

# Estado de la Educación

## TERCER INFORME ESTADO DE LA EDUCACIÓN

### La educación científica en Costa Rica

*Investigadores:*  
*Dr. Gilberto Alfaro Varela*  
*Lic. Luis Roberto Villegas*

2010



**Nota:** Las cifras de las ponencias pueden no coincidir con las consignadas por el Tercer Informe Estado de la Educación en el tema respectivo, debido a revisiones posteriores. En caso de encontrarse diferencia entre ambas fuentes, prevalecen las publicadas en el Informe.

## Contenido

HALLAZGOS RELEVANTES.....	3
INTRODUCCIÓN .....	5
I. DISTINCIONES BÁSICAS ENTRE CIENCIAS Y LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS .....	6
II. PRINCIPALES ENFOQUES Y TENDENCIAS QUE MARCAN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN EL MUNDO Y EN COSTA RICA .....	7
III. PRINCIPALES HABILIDADES Y DESTREZAS QUE HOY SE BUSCA PROMOVER CON LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA.....	9
IV. LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA EN COSTA RICA: BALANCES Y PERSPECTIVAS .....	12
EXPERIENCIAS EDUCATIVAS COMPLEMENTARIAS Y ESTRATÉGICAS.....	21
V. RENDIMIENTOS RECIENTES EN MATERIA DE CIENCIAS.....	25
RESULTADOS DE SERCE Y PRUEBAS DIAGNÓSTICAS EN CIENCIAS PARA EL I Y II CICLO .....	25
RESULTADOS DE LAS PRUEBAS NACIONALES EN LAS MATERIAS DE CIENCIAS .....	27
VI. LA FORMACIÓN DE DOCENTES PARA LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA EN COSTA RICA .....	31
FORMACIÓN DE DOCENTES DE EDUCACIÓN PRIMARIA .....	32
Fundamentos de los programas.....	32
Características y contenidos .....	33
Proyectos de actualización docente.....	34
FORMACIÓN DE DOCENTES DE CIENCIAS PARA LA ENSEÑANZA MEDIA.....	34
Fundamentación de los programas .....	34
Perfil del cuerpo docente de enseñanza de ciencias en la Educación Secundaria.....	36
Características y contenidos .....	37
Mecanismos de capacitación en servicio .....	41
VII. BUENAS PRÁCTICAS INTERNACIONALES EN EDUCACIÓN CIENTÍFICA .....	41
PRINCIPALES PREOCUPACIONES E INICIATIVAS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS.....	41
Programa de Microciencia Global de la UNESCO.....	42
Programa Manos en la masa: educación científica basada en la indagación y la investigación.....	43
Programa Polen .....	44
PRINCIPALES CRITERIOS ORIENTADORES DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BASADA EN LA INVESTIGACIÓN (ECBI) .....	45
Formación del profesorado.....	45
Participación de la comunidad.....	45
Recursos y materiales .....	46
Seguimiento y evaluación .....	46
RED INDAGALA .....	47
REVISIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS INTERNACIONALES EN MATERIA DE POLÍTICAS .....	51
VIII. CONCLUSIONES Y AGENDA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO .....	62
IX. BIBLIOGRAFÍA .....	65

## Hallazgos relevantes

A continuación se enumeran los principales hallazgos que surgen del estudio realizado para la escritura de este documento. Como en todo proceso de investigación y documento escrito que da cuenta de ello, quedan aspectos por investigar y asuntos por anotar, de manera que es necesario visualizar esta síntesis de hallazgos como una base a partir de la cual se requiere seguir construyendo.

Los hallazgos se anotan con el fin de rescatar puntos críticos que requieren ser pensados y discutidos en el ámbito educativo con el que están relacionados.

- En ninguno de los programas de formación de docentes de educación primaria en universidades estatales y privadas se incluyen cursos específicos de ciencias que les permitan a los futuros docentes trabajar formalmente en el laboratorio y aprender de los procesos complejos de construcción del conocimiento científico.
- No obstante el importante tiempo en horas que se dedica a la enseñanza en ciencias en la educación diversificada, la visión fragmentada con que se asumen los programas de estudio no permite articular temáticas entre disciplinas, conformar espacios comunes ni desarrollar un abordaje metodológico coherente con la naturaleza de esta disciplina.
- La organización de los procesos de aprendizaje de las ciencias en la educación secundaria en general está orientada a la preparación de los estudiantes para aprobar los exámenes y no tanto para el desarrollo del pensamiento científico, como lo plantean los programas de estudio en su fundamentación.
- No existen estudios que establezcan una relación del aprendizaje de las ciencias de la educación primaria o secundaria con el desempeño de los jóvenes en otros ámbitos que no sean los universitarios.
- Con los programas de formación docente para el I y II ciclos de la Educación General Básica los estudiantes no logran conformar una visión amplia y clara acerca de la naturaleza del pensamiento científico y de las características propias del trabajo de los científicos; razón por la cual resulta difícil la incorporación de dinámicas de enseñanza de ciencias en las aulas en donde se aprovechen la amplitud de formas de aproximarse a la realidad y la flexibilidad que le es propia a las disciplinas científicas para desarrollar explicaciones viables de los problemas y situaciones que intenta resolver o explicar.
- La formación de docentes para la enseñanza de las ciencias se ha concentrado históricamente en las universidades públicas, sin embargo en los últimos años algunas universidades privadas han incorporado planes de

estudio para la formación de docentes de secundaria en el ámbito de las ciencias naturales.

- La formación de docentes para la enseñanza de ciencias en Costa Rica se caracteriza porque los planes de estudio se basan en una combinación de cursos de la especialidad y cursos del área de Educación. En general se dedica un tercio de los créditos a cursos en el área de pedagogía. En otros países para llegar a ser docente de ciencias se requiere una especialidad en una disciplina científica y luego se complementa con cursos del área de Educación.
- Entre el 2002 y el 2008 el número de diplomas en enseñanzas de las ciencias en universidades estatales ha venido disminuyendo.
- El país cuenta con una diversidad de oportunidades para enriquecer los procesos de educación científica (museos, parques nacionales y reservas biológicas, centros de investigación, bibliotecas, ambiente natural), solo que por una cultura de restricción escolar se visitan poco y no se vinculan con los procesos formales en las aulas escolares.

## **Introducción**

El presente documento pretende ser un acercamiento al estado de la Educación Científica en Costa Rica. El propósito fundamental es ofrecer una visión general del desarrollo y estado actual de la Educación Científica en el país y los desafíos que se tienen en esta materia. Se trata de un tema de especial relevancia no solo por las apuestas que el país ha venido haciendo para el desarrollo futuro que cifran especial atención en el desarrollo científico, tal y como lo refleja la denominada Estrategia hacia el Siglo XXI propuesta en el año 2005; sino además porque en un contexto de desarrollo como el actual, marcado por el acelerado crecimiento del conocimiento y la tecnología, potenciar habilidades claves como la indagación, la observación y la resolución de problemas se convierte cada día más en un imperativo para el desarrollo nacional.

Promover la generación de ciudadanos críticos, con capacidad de resolución de problemas cada vez más complejos y de generación de alternativas de solución a dichos problemas solo es posible promoviendo cambios al interior de nuestro sistema educativo y las formas como dentro de este sistema se promueve la enseñanza de las ciencias. Implica asimismo revisar cómo se ha venido dando la formación docente en este campo, valorando sus fortalezas y sus debilidades así como los desafíos que ésta tiene que asumir.

Los resultados que en los últimos años vienen mostrando las pruebas de bachillerato en materias como física, química y biología encienden señales de alerta sobre la necesidad de entender mejor las causas que pueden estar a la base de los bajos rendimientos que presenten algunos centros educativos, además de que los promedios nacionales resultan ser relativamente bajos para los estándares de calidad que aspira alcanzar el sistema educativo como un todo.

Son diversos los factores que intervienen en la enseñanza de las ciencias en el país: los programas de formación docente, la organización del curriculum, las prácticas pedagógicas en el aula, las condiciones de infraestructura, entre otros. En este trabajo se pone especial atención al tema de la formación de docentes para asumir las tareas de la educación científica y para ello se hace un acercamiento a los programas de estudio en las universidades públicas y privadas a partir de una muestra de programas analizados.

El informe está organizado en siete apartados básicos: el primero se detiene en aclarar algunas distinciones básicas que hay que tener a la hora de hablar de ciencias y la enseñanza de las ciencias destacándose esta última como un campo profesional específico con características particulares. En un segundo apartado se destacan las principales tendencias que marcan la enseñanza de las ciencias en el mundo y en Costa Rica. El tercero destaca lo que hoy por hoy se consideran son las habilidades y destrezas más importantes que debería promover en los educandos la educación científica. En el cuarto se realiza un balance de lo que ha sido en el país el desarrollo de la educación científica, especialmente centrado en la educación general

básica y el Ciclo diversificado. La quinta parte hace un análisis sobre la formación que reciben los docentes en las ramas científicas en las universidades públicas y privadas, utilizando para el ello el análisis de una muestra de planes de estudio. El sexto apartado hace una revisión de buenas prácticas internacionales en materia de políticas y prácticas educativas orientadas a favorecer la enseñanza de las ciencias. El séptimo y último apartado consigna las conclusiones y las recomendaciones en materia de agenda de investigación futura.

