lógica de que el cientista de la educación es quien elabora las políticas educativas y el docente es quien las ejecuta.

Una alternativa de cómo trabajar con la IAP es la propuesta de esquema de Moya y Becerra, denominada “Espiral de autorreflexión de la investigación-acción. Rol del facilitador en la investigación-acción emancipadora” (Becerra y Moya, 2010: 145).

Figura 7



Los componentes o elementos planteados por estos autores tienen una relación directa con aquellos ya mencionados por los otros autores en los siguientes elementos: la relación dialógica de la práctica-teoría, el pensar y actuar colectivamente.

Hay un elemento interesante en el planteamiento de Borda, que es el *conocimiento popular*, quien da un planteamiento completo de la misma:

... por *ciencia popular* –o folclore, saber o sabiduría popular– se entiende el conocimiento empírico, práctico, de sentido común, que ha sido posesión cultural e ideológica ancestral de la gente de las bases sociales; aquél que les ha permitido crear, trabajar e interpretar predominantemente con los recursos directos que la naturaleza ofrece al hombre. Este saber popular no está codificado a la usanza dominante... Tiene también su propia racionalidad y su propia estructura de causalidad, es decir, puede demostrarse que tiene mérito y validez científica en sí mismo. (Borda, 2009: 62-63)

En palabras de Borda, la ciencia popular ha sido hecha por la civilización y va desde productos agrícolas indígenas hasta prácticas empíricas de salud y ricos aportes artísticos. Lo más contradictorio es que, si bien hay un rechazo hacia este saber popular, está siendo apropiado para ser mostrado como nuevos descubrimientos ante la sociedad. La educación debe encargarse de que esto no sea más así.

Wladimir Serrano, un matemático de formación, dice: “pensamos que una educación matemática no debe separarse del saber popular” (Serrano, 2009: 43). Otros autores sostienen esta idea. Por ejemplo, Mora es uno de los que la ha trabajado y la trabaja.

Otro ejemplo de conocimiento popular es Simón Rodríguez, el maestro del Libertador Simón Bolívar, quien expresa que: “es necesario hacer vivir al niño en el seno de lo *concreto*, que también es necesario, despertar lentamente su razón mediante el contacto ininterrumpido con las cosas, hacerle reaccionar constantemente sobre objetos visibles y palpables”. Continúa diciendo que: “es preciso dar al niño ocasión para que trabaje con su cuerpo o con sus manos” (citado por Terán, 1946: 46). Según Terán, las escuelas debían inspirarse en el trabajo cultivado en los talleres de su escuela.

Todas estas reflexiones nos llevan a plantear la añorada *educación productiva* o la que combina el *estudio con el trabajo*, que es tan vieja como la propia existencia del hombre. Por ejemplo, Simón Rodríguez, en el siglo XIX, desarrolló una “educación en los talleres”; Makarenko ejecutó la triada estudio-trabajo-interés común. Posterior a éste, en nuestro país específicamente en Warisata, se desarrolló una educación comunitaria y productiva. Después de estas, surgen muchas otras experiencias en este sentido, sin mayores repercusiones a nivel de Estados. También existen varios investigadores que proponen la necesidad de la educación productiva. Entre ellos está Lothar Klingberg (1972), quien plantea educar “combinando la



enseñanza con el trabajo productivo”; Paulo Freire, lo hace con su “pedagogía enraizada en la vida”; David Mora con la “educación, técnica, tecnológica y productiva”; y un referente vivo es, sin duda, la educación cubana. Claro está, todas estas experiencias, independientemente del contexto, del espacio geográfico y sobre todo de los intereses, fueron totalmente distintas, pero de lo que sí tienen en común es la claridad sobre la importancia del estudio-trabajo.