## **I. Distinciones básicas entre ciencias y la enseñanza de las ciencias**

Para comprender mejor el estado de la educación científica es importante distinguir el significado de algunos conceptos que resultan de gran relevancia en el discurso educativo. La mayoría de las veces, para referirse a los procesos de educación científica, ésta se ha reducido a un simple proceso de enseñanza de ciencias naturales, y éste generalmente centrado en la difusión o reproducción de información científica propia de cada una de las disciplinas básicas que componen esta área del conocimiento. Se ha perdido la oportunidad de incluir el potencial de formación científica que ofrecen todas las áreas que componen el currículo escolar.

Cuando se habla de las disciplinas científicas, se refiere a ellas en tanto corpus de conocimiento especializado, que incluye elementos conceptuales, de caracterización de hechos específicos de su campo de acción, de procedimientos y metodologías; así como aquellos propios del lenguaje específico de la disciplina y los principios éticos y estéticos que configuran los referentes desde los que se valida el conocimiento. Por tanto, para tener una buena comprensión de una disciplina científica es necesario un estudio cuidadoso de ese corpus de conocimiento, pero también se requiere un estudio profundo de las perspectivas epistemológicas desde las que se explica y comprende el conocimiento, además de las perspectivas históricas, filosóficas, sociológicas desde las cuales se le da sentido al conocimiento generado en momentos históricos particulares. Generalmente, de las disciplinas científicas se habla de sus conceptos y los principios básicos de producción del conocimiento, pero poco se analizan, discuten y comprenden los demás elementos, lo que reduce el potencial de quienes se llaman científicos para un análisis crítico de sus propios saberes. Estas caracterizaciones son necesarias en todas las áreas del conocimiento científico y no solo en el caso de las ciencias naturales.

Cuando las ciencias naturales se llevan al plano de la educación, igual que sucede con todas las disciplinas que forma parte de los planes de estudio escolar, éstas requieren ser transformadas en contenidos curriculares, que tengan alto potencial para transformar el pensamiento de quienes aprenden, si la aspiración es promover una educación de calidad; o sea que se requiere identificar el valor pedagógico del contenido de la disciplina. De acuerdo con lo que plantea Shulman (1987), para que de una disciplina se logre aprovechar el máximo potencial que tiene para contribuir a la formación integral de las personas (educación), es fundamental que quien tiene a cargo la promoción de los procesos educativos tenga una amplia comprensión de la estructura de la disciplina y de sus vinculaciones con otras disciplinas. Es a partir de esta comprensión como se podrá entonces identificar los elementos con potencial

para formar a las personas: lenguajes particulares, procedimientos en la construcción del conocimiento, formas apropiadas de representar y validar el conocimiento, principios éticos a seguir en el tratamiento de la información y las fuentes que la producen, así como los criterios estéticos para valorar la calidad de los conocimientos que se generan.

Se puede decir entonces que existe una gran diferencia entre saber ciencias, en términos de información y capacitación especializada de las mismas, y estar preparado para ser un buen educador de las ciencias. Es desde esta perspectiva que se puede afirmar que existe necesidad de fortalecer los programas de formación de educadores de ciencias para todo el sistema educativo, de manera que se pueda lograr que quienes actúan como educadores de ciencias no solo tengan conocimientos conceptuales de la disciplina, sino que además sean capaces de comprender la disciplina en toda su complejidad para convertirla en herramienta pedagógica integral para contribuir a la formación científica de las futuras generaciones. Podría decirse que esta afirmación es válida para cualquiera de las áreas disciplinarias y no solo para el caso particular de las ciencias naturales.

## **II. Principales enfoques y tendencias que marcan la enseñanza de las ciencias en el mundo y en Costa Rica**

Los enfoques de enseñanza de ciencias están marcados por los intereses en momentos específicos y por las políticas nacionales e internacionales establecidas por los organismos encargados del desarrollo de la educación. En el caso de Costa Rica, como tendencia general se ha asumido en la práctica formal que lo que interesa en la educación científica es que los estudiantes conozcan lo que la ciencia hace y lo que ha logrado, ya que ha predominado un enfoque centrado en el dominio de contenidos conceptuales que se pueden evaluar fácilmente, antes que en la aplicación práctica del método científico. Esta tendencia se observa en los procesos educativos formales tendientes a la preparación de los estudiantes para rendir en las pruebas nacionales y en la supuesta preparación para su ingreso al nivel superior del que se encuentran. Por ejemplo, el Ciclo Diversificado centra su interés en la preparación para el bachillerato y la universidad, aún cuando se sabe que no todos van a la universidad y que además la fundamentación de los programas no establece eso como el fin último de la educación. Se espera que con la incorporación del país a sistemas internacionales de evaluación que definen perfiles diferentes se logre un cambio significativo en la orientación de la forma en que se asumen las prácticas educativas.

La tendencia mundial actual, como lo señala la UNESCO<sup>1</sup> es el desarrollo de una educación científica que promueva la capacidad para hacer frente a riesgos, tomar decisiones en situaciones de emergencia y desarrollar estrategias de supervivencia, entre otros. Es esta la orientación desde la que se vienen desarrollando las pruebas

---

<sup>1</sup> UNESCO (s.f). Habilidades para la vida a través de la educación científica. Organización de las naciones unidas para la educación, la ciencia y la cultura. Oficina Regional de Educación par América Latina y el Caribe.

PISA<sup>2</sup> en el ámbito internacional y SERCE<sup>3</sup> en Latinoamérica, con la intención de valorar no sólo el dominio de los saberes conceptuales de las disciplinas sino la capacidad de los estudiantes para hacer uso de esos saberes en situaciones de la vida cotidiana. Recién se ha iniciado en Costa Rica la participación en pruebas PISA y de los resultados de pruebas SERCE que se han dado a conocer, Costa Rica no participó en el área de las ciencias naturales.

Normalmente esta capacidad para vincular la ciencia con la vida cotidiana no la logran los estudiantes en los salones de clase, sino que, como señala el National Research Council of the National Academies de los Estados Unidos de Norteamérica (2001), estos son aprendizajes que se logran por el contacto con espacios informales fuera de los salones de clase como museos, parques, programas de televisión, bibliotecas, revistas, excursiones familiares o aquellas actividades complementarias del currículo escolar tipo ferias científicas o concursos vinculados al conocimiento escolar y su relación con el medio.

En el caso particular de Costa Rica existe diversidad de oportunidades para ampliar las vivencias curriculares en el ámbito de las ciencias naturales. Existen espacios educativos enriquecedores que ofrecen los museos, los parques nacionales, los zoológicos, las reservas biológicas, las estaciones de investigación, algunos proyectos específicos de las universidades, o los espacios naturales cercanos a los centros educativos, además de programas exitosos que se han institucionalizado como la feria científica (ver recuadro), actividades que organiza CIENTEC (Ver recuadro), las olimpiadas de Física, Química y Biología (ver recuadro), entre otros. Todos estos espacios bien aprovechados agregan valor a la educación científica; sin embargo todavía existen muchas comunidades educativas que no tienen acceso a estas oportunidades, en parte por su ubicación geográfica, pero en otras por los temores que existen en los centros educativos de movilizar a sus estudiantes, o por falta de información al respecto. Este es un aspecto que requiere ser retomado en los procesos de formación y capacitación de docentes, pero además en los programas de estudio se debe hacer referencia explícita a la importancia de aprovechar estos recursos, para lo cual se requiere generar una política nacional de apoyo al desarrollo de actividades educativas que permitan a los estudiantes estar en contacto cercano con estos medios.