Hasta aquí se ha revisado ampliamente el tema de la *investigación* a partir de varios autores. Ahora se abordará algunas ideas generales acerca de los temas generadores de aprendizaje (Freire, 1970), que es otra de las alternativas potenciales para poder desarrollar actividades que sean más reales y donde los aprendizajes sean más dinámicos, flexibles, críticos y, en lo posible, contribuyan a la transformación de esa realidad, propuesta desarrollada ampliamente por el gran maestro Paulo Freire. Se plantea, a continuación, algunos temas generadores de aprendizaje, que tienen que ver con algunas problemáticas regionales, nacionales e internacionales, pero todos vinculados a la realidad de las/os estudiantes y del conjunto de la sociedad. Estos temas generadores pueden ser: crisis ambiental, crisis energética, crisis financiera, crisis alimentaria, crecimiento poblacional, migración, la basura tecnológica, los derechos humanos, comercio informal, el desempleo, las ITS-VIH/SIDA, embarazos de adolescentes, construcción de edificios, vivienda, tarifas telefónicas, tarifas de transporte, etc.

*La tabla 2* es un esquema que muestra un panorama amplio a desarrollar, el tema de la energía (que sería nuestro tema generador de aprendizaje), desde una perspectiva real y concreta, además como una alternativa a la crisis energética que se está viviendo a nivel mundial. A partir de ella, se puede trabajar todos los conceptos de energía. Obviamente exige del uso de una metodología flexible, abierta y real.

Tabla 2. Energía Eléctrica (Renovables)

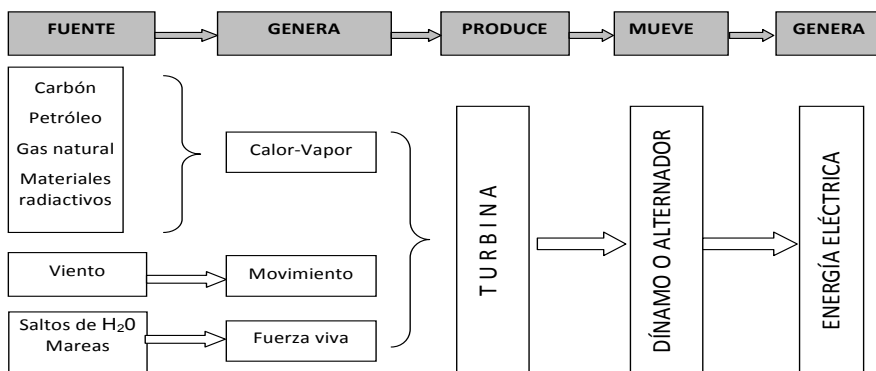
A PARTIR DE	UTILIZANDO	MEDIO	ACCIONADOS POR
Energía hidráulica	Energías cinética y potencial de la corriente del agua, saltos de agua o mareas	MEDIANTE UNA TURBINA	Por medio de H <sub>2</sub> O en movimiento (ríos o lagos o movimiento de mares)
Energía maremotriz	Embalses de los ríos		Por medio de la retención del agua de las mareas y haciéndola pasar por un orificio estrecho que le da una alta presión.
Energía eólica	Viento		Energía cinética generada por molinos de viento/aire
Energía solar	Calor solar 1		Vapor de H <sub>2</sub> O calentado en horno solar.
Energía geotérmica	Calor		Mediante el aprovechamiento del calor del interior de la Tierra
Biogás	Por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica,	Biodigestor	Mediante la acción de microorganismos (bacterias metanogénicas, etc.)
...	...	...	...

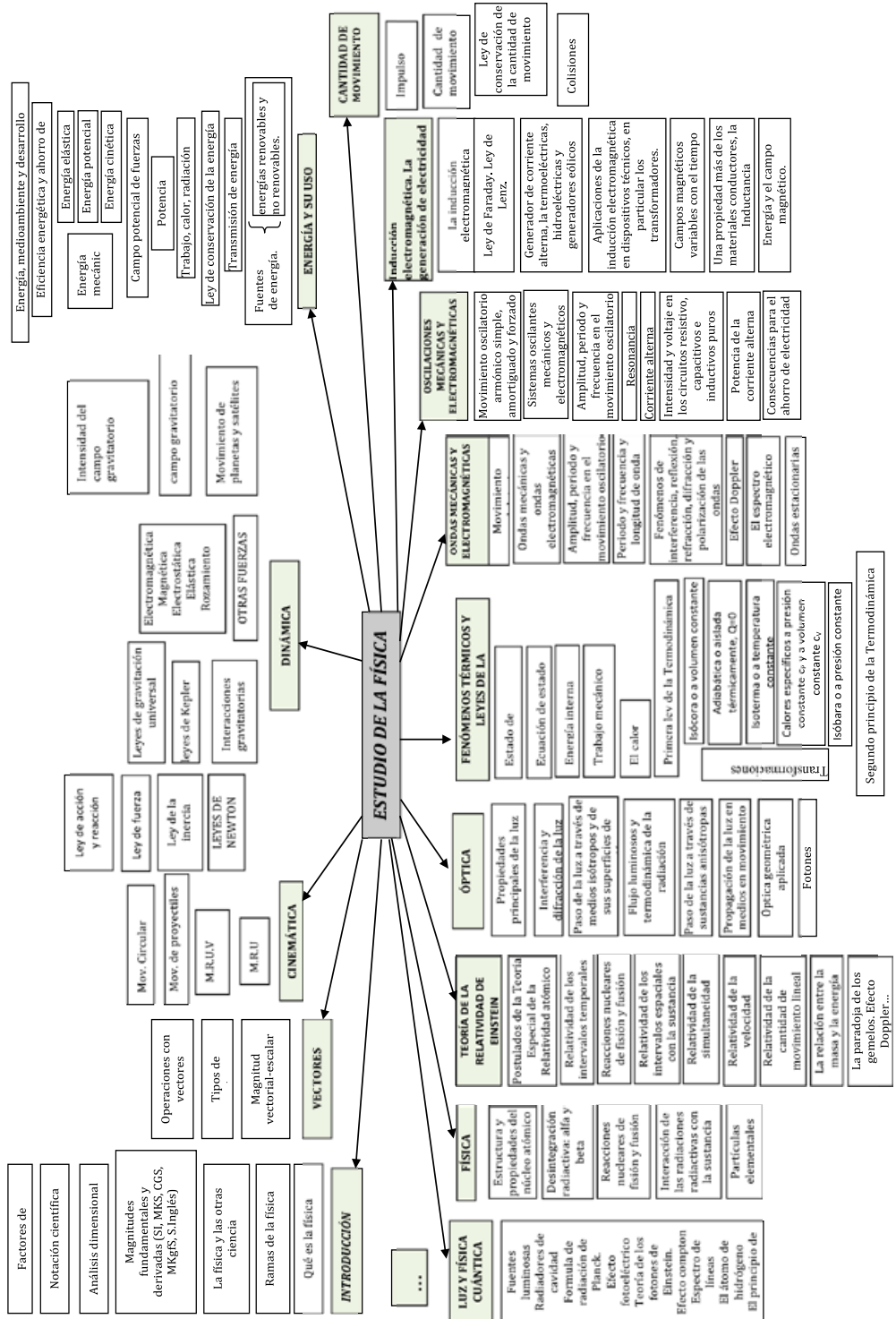
Fuente: Eboración propia

Nota: En la obtención de este tipo de energía habría también que estudiar qué tipos de energías son no contaminantes y contaminantes del medio natural.

La figura 6 es también parte de este tema generador, que puede ser trabajado mediante un experimento en laboratorio, acerca de la transformación de la energía. Esta sería una interesante experiencia significativa.