Un aspecto que se ha venido trabajando en los últimos años, con la participación del Ministerio de Educación Pública, la Académica Nacional de Ciencias, la Estrategia Siglo XXI y el apoyo de la UNESCO es el relacionado con la incorporación del concepto de indagación como base para la organización de las experiencias pedagógicas en la enseñanza de las ciencias (ver recuadro). A pesar de que este no es un concepto nuevo en el ámbito de la educación científica, ya que el mismo tiene su origen en el desarrollo de programas educativos de los años 60 del Siglo XX en

---

<sup>2</sup> Gil Escudero, G. (). El proyecto PISA de la OCDE. Madrid, España: Ince. <http://www.ince.mec.es/pub/pisa.htm> (15-8-2010)

<sup>3</sup> UNESCO (2010). Factores Asociados al logro cognitivo de los estudiantes de América Latina y el Caribe. Proyecto LLECE, Santiago, Chile: Salesianos Impresores, S.A.



los Estados Unidos, es importante señalar que es en la década del 2000 cuando cobró fuerza en ciertos países, dado que científicos de renombre interesados en elevar el nivel de formación científica desde edades tempranas, encontraron en este enfoque una riqueza enorme para involucrar a los niños y jóvenes en prácticas educativas sustentadas en la naturaleza de las disciplinas científicas, esto es, en las formas en que las ciencias construyen sus conocimientos. Es así como surgen proyectos puntuales liderados en principio por científicos reconocidos como Lederman en los Estados Unidos (premio nobel de Química), Charpac, Lenà y otros en Francia, todos interesados en elevar el nivel de incorporación de vivencias de educación científica en las escuelas y desde ahí la tendencia se ha extendido a diferentes partes del mundo (ver sección de experiencias exitosas).

Costa Rica se ha incorporado recientemente a esta corriente de indagación y educación científica, que se podría decir que ha significado un retomar experiencias previas desarrolladas en diferentes proyectos en universidades, escuelas, centros específicos interesados en la educación científica (CEMEC, por ejemplo), y existe hoy día un gran interés desde las autoridades educativas por incorporar esta perspectiva a los salones de clase. Es importante mencionar que las instituciones que apoyan esta iniciativa ven en ella una oportunidad para promover en la niñez y la juventud en el país una educación científica auténtica que logre vincular los saberes con los entornos de la vida en los que les corresponde vivir y convivir con otros.

### **III. Principales habilidades y destrezas que hoy se busca promover con la educación científica**

Las nuevas tendencias de educación científica apuntan al desarrollo de capacidades de las personas que les permitan actuar en todos los ámbitos de la vida con una perspectiva científica en lo que hacen. Como plantea Garritz (2006),

*Los objetivos de esa nueva educación en ciencias se contraponen a los que caracterizaron a la educación en "Ciencias para la elite":*

- 1. Los contenidos revestirán una obvia e inmediata relevancia social y personal para los aprendices, partiendo de lo que ya saben, de su experiencia previa a la escuela.*
- 2. Las habilidades prácticas y el conocimiento tendrán criterios de logros que todos los aprendices puedan alcanzar hasta algún nivel.*
- 3. Los temas, tópicos o secciones serán visibles constantemente para poder elucidar las partes componentes del aprendizaje.*
- 4. La pedagogía explotará las demostraciones y las prácticas que son inherentes a las ciencias y al aprendizaje cultural que se obtiene en forma previa o fuera de la escuela.*
- 5. El aprendizaje de habilidades prácticas y cognitivas surgirá como consecuencia fluida de la relevancia y significatividad de los tópicos de la naturaleza de la ciencia, más que como motivo primario del aprendizaje.*

6. La evaluación reconocerá tanto los conocimientos previos que los aprendices tienen sobre la ciencia, como sus logros subsecuentes en el resto de los criterios que componen el currículo.

En las conocidas pruebas PISA (Programa para la que se realizan en el marco de los países integrantes de la OECD y en las que Costa Rica empezará a participar en el 201, se valoran las competencias científicas entendiendo por ellas la capacidad de usar los conceptos y el conocimiento científico plantear e identificar problemas y establecer conclusiones con base en evidencias. Se espera que las personas puedan desarrollar la capacidad de entender, tomar decisiones y plantear soluciones sobre el mundo natural y los cambios provocados por la actividad humana. El siguiente cuadro resume los aspectos que se consideran claves de evaluar en los estudiantes.

**Cuadro 1.**  
**Dominios evaluados pruebas PISA**

## Resultados claves: PISA

Calidad como desempeño evaluado en dominios claves

Area de evaluación	Lectura	Matemáticas	Ciencias
Definición y características	Comprensión, reflexión y capacidad de utilizar lectura para cumplir metas de cada cual en la vida	Capacidad de reconocer y formular problemas matemáticos en distintas situaciones	Comprensión de conceptos científico y capacidades para entender y aplicar razonamiento científico
Contenidos	Materiales continuos como narraciones y argumentaciones y discontinuos: listas, gráficos, formularios	Biodiversidad, fuerzas y movimientos, cambios fisiológicos	Cantidad, espacio y forma, cambio y relaciones, incertidumbre

Fuente: Sobre la base de OECD, Informe PISA 2003, Figura 1.2.

En América Latina, la medición de destrezas más regular es la que realiza la Oficina Regional de Educación OREALC/UNESCO de Santiago, que en el marco del llamado Laboratorio Latinoamericano de la Evaluación de la Calidad de la Educación (LLECE) ha promovido el Estudio Regional Comparativo explicativo (SERCE) en el que Costa Rica ha participado. En este proceso se evalúan los aprendizajes y destrezas de los estudiantes de primaria (tercero y sexto) en matemática, lengua y ciencias naturales en tres grandes dominios (Seres Vivos, Tierra y Ambiente y Materia y Energía) y considerando tres procesos cognitivos principales: reconocimiento de conceptos; interpretación y aplicación de conceptos y solución de problemas tal y como se resume en el siguiente cuadro:

**Cuadro 2.**  
**Descripción de procesos cognitivos evaluados por la Prueba de Ciencias de SERCE, LLECE**

Procesos cognitivos	Descripción
Reconocimiento de problemas	Comprende la identificación de los conceptos básicos y las reglas de uso de las ciencias, distinguiendo los de este ámbito de aquellos que corresponden a otros campos; la identificación de conceptos y fenómenos y el reconocimiento de notaciones de uso científico.
Interpretación de Conceptos y aplicación	Abarca la interpretación y uso adecuado de conceptos científicos en la solución de problemas sencillos que corresponden a situaciones cotidianas donde participa una sola variable; la identificación de variables, relaciones, propiedades; la interpretación de las características de los conceptos y sus implicaciones y la identificación de conclusiones y predicciones.
Solución de problemas	Comprende la delimitación y representación de situaciones planteadas, la organización y el tratamiento de la información disponible; el reconocimiento de las relaciones causa- efecto y de regularidades que explican una situación; la interpretación y la reorganización de información dada; la selección e información necesaria para resolver un problema; el planteo de hipótesis y estrategias de solución, así como la identificación de su pertinencia

Fuente: Serce: LLECE, 2009, Chile

En general las destrezas a las que hoy aspira apuntan a una enseñanza de las ciencias basada en la investigación y en el desarrollo del pensamiento crítico en los estudiantes, con un enfoque metodológico que privilegia aspectos fundamentales como la observación, la experimentación, la resolución de problemas y la fundamentación de las opiniones con base en la evidencia. En los apartados que siguen se trata de aportar elementos que permitan valorar si el desempeño nacional en materia de la enseñanza de las ciencias se acerca o no a la promoción de estas competencias.

Desde la perspectiva de la indagación se espera en primer lugar que, para su incorporación en los procesos educativos, se le visualice desde la necesidad de contar con el apoyo de una política educativa que le de los soportes que articulen los esfuerzos de los diferente actores del proceso educativo. Si existe un verdadero interés por la educación científica, no solo de enseñanza de ciencias, es necesario brindar apoyos de formación, capacitación, infraestructura y flexibilidad curricular que permitan la creación de espacios positivos para el logro del propósito fundamental de la educación científica, que es el desarrollo del pensamiento y de capacidades para la vida.

Si se analizan los intereses de proyectos como los que apoya la UNESCO, el tipo de educación que se promueve desde los estándares de PISA y el Programa Manos en la Masa, todos centran su interés más allá de la reproducción de información científica y en su lugar promueven el desarrollo de capacidades para la vida, que se concretan en competencias complejas que articulan saberes, actitudes, destrezas,

valores, lenguajes especializados y procedimientos propios del razonamiento científico. Esto implica entonces un abordaje diferente de los procesos educativos que tendrá incidencia en las formas de organizar las interacciones entre asesores pedagógicos, supervisores, directores de centros y colegas de trabajo.

#### **IV. La Educación científica en Costa Rica: Balances y Perspectivas**

Como todo proceso educativo, la educación científica responde a patrones complejos de articulación de acciones en los que diversidad de actores y visiones de mundo se entremezclan y conforman la práctica educativa en este campo. Para comprender el estado de la Educación científica en el país a esta fecha es necesario hacer un breve recorrido por lo que ha sucedido en este campo en un periodo amplio de la historia de la educación nacional.

Para el desarrollo de este documento se asume el concepto de prospectiva aplicado a la educación científica. Según este concepto, para comprender y sustentar una perspectiva de desarrollo en cualquier campo del quehacer humano es necesario tener clara la retrospectiva, como aquello que se ha ido construyendo en el camino; una idea clara de la situación por la que se transita, como esos espacios paralelos que se van complementando uno a otro, para que a partir de ambas visiones se pueda remontar la mirada al futuro que se desea alcanzar y para el cual se está dispuesto a invertir los mejores recursos y el pensamiento necesario para convertirlo en una realidad.