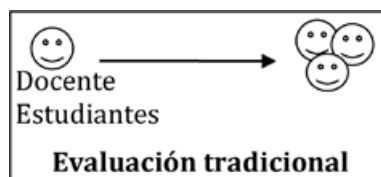
Figura 6. Transformación de la energía (renovable y no renovable)





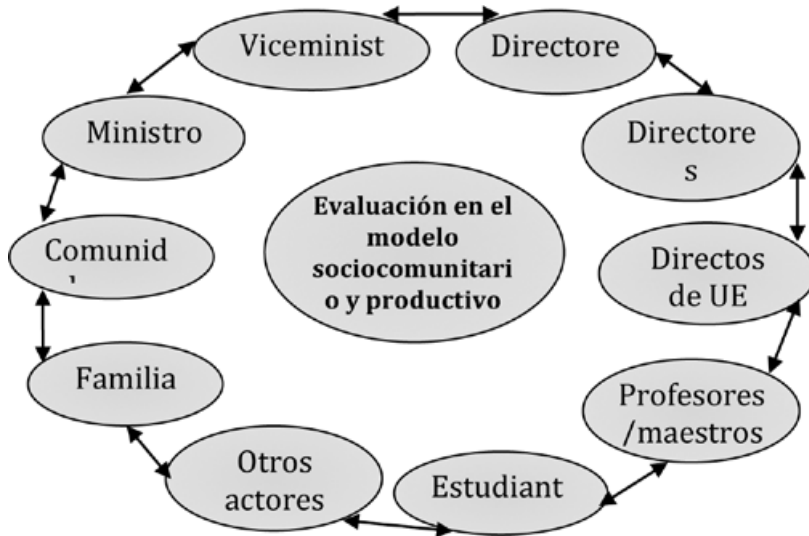
Dentro de todo tipo de actividades, un elemento fundamental es la *valoración* o *evaluación*, pero el tipo de evaluación que se realiza dentro estas asignaturas ha tenido una concepción tradicionalista, puesto que se da mayor profundidad a lo cuantitativo y casi nada a lo cualitativo. La primera forma mide lo absoluto y no así el *proceso* de trabajo, por lo que se necesita darle la vuelta a este planteamiento y su enfoque. Este tipo de evaluación ha traído grandes decepciones a los estudiantes, sobre todo en áreas como las matemáticas, química, física, etc. En el proceso educativo, la evaluación fue, generalmente, unilateral y de un solo sentido; es decir, de ministro a viceministros, de director a docentes, de profesor a estudiantes. En este último caso, el profesor es quien diseña, planifica, ejecuta y aplica la evaluación (como se muestra en la *figura 8*), y no así viceversa, ya que la misma no permite objetar de parte del estudiante al profesor; esta es la llamada heteroevaluación. Con este nuevo modelo se debe intentar romper estos estereotipos perjudiciales dentro de todo tipo de procesos, especialmente dentro de los educativos. He ahí la importancia de dar salida a otros tipos de valoración o evaluación como la *autoevaluación*; es decir, si hablamos del profesor, que sea él mismo quien evalúe sus actividades; si hablamos del estudiante lo propio, sea él mismo quien evalúe su propio aprendizaje, así sucesivamente con los demás. Por otra parte, la coevaluación, es la valoración del proceso de aprendizaje de un sujeto (estudiante) a través de sus compañeros. Este tipo de evaluaciones ya no son bilaterales sino son multidimensionales y es más saludable para crecer en las actividades y por ende en la formación de los estudiantes. Daría paso a la producción de bienes tangibles o intangibles. Cuando se habla de una evaluación multidimensional (la *figura 9* es una muestra de este tipo de evaluación), hay que considerar a todos los actores sociales dentro de los procesos valorativos. Evidentemente, es complicado y difícil de aceptar que un padre evalúe al docente, ¿verdad?

Hasta aquí, se ha reflexionado ampliamente acerca de la evaluación, entendida como un proceso en vez de una valoración cuantitativa. En este sentido, se hace necesario conceptualizar lo que se entiende como *proceso*. Al respecto, Lothar Klingberg plantea que,



... la palabra “proceso” designa la sucesión dinámica de diferentes estados o fases de un fenómeno o de un sistema. Nosotros diferenciamos entre procesos *determinados* y procesos *estocásticos*. Procesos determinados son aquellos en los cuales todo estado es el resultado unívoco del estado que lo precede. Los procesos estocásticos, por el contrario, se caracterizan por el hecho de que

los estados de un sistema se originen de los estados que lo preceden,... Cada proceso representa una unidad de cambios o desarrollos necesarios y causales. (Klingberg, 1972: 126-127)