La idea de este documento es que si se tiene una mirada crítica del estado actual de la educación científica, se podrá entonces idear rutas posibles a seguir para contribuir al desarrollo de la educación científica en el país y a partir de ahí contribuir a su desarrollo, como consecuencia de un uso racional de los recursos con que se cuenta, con un desarrollo pleno de las capacidades humanas y en entornos amigables con el ambiente.

#### **Orígenes y desarrollo inicial de la educación científica**

La educación científica en Costa Rica debe verse en primer lugar como un campo al que desde muy temprano en la historia nacional se le empezó a dedicar atención. Lo planteó el Dr. José María Castro Madriz en 1844 cuando dijo “Triste del país que no tome a las ciencias por guía en sus empresas y trabajos. Se quedará postergado, vendrá a ser tributario de los demás y su ruina será infalible, porque en la situación actual de las sociedades modernas, la que emplea más sagacidad y saber, debe obtener ventajas seguras sobre las otras”. Así, también encontramos evidencia en los albores del siglo XX, con los programas de educación que promovían una educación en la que lo científico para nada se quedaba marginado. Fue común hasta los programas que se ejecutaban a inicios de los años 60 del siglo XX que se trabajara una visión de ciencia descriptiva bastante cercana a los contextos de los estudiantes. Fue común la enseñanza de la botánica, la zoología, la mineralogía, y la geología como campos que permitían a los estudiantes acercarse al estudio del

entorno natural en el que se desarrollaban y cuya comprensión requería del estudio de los principios fundamentales de las ciencias básicas: Física, Química y Biología.

Al final de los años 60 del siglo XX se introdujo la visión de las ciencias integradas en el III Ciclo de la Educación General Básica y se promovió el uso del laboratorio como base para el aprendizaje de las ciencias. En los dos últimos niveles de la Educación Secundaria se siguió trabajando en las áreas de especialidad de Física, Química y Biología, en realidad para una élite de estudiantes, dada la pirámide educativa que estaba expuesta a altos niveles de deserción a lo largo del proceso educativo.

El estructurar los programas de estudio a partir de la visión de ciencias generales en la educación secundaria hizo que las escuelas formadoras de docentes empezaran a preparar docentes en el ramo de las ciencias generales para atender el III Ciclo de Educación General Básica y otros en los campos de especialidad de Física, Química y Biología para atender el Ciclo de Educación Diversificada. La idea de las ciencias generales con una perspectiva integradora pretendía un acercamiento a los principios de las Ciencias Básicas (Física, Química y Biología), a partir de la comprensión de situaciones comunes del entorno, razón por la cual los programas estaban centrados en temáticas de ciencias de la tierra y el espacio principalmente, con un acercamiento del estudiante hacia el análisis de tópicos relacionados con el ambiente. En estos programas se estudiaban temas asociados al vulcanismo, las mareas, los procesos de erosión, la vida en el planeta, entre otros, los cuales requerían que ante situaciones comunes los estudiantes fuesen explorando y buscando explicaciones desde las perspectivas de las ciencias básicas.

Por su parte, las áreas específicas de Física, Química y Biología a principios de los años 70 empezaron a introducir el uso de programas, textos y orientaciones pedagógicas que se venían utilizando en los Estados Unidos. Así encontramos que se aplicó con carácter experimental el programa Chem Study, como experiencia alternativa al programas y los materiales que para entonces preparaba y distribuía el Ministerio de Educación Pública por medio de la asesoría Nacional de química y el Centro para el mejoramiento de la educación científica (CEMEC) que ofrecía capacitaciones y distribuía materiales para el trabajo de laboratorio.

La Educación primaria por su parte seguía con una práctica de educación científica como un asunto de segundo o tercer orden, ya que lo principal seguían siendo la lectura, la escritura y la matemática.

A pesar de los esfuerzos pedagógicos que realizaban los docentes en secundaria, los diagnósticos de ingreso que realizaban las universidades a finales de los años 70 del siglo XX indicaban que la gran mayoría de estudiantes no llegaban preparados para enfrentar con éxitos los cursos universitarios de ciencias, particularmente en Química. Esto hizo que desde el Departamento de Química de la Universidad Nacional se promoviera la creación de un programa interinstitucional para el mejoramiento de la enseñanza de química en el año 1979 en el que en principio participaron la Universidad Nacional, la Universidad de Costa Rica, el Instituto Tecnológico de Costa Rica y el CEMEC por parte del Ministerio de Educación

Pública. Del trabajo conjunto de estas instituciones y de la conformación de equipos interdisciplinarios se definieron lineamientos en cuanto a la perspectiva filosófica y epistemológica con que se debían abordar los procesos de enseñanza de la química, se trabajó en investigación sobre los procesos de aprendizaje asumiendo en principio las orientaciones de la psicología de Jean Piaget y de manera conjunta trabajando con los docentes se fueron conformando orientaciones pedagógicas propias y coherentes con la fundamentación teórica desde la que se estaba partiendo.

Esta fue la base para que en coordinación con el Ministerio de Educación, la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional conformara programas de apoyo al mejoramiento de la enseñanza de las Ciencias Generales, Física, Química y Matemática que durante la década de los años 80 abrieron espacios de discusión en el ámbito universitario en torno a educación científica, ofrecieron formación y capacitación a docentes, se prepararon materiales de apoyo para el desarrollo de los programas de estudio, se realizó investigación y se abrieron espacios para la discusión acerca de las orientaciones que debía tomar la educación científica en el país.

Estos programas de apoyo al mejoramiento de la educación científica estuvieron marcados por una fuerte influencia de las tendencias educativas de esa época, que se sustentaban en los planteamientos de Jean Piaget, para lo cual la exploración y la experimentación juegan un papel fundamental en la organización de espacios de aprendizaje apropiados para promover el desarrollo de los programas educativos. El fin último de la enseñanza de las ciencias no estaba en cubrir los conceptos que se proponían en los programas de estudio, sino en el desarrollo de estructuras de pensamiento que les permitieran a los estudiantes abordar las situaciones diversas de la vida con una perspectiva científica. Para muchos de los docentes participantes de estos programas, las pruebas de bachillerato que se establecieron al final de la década de los 80 les significaron un conflicto por estar centradas básicamente en la evaluación de conceptos; aún así hubo docentes que continuaron con las orientaciones de las propuestas alternativas, pero la presión por terminar el programa tuvo una gran influencia en estos procesos y en su mayoría terminó privando la idea de cubrir el programa, sobre el principio de promover la comprensión de las temáticas y la construcción significativa del conocimiento.

Por otra parte, durante el periodo de los años 80, en el Ministerio de Educación se cuestionaba la idea de las ciencias generales o visión integrada de las ciencias y fue el periodo en el que aunque no se cambió el nombre de la asignatura en la estructura curricular, si el Consejo Superior de Educación aprobó el cambio en los contenidos de los programas del III Ciclo de la Educación General Básica, por uno centrado en las disciplinas básicas de la ciencia: Física en séptimo año, Química en octavo año y Biología en noveno año, bajo el supuesto de que, de esta manera los estudiantes tendrían mejores bases para llegar al ciclo diversificado a los cursos de Física, Química y Biología. En este mismo periodo se realizó por parte del Instituto de Investigaciones para el mejoramiento de la Educación Costarricense (IIMEC) un diagnóstico evaluativo nacional sobre la enseñanza de las ciencias que permitió

analizar la situación y reflexionar en torno a formas posibles de contribuir a su mejoramiento (Delgado, et al, 1986).

En el mismo periodo se discutió y cambió la distribución de los cursos de las áreas básicas de ciencias en el Ciclo Diversificado, pasando de tener un área opcional de Física o Química en el último año de secundaria, a materias obligatorias durante los dos últimos años con tres horas por semana cada una. Este cambio llevó a la estructura curricular que está vigente hoy día, en la que se pasó de cuatro lecciones de Física y cuatro lecciones de Química en décimo año (8 en total) y cuatro lecciones de biología en undécimo y cinco de una opcional (9 en total de ciencias) a una estructura en la que se enseñan tres lecciones de cada asignatura de ciencias (9 lecciones en total) durante los dos últimos años. Esta propuesta parece no haber sido comprendida muy bien como un aumento real en el número de lecciones, sino más bien como una limitación o disminución en el número de lecciones de ciencias en el ciclo diversificado.

Con la estructura anterior un estudiante podía terminar la secundaria habiendo recibido cuatro horas por semana de Física o Química durante un año y no volver a recibir más de una de estas dos áreas durante el año siguiente en educación media y en su vida. Con la propuesta vigente, la idea es que todos los estudiantes reciban tres horas por semana de cada una de las áreas básicas por un periodo de dos años. De alguna manera este cambio agregó lecciones a cada área. No obstante la intención de aumentar el tiempo que se dedica a la enseñanza de ciencias en el ciclo diversificado, por la visión fragmentada con que se asumen los programas de estudio, no se logran articular temáticas entre las disciplinas o conformar espacios comunes de trabajo, razón por la cual, aun cuando ciencias es el área que más número de lecciones tiene en el plan curricular del Ciclo Diversificado, no se aprovecha esto para el desarrollo de un abordaje pedagógico coherente con la naturaleza de esta disciplina y persiste la queja de la deficiente formación de los estudiantes para asumir estudios universitarios en cada una de estas áreas. No hay evidencia de estudios que analicen el valor del conocimiento científico que adquieren los estudiantes en este nivel para su desempeño en la vida cotidiana o en el mundo del trabajo, para aquellos graduados del sistema que no continúan en estudios universitarios.

Durante la década de los años 80 surgió la ley N° 7169 de promoción del desarrollo científico, desde la cual se genera entre otros las bases que le dan sustento a la creación de la Fundación para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología (CIENTEC) (ver recuadro1) y la misma sirve de base para sustentar la normativa sobre la que se crea el sistema de Colegios Científicos de Costa Rica (ver recuadro 2). CIENTEC y los Colegios Científicos han jugado un papel muy importante en la movilización de los estilos de pensamiento de los estudiantes respecto a la ciencia y la forma en que ésta construye sus conocimientos. Además, este periodo marca el inicio del programa de Ferias Científicas en el sistema educativo costarricense como elemento enriquecedor de las experiencias educativas en el área de las ciencias, programa que continúa hoy día con mucho éxito y que cuenta con el apoyo de diversas instituciones estatales y privadas. El programa de Ferias Científicas es una acción

conjunta de instituciones de educación superior, que junto al Ministerio de Educación Pública, el Ministerio de Ciencia y Tecnología y con el apoyo de empresas privadas logran apoyar a docentes y estudiantes en todo el país para el desarrollo de proyectos de investigación científica y tecnológica que son sometidos a la valoración de expertos en los diferentes momentos, hasta llegar a una exposición nacional que premia a los mejores trabajo del país. Algunos de estos proyectos tienen la posibilidad posterior de participar en una feria internacional con el apoyo de INTEL como patrocinador (Representante de Intel, comunicación personal, 2010)

---

### **Recuadro 1.**

#### **Aportes de CIENTEC a la educación científica del país**

La Fundación para el Centro Nacional de la Ciencia y la Tecnología (CIENTEC), es una organización sin fines de lucro, ONG fue creada en 1989 con dos objetivos fundamentales que dirigen sus acciones a los ámbitos de la educación formal y la no formal. Su principal objetivo es “contribuir al desarrollo de una cultura científica y tecnológica que potencie a las personas con equidad, que estimule su curiosidad, les dote de instrumentos y conocimientos básicos para observar, experimentar, crear modelos, reconocer fuentes de información confiable, resolver problemas y desarrollar criterios propios; cualidades que les permitan funcionar como individuos creativos y autónomos, y como miembros activos dentro de la sociedad. Desde su inicio CIENTEC ha creado redes de trabajo con entidades públicas y privadas y ha desarrollado alianzas nacionales e internacionales para impulsar programas de mejora de la enseñanza -dentro de las aulas- y en pro del desarrollo de estrategias divulgativas de C&T para la apropiación social del conocimiento.

También ha impulsando programas como “Matemática para la Familia”, talleres de capacitación en metodologías participativas y de indagación de las ciencias para educadores (de preescolar, primaria y secundaria); formatos novedosos para mostrar la ciencia como proceso humano, de comprensión del mundo y de búsqueda de la solución a problemas (ferias, festivales y concursos); programas lúdicos para enriquecer con ciencia el tiempo libre de las familias con ciencia, y produciendo recursos educativos, algunos en formatos no tradicionales. Con base en la trayectoria de la primera década de funcionamiento, a partir de 1998 CIENTEC instituyó una serie de programas periódicos, que se han incorporado al calendario escolar y a la práctica de profesionalización de la educación costarricense. Entre ellos, el Festival Internacional de Matemática, un congreso para educadores cada dos años; el Congreso Nacional de Ciencia, Tecnología y Sociedad para educadores, con una periodicidad anual; el programa de la época seca para familias y comunidades “Astronomía en el Parque” y el Certamen Nacional de Ensayo Científico, dirigido a estudiantes adolescentes. Los programas para educadores se han realizado en el Valle Central y en otras regiones, permitiendo un amplio intercambio con especialistas locales y extranjeros de diversas procedencias (Universidad de California, Massachussets Institute of Technology, Museo Exploratorium, Universidad Autónoma de México, programas de popularización de C&T en América Latina, entre otros) que comparten sus visiones y estrategias didácticas de las ciencias y se vinculan con la comunidad educativa en el país.

En esta segunda década también se ha experimentado con otros programas para enriquecer la cultura con más ciencia, como son el “Café Cientifique”, un programa de conversación de temas de ciencia y tecnología para adultos; las campañas de “Ciencia en la Calle”, a través de carteles y concursos en las paradas de los buses –MUPIs-, los Festivales de cine de ciencia y ciencia ficción; los programas de “Ciencia y Sociedad”, que presentan panoramas para involucrar a los participantes en un debate temático, y en giras educativas alrededor de fenómenos específicos (eclipses lunares y solares, migración de gaviñanes, observación de cielos oscuros, desove de tortugas marinas y más.) En esta incorporación de más ciencia en la cultura, CIENTEC también viene trabajando con otro importante grupo: los comunicadores y periodistas mediante talleres y congresos para impulsar el periodismo científico y la comunicación de las ciencias. También desde el 2006 distribuye la revista de ciencia para adolescentes y adultos “¿Cómo Ves?, ha realizado presentaciones de libros de divulgación



científica por autores latinoamericanos e impulsó el primer concurso latinoamericano de Novela Breve de Ciencia Ficción, ganada por un costarricense. Muchas de estas acciones se realizan a través de la Red de Popularización de la Ciencia y la Tecnología en América Latina y el Caribe, RedPop-Unesco, una red de programas de educación formal, no formal, periodismo científico y centros de ciencia, en la que CIENTEC participa como miembro fundador, fue director y actualmente coordina el “Nodo Central-Norte”.

En los últimos once años, CIENTEC también se desarrolló en el mundo virtual con mucho éxito. Desde el 2000 se incorporó a la Internet con un sitio web que aloja todos los recursos desarrollados en los programas, incluyendo las memorias de los congresos, boletines electrónicos, los festivales y los ensayos ganadores de los concursos juveniles. De esta manera, abre nuevas ventanas de interacción con el público y genera otros espacios de publicación de recursos, donde también se estimula el aprendizaje entre pares (estudiantes colegiales y educadores de aula). Desde este “Centro Virtual de Ciencias de CIENTEC” se responde a consultas y se guía a los jóvenes, educadores y padres de familia a los recursos existentes y a otras fuentes confiables, para seguir aprendiendo. A partir del 2006 el portal educativo inició su transición de la Web 1.0 a la 2.0, abriendo una sombrilla de blogs y albergando una comunidad de pedagogos y comunicadores de la ciencia, entre ellos, uno de los programas más exitosos ha sido la alianza con RadioU para la creación de microprogramas para adolescentes que se transmiten en la radio y se cuelgan en la web como podcasts. Esta revolución en medios digitales trajo nuevas oportunidades razón por la cual CIENTEC ha incursionado desde el 2009 en el ámbito de los derechos de autor, el uso de diversidad de licencias, el software libre, y los esfuerzos colectivos para respaldar la creatividad, nuevas formas de hacer negocios y el conocimiento compartido.

Fuente: Castellá, León Alejandra

---

## **Recuadro 2.**

### **El Sistema Nacional de Colegios Científicos de Costa Rica**

La propuesta para la creación del Sistema Nacional de Colegios Científicos de Costa Rica se conoció en el Consejo Superior de Educación, según consta en el acta número 1489 del 21 de febrero de 1989, ahí se aprobó su creación. La ceremonia inaugural de la creación de las dos primeras sedes (San Pedro y Cartago) se llevó a cabo el día 2 de abril de 1989. Iniciaron funciones el 12 de abril de 1989. Esta creación fue ratificada por el Decreto 19059-MEP, el 8 de mayo del mismo año y publicado en el Diario La Gaceta N° 129 del 7 de julio de 1989. Posteriormente, con la aprobación de la Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico (Ley 7196), sancionada el 26 de junio de 1990 y publicada el 1° de agosto de 1990, los Colegios Científicos de Costa Rica adquieren rango legal. Mediante del decreto 21731-MEP-MICIT se reglamenta la Ley 7169 y se deroga el decreto 19059-MEP. En la Ley 7169, no sólo, se define la estructura organizativa básica de los Colegios Científicos articulada con las políticas nacionales afines, sino también, se establece la procedencia de los fondos económicos para su debido funcionamiento y sostenibilidad.