Fuente: Eboración propia

Entonces, a tiempo de valorar el proceso de las actividades realizadas, habría que considerar la sucesión de fases que se necesita para llegar a la etapa final de un determinado proceso. Aquí está la importancia de reflexionar sobre cada fase que se desarrolla para poder realizar la actividad o las actividades, y no sólo ver el resultado final, que es lo que muchas veces se hace, posiblemente por la gran cantidad de estudiantes con que se trabaja y, como consecuencia, existe un rechazo a las ciencias ya mencionadas. Es bien interesante cuando un proceso determinado desarrolla fases mecánicas, repetitivas, que no tienen un nivel de independencia en el desarrollo de los procesos de las actividades; por tanto, no siempre debe cumplir los algoritmos predefinidos por los docentes. Cabe recordar que, para desarrollar las actividades o la resolución de problemas, existen muchas vías; unas pueden ser pertinentes para unos y fastidiosas para otros, por tanto no podemos limitar el trabajo a un solo algoritmo. Aquí se quiere hacer énfasis en los procesos estocásticos, puesto que no se dan de manera determinada.

### A manera de conclusión

Para el trabajo de los temas, se debe plantear una problemática central, que permita integrar las diferentes disciplinas (interdisciplinariedad), a través de los mecanismos que ofrecen la pedagogía, la didáctica y otras ciencias.

Es fundamental partir de la realidad concreta, cotidiana, para llegar al conocimiento científico.

El horizonte de la educación es lograr sociedades más justas y democráticas, por tanto, todos los procesos que se realice deben apuntar a ella.

Finalmente, cabe precisar que impulsar una educación sociocomunitaria productiva no significa establecer un programa complicado, más al contrario, hay que facilitar a los docentes un programa acorde a la realidad, al contexto, con orientaciones que contribuyan a la reflexión y al debate entre los actores del proceso educativo, para que ellos puedan dar utilidad a ese documento implementándolo. Se debe plantear un programa abierto, flexible, que posibilite adaptaciones tanto a la realidad como a los intereses, ya que el estudio de la matemática, para la mayoría de los estudiantes, es un tormento: ellos pasan las clases sólo por aprobar la asignatura. Es por estas razones que se plantea nuevas formas de emprender el proceso educativo de las matemáticas, física, química y otras disciplinas. Es decir, hay que considerar los aspectos teóricos y prácticos planteados, para poder innovar de manera muy creativa, significativa y productiva las prácticas educativas, contribuyendo a la calidad de la educación para el *Vivir Bien* de todos. Estas ciencias deben ser abiertas y flexibles a modificaciones que respondan definitivamente a los principios fundamentales de una educación liberadora, transformadora, descolonizadora, emancipadora, democrática, equitativa, intercultural, plurilingüe, donde todas/os podamos vivir en armonía con todo lo que nos rodea.

## Bibliografía

- Álvarez, A. y Huayta, E. (1997). *Física mecánica*. La Paz: s/e.
- Barrientos, O. (2010). *La actitud científica ante la resolución de problemas matemáticos*. La Paz: IICAB.
- Becerra, R. y Moya, A. (2010). “Investigación-acción participativa, crítica y transformadora Un proceso permanente de construcción”. En: Revista *Integra Educativa*, N° 8, Educación Matemática. La Paz: IICAB.
- Cetruio, R. (1986). *Investigación participativa*. Uruguay: Ediciones de la Banda Orientales el Gabotn.
- Dávila, S. (2000). “El aprendizaje significativo. Esa extraña expresión”. En: Revista Digital de Educación y Nuevas Tecnologías, N° 9. Disponible en: <http://contexto-educativo.com.ar/2000/7/nota-08.htm>
- D. Halliday. R. Resnick. (1974). *Física*. Tomos I y II. Edición Revolucionaria Instituto Cubano del Libro. La Habana: Pueblo y Educación.
- Estupiñán, C.; Sáenz, D. y Forero, L. (2004). *La interdiscipliniedad una opción para el trabajo pedagógico*. Institución educativa INEM “Francisco José de Caldas” Popayán – Cauca.