De conformidad con la Ley 7169, artículo 57, el objetivo de los colegios científicos es la formación integral de sus estudiantes, considerando los más altos valores costarricenses en el marco de un proceso educativo, con énfasis en la adquisición de conocimientos sólidos y habilidades en los fundamentos de la matemática, la física, la química, la biología y la informática. Estos colegios se impulsan como una opción eficaz para el mejoramiento de la enseñanza de las ciencias, sin menoscabo de otras alternativas que puedan desarrollarse en el país. Desde un inicio el proyecto anticipó la necesidad de que cada colegio que llegara a formar parte del Sistema debía contar con el apoyo de una institución estatal de educación superior, para lo cual debía de firmarse un convenio de cooperación entre la Universidad que acoge un colegio científico y el Ministerio de Educación Pública. Posteriormente con la Ley 7169 se incluye al Ministerio de Ciencia y Tecnología. En la idea original que se concibió para el modelo de funcionamiento y de los estudiantes que fuesen seleccionados, era la obligación del Estado de crear una institución de educación secundaria, o media, en la cual sean

atendidos los de mejores calificaciones en matemática, física, química, biología y lenguas extranjeras. Además que el criterio de admisión a dicha institución sería el aprovechamiento demostrado en una prueba de contenidos en matemáticas, física, química, biología y lenguas extranjeras, y no la inteligencia medida por pruebas de coeficiente intelectual. Un sistema de becas garantizaría las oportunidades de estudio en ella, a los estudiantes menos favorecidos socioeconómicamente. Asimismo, que los cursos que conformarían el plan de estudios estarían a cargo de profesores universitarios, preferiblemente, provenientes de la institución donde se ubicara el colegio. Ese ha sido desde el inicio el norte que ha servido de funcionamiento de los colegios científicos desde su fundación.

Para garantizar la igualdad de oportunidades de acceso y permanencia a todos aquellos estudiantes interesados en el estudio sistemático y riguroso de las ciencias sin distinciones de género, condición socioeconómica o procedencia geográfica, el Sistema Nacional de Colegios Científicos ha contado con un fondo para becas no reembolsable, el cual ha hecho posible recibir en sus aulas a estudiantes de todos los cantones del país. Inicialmente se crearon dos colegios en 1989, uno en San Pedro de Montes de Oca, bajo un convenio de la Universidad de Costa Rica y otra en Cartago bajo un convenio del Instituto Tecnológico de Costa Rica. En el marco de estos convenios se establece que para su desarrollo los colegios harán uso de la infraestructura de laboratorios, bibliotecas, y otros espacios y servicios que ofrece la institución de educación superior a sus propios estudiantes. De esta manera se aseguraba que los estudiantes y profesores podrán desarrollar los programas en las condiciones de infraestructura más adecuadas que ofrece el país.

Con el paso de los años, dado el interés de las instituciones de educación superior y de autoridades de los Ministerios de Educación y de Ciencia y Tecnología por contribuir a elevar el nivel de la educación científica del país y de ofrecer oportunidades a una mayor cantidad de estudiantes de alto rendimiento, que por las limitaciones de cupo y por la ubicación geográfica de los dos colegios existentes en 1989 se veían imposibilitados a tener acceso a este tipo de institución, se crearon e incorporaron siete colegios más al Sistema. Hoy día se cuenta con nueve colegios científicos de los cuales cuatro se ubican en diferentes sedes de la Universidad de Costa Rica (San Pedro de Montes de Oca, San Ramón de Alajuela, Liberia, Puntarenas), dos en el Instituto Tecnológico de Costa Rica (Cartago, Santa Clara de San Carlos), dos en la Universidad Estatal a Distancia (Limón, Alajuela) y uno en la Universidad Nacional (Pérez Zeledón). Para su desarrollo y consolidación, se busca a través de la constante coordinación entre los Ejecutivos Institucionales, que los diferentes Colegios, independientemente de la universidad sede y ubicación geográfica, ofrezcan la misma educación de calidad, pertinencia y equidad. El Sistema como un todo, cuenta con el apoyo de otras organizaciones más allá del Ministerio de Educación Pública tales como el Ministerio de Ciencia y Tecnología, el CONICIT, la FOD e INTEL a través de programas como Educar para el Futuro, Feria Científica Nacional e Internacional, entre otros.

Los estudiantes de los colegios científicos cursan, en general, las mismas asignaturas que los estudiantes de los mismos años (décimo y undécimo) en los demás colegios de secundaria del país. Este conjunto de asignaturas constituyen el área general. Los programas de las asignaturas del área general son iguales a los de la Educación General Básica, más el componente de un área de profundización adicional, que incluye 8 lecciones adicionales en matemática, física, química y biología. Los colegios científicos tienen un horario de 11 lecciones de 45 minutos por día, de lunes a viernes. Además del desarrollo de temas o aplicaciones de mayor nivel de profundidad o complejidad el área de ciencias se fortalece con las asignaturas de laboratorio (física, química y biología) durante los dos años del plan de estudios, así como con giras de campo, proyectos individuales y colectivos, conferencias y talleres, visitas guiadas a centros de investigación, empresas, parques y reservas; en los cuales un informe que dé cuenta de los principales logros o aprendizajes adquiridos es parte de la evaluación. El componente tecnológico de la formación general en los colegios científicos lo conforman las asignaturas de dibujo técnico, informática, robótica e inglés conversacional. La primera asignatura se inicia con el desarrollo de las técnicas básicas que requieren el uso de instrumentos clásicos y finaliza con el uso de paquetes de software específicos. La asignatura de robótica educativa integra los conceptos de diseño y programación orientados hacia la solución de una situación problemática de interés social o industrial.

El plan de estudios de los colegios científicos comprende dos conjuntos de asignaturas: a) área básica y b) núcleo de profundización en ciencia y tecnología. Las asignaturas del área básica son las que se imparten en IV ciclo de la Educación Media costarricense. El núcleo de profundización en ciencia y tecnología, consiste en dedicar 10 horas por semana en la resolución de problemas de matemática, de física, de química, de biología, de informática, de robótica, participación en olimpiadas de ciencias y matemática, y concursos culturales o ferias científicas.

A lo largo de su desarrollo, cada colegio ha ido generando y consolidando su propio perfil académico y pedagógico tratando de contextualizar el desarrollo del pensamiento científico a la región donde se ubica, pero además recuperando las perspectivas de trabajo de los profesores universitarios que colaboran en su desarrollo. Hoy día los colegios científicos incorporan a su currículum una serie de actividades complementarias que les dan un sentido más integral del proceso de formación científica que desarrollan a través del fortalecimiento de competencias como trabajo en equipos de alto rendimiento, manejo de conflictos, toma de decisiones, planeamiento y aprovechamiento del tiempo, vivencia de valores, orientación vocacional, manejo de la sexualidad. Asimismo se cuenta con grupos de teatro, música, danza, proyección comunal, de deportes, producto de las actividades que en sus ratos libres los estudiantes van conformando como una necesidad de crear espacios de expresión más allá de las formalidades curriculares.

#### **Contenido curricular de los Colegios Científicos (lecciones por semana):**

- **Núcleo de Ciencias Sociales (16):**
  - Historia (2), Geografía (2), Cívica (2), Español (5), Inglés (5)
- **Núcleo de Ciencias y Tecnología Básico (20)**
  - Matemáticas (6), Química (4), Física (4), Biología (4), Cómputo (2)
- **Núcleo de Profundización en Ciencia y Tecnología (11)**
  - Matemáticas (2), Química (2), Física (2), Biología (2), Cómputo (3) ó Robótica (3)
  - ó Inglés conversacional (3)
- **Núcleo de Humanidades y Recreación (5)**
  - Ética, Moral y Orientación (2), Deportes (2), Actividades culturales (2)

Durante el tiempo que tiene de funcionar el Sistema Nacional de Colegios Científicos se ha contribuido al desarrollo de un perfil pre-universitario de los estudiantes, con una sólida formación en ciencias duras que logran ingreso a carreras universitarias de su preferencia, alcanzando exitosamente la conclusión de carreras como ingenierías, ciencias médicas, microbiología, química, biología, computación, pero también otros que han seguido de manera exitosa carreras en áreas empresariales, de humanidades, tales como geografía, historia, los idiomas, sociología, sicología, leyes, entre otras.

En cuanto al perfil de salida de los estudiantes de los Colegios Científicos se espera que esto tengan una sólida formación en ciencias y matemática, destrezas múltiples, responsable por su aprendizaje, maneja su tiempo, formación continua. Que puedan trabajar en equipo, Identifica objetivos, coordina, colabora, genera confianza, resuelve problemas en grupo. Que sean investigadores con capacidad de planificar, organizar y analizar información así como desarrollar y ejecutar proyectos de investigación. Que sean comunicadores es decir que puedan expresarse oral y escrita y también comunicarse en lenguaje no verbal. Que sean responsables que resuelvan problemas, sean creativos, con iniciativa, persistentes emprendedores y con valores.

Desde su creación el Sistema Nacional de Colegios Científicos ha graduado un total de 2154 estudiantes, de los cuales el 63% provienen de zonas rurales del país. El 40% del total de graduados son mujeres. El Sistema se ha obtenido en sus 20 años de funcionamiento un 100% en la promoción de bachilleres y el 100% de sus estudiantes han sido admitidos en las universidades públicas nacionales. La participación de los colegios científicos en las Ferias Científicas (nacionales e internacionales), en las convocatorias a las Olimpiadas (nacionales e internacionales) de matemática, física, química y de biología, ha sido fundamental para elevar el nivel de participantes nacionales, no solo en cantidad sino en la calidad de los eventos y en la representatividad de Costa Rica a nivel internacional, que ha consolidado este modelo educativo de secundaria costarricense como un ejemplo de desarrollo y de aplicación para otros países. En cuanto a las preferencias de áreas profesionales de los egresados de los Colegios Científicos esto se inclinan por Ingenierías (52%), ciencias de la salud (27%) Ciencias Económicas 11% Ciencias Básicas 5% Ciencias de la Salud 27% y Ciencias Sociales 4% (Secretaría del SNCCCR).

Hoy día existen muchas empresas e instituciones del país que cuentan en los más altos niveles de decisión con personas altamente calificadas, cuya educación secundaria terminó en alguno de los colegios científicos. De igual manera, en los centros de investigación del país y fuera de nuestras fronteras se encuentran profesionales que cursaron la secundaria en el Sistema. Se podría afirmar que la inversión que el país realiza para dar soporte a este tipo de institución de enseñanza media, es una excelente oportunidad para detectar a tiempo vocaciones científicas y tecnológicas, que permite desarrollar una educación de calidad y de exigencia, que, si bien no es del interés de todos los estudiantes y padres de familia, constituye una de las posibles vías para crear condiciones para posicionar al país en los grupos de investigadores del mundo, al contar con profesionales destacados en diversos campos del desarrollo científico que forman parte de grupos de investigadores principales o como estudiantes de posgrado que realizan investigación de algo nivel en diferentes partes del mundo.

Fuente: Rivera: 2010

---

En la última década de Siglo XX se inicia para la educación científica en Costa Rica, la ejecución de un proyecto de investigación sobre enseñanza de ciencias y matemática financiado por el CONICIT que desarrollaron conjuntamente la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y el Centro de Investigación y Docencia en Educación de la Universidad Nacional y el IIMEC de la Universidad de Costa Rica, junto con dos instituciones educativas de primaria y dos de secundaria. Este proyecto logró integrar equipos interuniversitarios que trabajaron de manera conjunta con docentes de primaria y secundaria en el abordaje de una manera novedosa de promover la educación científica y matemática en el país, además que permitió establecer un vínculo entre la educación primaria y secundaria. Muchas lecciones aprendidas quedaron de ese proyecto y muchos materiales fueron generados para el trabajo en los contextos de aula de educación primaria y secundaria.

En este sentido es importante mencionar lo valioso que resultó el trabajo conjunto de profesores de diferentes niveles del sistema educativo en el análisis de problemáticas propias de la educación científica. Además, el proyecto permitió valorar los aportes de educadores de diferentes especialidades para la construcción de una idea compartida de educación científica aplicable en el país. Desde el punto de vista interinstitucional, esta fue una oportunidad para reconocer los potenciales que ofrecía cada institución para contribuir al mejoramiento de la calidad de la educación científica en el país.

## **Experiencias educativas complementarias y estratégicas**

Las preocupaciones actuales por la calidad de la educación científica, en tanto ésta contribuye al desarrollo del pensamiento de los estudiantes y por ende al desarrollo científico del país, han llevado a la incorporación del país a diferentes experiencias mundiales vinculadas con la educación científica. Tales son los casos de las olimpiadas nacionales e internacionales de Física, Química y Biología (ver recuadro 3) que organiza la Universidad Nacional con el aporte del Ministerio de Educación Pública, el Ministerio de Ciencia y Tecnología, el CONICIT, y otras instituciones estatales, así como el aporte de colegios privados de secundaria. Este espacio de oportunidades para enriquecer la dinámica de la educación científica en el país ha servido para identificar talentos y potenciar el mejoramiento de las condiciones de enseñanza de ciencias que les permitan a los estudiantes alcanzar la calidad adecuada para su participación en estos programas. Generalmente el país ha ocupado posiciones respetables en estos ámbitos, tal es el caso del premio de medalla de oro en la Olimpiada Mundial de Química en Japón en julio de 2010 y medallas de oro en la Olimpiada Iberoamericana de Biología en Perú en agosto de 2010. Con el fin de equiparar condiciones de participación a los estudiantes que se involucran en estas experiencias, la Universidad Nacional ofrece procesos de capacitación a docentes y espacios de preparación en el manejo instrumental de laboratorio a estudiantes que provienen de zonas e instituciones que no cuentan con infraestructura adecuada para este tipo de experiencias educativas, lo cual genera una ganancia ya solo por el hecho de inscribirse y participar en los diferentes momentos del proceso, sino que tanto docentes y estudiantes están expuestos a proceso de mejoramiento de la calidad de sus aprendizajes.

---

### **Recuadro 3. Olimpiadas de Química**

La Olimpiada Costarricense de Química, proyecto promovido por la Escuela de Química, de la Universidad Nacional, es un espacio de competencia académica para estudiantes de Educación Secundaria, que inicia en el año 2001, en la cual pueden participar todos aquellos jóvenes entre 12 y 18 años, que estén interesados. Su propósito fundamental es estimular el estudio de la Química y descubrir jóvenes talentosos en esta disciplina, quienes contribuirán al desarrollo científico y tecnológico futuro de nuestro país.

Por medio de esta actividad se busca promover, fortalecer y desarrollar una cultura científica y tecnológica en el campo de la química, fin congruente con los lineamientos establecidos en el Programa Nacional de Ciencia y Tecnología, en lo referente a la promoción de una cultura científica y tecnológica. Además, ofrece la oportunidad de actualización a los docentes en servicio, permitiendo la vinculación de éstos con las instituciones de educación superior. En este proyecto, además de las actividades de competencia académica entre los estudiantes, se capacita a los profesores de educación secundaria, así como también a los estudiantes clasificados, y se genera investigación en lo referente a educación y química, lo que permite enriquecer año tras año las acciones efectuadas y mejorar los logros alcanzados.

Debido a que la enseñanza de la Química en Costa Rica, se efectúa en dos ciclos diferentes, la organización consideró esta diferencia y organiza dos categorías de competencia, cada una de las cuales responde a un programa específico. Desde el año 2001 y hasta el 2009 han participado en la etapa nacional alrededor de 3120 estudiantes incluyendo las categorías A y B, y se han capacitado aproximadamente 40 docentes por año. La participación ha aumentado año tras año, y ha sido representativa de todas las direcciones Regionales de Educación del país. A nivel nacional se entregan medallas a los estudiantes ganadores de ambas categorías y se seleccionan los mejores 20 estudiantes para que compitan por uno de los cuatro puestos para representar a Costa Rica en cada una de las olimpiadas internacionales, la Centroamericana y del Caribe, la Iberoamericana y a partir del 2010 la Internacional (mundial).

Costa Rica ha tenido experiencia no solo como participante a nivel internacional, sino que también en estos pocos años, ha sido la organizadora de dos eventos internacionales: la I Olimpiada Centroamericana de Química (2007) y la XIII Olimpiada Iberoamericana de Química (2008). En la Olimpiada Centroamericana de Química, competencia que a partir del 2009 se extendió a Olimpiada Centroamericana y del Caribe, nuestro desempeño ha sido excelente, sumando en tres participaciones (del 2007 al 2009), seis medallas de bronce, tres de plata y una de oro. Asimismo, se ha participado en ocho ediciones de las Olimpiadas Iberoamericanas de Química, con una cosecha de 6 menciones de honor, 9 medallas de bronce, 4 medallas de plata y 3 de oro, de las cuales una corresponde al Oro Absoluto, es decir la mejor calificación de entre todos los participantes. En el 2010 por primera vez el país participara en un evento mundialista a realizarse Japón.