- Fals, O.** (1999). *Orígenes universales y retos actuales de la LAP (investigación acción participativa)*. Disponible en: <http://www.peripecias.com/mundo/598FalsBordaOrigenesRetosIAP.html>
- Fals, O.** (2009). “La ciencia y el pueblo”. En: *La investigación-acción participativa inicios y desarrollos*. Venezuela: Laboratorio Educativo.
- Freire, P.** (1976). *Pedagogía del oprimido*. México: Siglo XXI.
- Landau, L., Ajezer, A. y Lifshitz, E.** (1984). *Curso de física general. Mecánica y física molecular*. Moscú: Mir.
- López, P.** (1998). *Un método para la investigación-acción participativa*. España: Popular..
- Massón, R. y Castillo, C.** (2003) “Las bases para un cambio curricular en la escuela cubana. Posibles soluciones desde lo metodológico. En: “Principios para la dirección del proceso pedagógico”. La Habana: Facultad de Ciencias de la Educación, ISP “Enrique José Varona”.
- Ministerio de Educación** (2004-2005). Programa de Física, Décimo Grado. República de Cuba.
- Ministerio de Educación** (2004-2005). Programa de Física, Onceno Grado. República de Cuba.
- Ministerio de Educación** (2005-2006). Programa de Física, Duodécimo Grado. República de Cuba.
- Ministerio de Educación** (2011). Currículo Base del Sistema Educativo Plurinacional. La Paz-Bolivia.
- Ministerio de Educación** (2011). Currículo del Subsistema de Educación Regular. La Paz-Bolivia.
- Ministerio de Educación** (2011). Educación Secundaria Comunitaria Productiva Campos de Saberes y Conocimientos Vida Tierra Territorio. La Paz-Bolivia.
- Mora, D.** (2010). “Formación matemática como parte de la educación integral básica (EIB) de todas las personas”. En: Revista *Integra educativa*, N° 8. La Paz: IICAB.
- Mora, D.** (2005). “Didáctica crítica, educación crítica de las matemáticas y etnomatemática”. La Paz: IICAB.
- Mora, D.** (2009). *Didáctica de las matemáticas*. La Paz: IICAB.
- Mora, D.** (2009). “Fundamentos teóricos sobre el proceso aprendizaje enseñanza orientado en la investigación y la complejidad”. En: Revista *Integra Educativa*, N° 5: Proceso de aprendizaje y enseñanza sociocrítico, investigativo y transdisciplinario. La Paz: IICAB.
- Klingberg, L.** (1972). *Introducción a la didáctica general*. La Habana: Pueblo y Educación.

- Sacristan, G.** (2009). *La pedagogía por objetivos: obsesión por la eficiencia*. Madrid: Morata.
- Salazar, D.** (2003) “Didáctica, interdisciplinariedad y trabajo científico en la formación del profesor”. En: “Principios para la dirección del proceso pedagógico”. La Habana: Facultad de Ciencias de la Educación, ISP “Enrique José Varona”.
- Serrano, E.** (2007). *Exámenes resueltos y propuestas, olimpiadas matemáticas*. La Paz: (s/e).
- Serrano, W.** (2009). Las actividades matemáticas, el saber y los libros de texto: necesidad de una visión socio-cultural y crítica. La Paz: IICAB.
- S. Frish. A. Timoreva.** (1973). *Curso de Física General*. Tomo III. Moscú: Mir.
- Taborda, M; Copertari, S.; Ruiz, E.; Gurevich, E. y Firpo, V.** (1998). *Ciencias sociales e interdisciplinariedad: relación entre teoría y práctica*. Trabajo presentado en las Primeras Jornadas sobre Comunicación y Ciencias Sociales, Facultad de Ciencias Políticas y Relaciones Internacionales.
- Terán, V.** (1946). *Simón Rodríguez*. Cuadernos de estudios universitarios. Potosí: Universidad Tomás Frías.