Durante estos diez años de olimpiadas, se ha dado un crecimiento paulatino en lo que se refiere a la participación de los estudiantes, los docentes y las instituciones. Este crecimiento en la participación no ha sido ajeno a las instituciones ubicadas en zonas rurales, lo que ha motivado a la organización de actividades dirigidas específicamente a ellos; es así como surge a partir del año 2003 el Proyecto de Mejoramiento del Aprendizaje de la Química en Zonas Rurales.

Fuente: UNA, Memoria Olimpiadas de Química, 2009

---

Dada la relevancia que tiene para el país el desarrollo de experiencias vinculadas a la educación científica, la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional ha desarrollado proyectos orientados al mejoramiento de la educación científica en todos los niveles del sistema educativo en coordinación estrecha con Direcciones Regionales de Educación, las oficinas centrales del Ministerio de Educación en lo que corresponde y con otras entidades que tienen capacidad para aportar en esta línea. Tal es el caso en la primera década del siglo XXI del proyecto de mejoramiento de la educación científica en las direcciones regionales de Puntarenas, Cañas y Liberia que involucró a docentes de primaria y secundaria y que se ejecutó hasta el año 2008, coordinado desde la Escuela de Química de la Universidad Nacional con participación de la División de Educación Rural, el cual sirvió de base para el proyecto que se desarrolla hoy día en las direcciones regionales de Santa Cruz y Nicoya coordinados desde la Sede Chorotega de la Universidad Nacional en Liberia y Nicoya.

El Instituto Tecnológico de Costa Rica desarrolla programas de trabajo con docentes en la región de San Carlos y además promueve el desarrollo de proyectos educativos

en escuelas cercanas al área de Cartago. En el caso de la sede de Santa Clara, trabaja en estrecha colaboración con la dirección regional de Educación de San Carlos, en un proyecto que integra a las asignaturas básicas, de manera que se promueve el desarrollo de una visión integrada del currículo. Esta es una oportunidad de trabajo no solo sobre los contenidos conceptuales, sino que se promueve un mayor nivel de comprensión de la naturaleza de las disciplinas y las interrelaciones que se dan entre las mismas, lo que permite ampliar el horizonte de formación de los estudiantes.

En la sede central del Instituto Tecnológico de Costa Rica en Cartago se desarrollan acciones vinculadas al museo de física que han establecido y al trabajo cercano de docentes del área de ciencias (unidades académicas de Física, Química y Biología) con proyectos educativos que vinculan a la institución con centros educativos de primaria. Esta resulta ser una importante vía para acercar a los niños al desarrollo de un pensamiento científico asociado a las tecnologías y al desarrollo nacional.

La Universidad de Costa Rica, por medio de sus acciones de acción social (ferias, conferencias, museos y otros), así como la investigación y la docencia desarrolla acciones académicas que contribuyen a generar espacios abiertos para el trabajo con docentes en servicio y docentes en formación, quienes de manera conjunta contribuyen a extender y promover la idea del valor de la educación científica, tanto para el beneficio personal como para el desarrollo del país.

El Ministerio de Educación pública, realiza las acciones que corresponden a la educación científica desde los programas de estudio que incluyen aspectos de las ciencias naturales desde la educación preescolar. Según el modelo con que están contruidos los programas, el contenido no se limita a la parte conceptual sino que se incluyen en todos los niveles aspectos relacionados con las actitudes, los valores y los procedimientos propios de las ciencias como aspectos relevantes del contenido de cada una de las disciplinas. Este es un modelo que se utiliza en diferentes países (España, República Dominicana, entre otros) y tiene un gran valor si se ve a las ciencias o a cualquiera de las disciplinas en su potencial para favorecer el desarrollo integral de las personas. Es importante mencionar que la fundamentación de los programas responde a una visión integral de las ciencias y se plantea la importancia de una ciencia vinculada al medio y un conocimiento que se construye a partir de la interacción de los participantes con el entorno y las situaciones de aprendizaje. Paralelo a los planteamientos teóricos, metodológicos y contenidos de los programas, el Ministerio de Educación Pública ha promovido además el desarrollo de acciones que se enmarcan en la visión de los ejes transversales (salud, ambiente, bioalfabetización para el caso de ciencias).

Un aspecto que se ha trabajado en los últimos años en el marco de las acciones del Ministerio de Educación Pública es el relacionado con la incorporación del concepto de metodología indagatoria, como base para la organización de las experiencias pedagógicas para la enseñanza de las ciencias. En este sentido se ha contado con el aporte de organizaciones relacionadas con la educación científica, entre las que se encuentran: Academia Nacional de Ciencias, Estrategia Siglo XXI, Fundación Omar Dengo, UNESCO, universidades, entre otras. Con el propósito de incorporarse a

esta línea de trabajo, el Ministerio de de Educación han realizado talleres con expertos internacionales que han visitado el país como parte de apoyos que ofrecen los países o las organizaciones colaboradoras. Además, en esta línea, la asesoría nacional de ciencias del Departamento de Educación primaria trabajó con el apoyo de diferentes instancias en la conceptualización de las líneas fundamentales de la metodología de indagación, y exploró con docentes de primaria acerca de sus concepciones y potencialidades para participar en procesos de esa naturaleza. Con estos aportes se diseñaron módulos que sirven de base para la capacitación a docentes en servicio, con el propósito de apoyar la formación permanente y la actualización en los docentes en servicio (ver recuadro 4). Este es un proceso en el que se requiere seguir trabajando a fin de unir esfuerzos y definir una política nacional de desarrollo de la educación científica que recoja los aportes de todas las entidades que tienen pasibilidad de influir en la construcción de una visión articulada de educación científica que responda a las necesidades y demandas del país. Tal es el caso de organizaciones como el MICIT, el CONICIT, los parques nacionales, los museos, asociaciones interesadas en apoyar el mejoramiento de la educación científica en el país.

---

**Recuadro 4.**  
**Programa Aprende Ciencia Haciendo Ciencia**

A principios del año 2008 la Academia Nacional de Ciencias, el Ministerio de Educación Pública y la Asociación Estrategia Siglo XXI, luego de acercarse a la experiencia francesa “La man a la Pat” y latinoamericana, en programas como ECVI, Pequeños Científicos, La Ciencia en tu Escuela e INNOVEC y ver los logros que se han alcanzado en la educación científica, articularon esfuerzos para desarrollar en el país el Programa Aprende Ciencia Haciendo Ciencia. El mismo tiene como fin fortalecer la enseñanza de las ciencias en la educación general básica, modificar la concepción tradicional de este proceso y plantear una metodología de enseñanza y aprendizaje basada en la indagación. Paralelamente, se busca el desarrollo y perfeccionamiento docente, su apropiación de metodologías novedosas y apropiadas para el aprendizaje de los estudiantes, la creación de comunidades virtuales de aprendizaje, la participación de la comunidad escolar, así como la aplicación de los conocimientos adquiridos.

La iniciativa ha propiciado que funcionarios del Departamento de Desarrollo Curricular y del Instituto de Desarrollo Profesional Ulalislao Gámez (IDPUGS) del Ministerio de Educación Pública (MEP) experimenten un acercamiento a la enseñanza de la ciencia con base en la indagación, y como parte de este objetivo se han llevado a cabo intercambios con Chile, Colombia, México y Francia para conocer a fondo sobre la metodología de enseñanza de ciencias desde la perspectiva de la indagación. Para iniciar la aplicación nacional del proyecto de indagación a partir de 2010, se editaron tres módulos para la preparación del profesorado en cuanto a la mediación pedagógica del enfoque: el primero, denominado “La indagación en la enseñanza de las ciencias”, constituye un marco teórico que permite ubicar al docente dentro de esta perspectiva teórica; el segundo, “La planificación y la mediación pedagógica desde el enfoque de la Educación Científica basada en la indagación”, expone la aplicación de esta perspectiva en el aula escolar de I y II Ciclos; el tercero está dirigido a formadores de formadores (asesores nacionales y regionales, profesores universitarios, docentes de I y II Ciclos) y propone la estrategia metodológica que se aplicará para preparar al profesorado para la aplicación de esta metodología en el aula. Por otra parte, el IDPUGS



ha preparado una estrategia de formación continua que permita a mediano plazo la adopción de esta forma de mediación pedagógica en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en la educación primaria.

Mediante una experiencia piloto el Ministerio de Educación Pública inició un programa de formación que ya cuenta con 162 educadores en servicio, entre docentes y asesores nacionales y regionales, que han sido formados en la aplicación de esta forma de mediación pedagógica, producto de su participación en el proceso de validación del modelo que será aplicado en el sistema educativo costarricense.

Desde Estrategia Siglo XXI, la Academia Nacional de Ciencia y el Ministerio de Educación Pública se trabaja en la Formalización de un programa de “Formador de Formadores”. Este programa se desarrollará en conjunto con las Universidades estatales del país por medio del Consejo Nacional de Rectores y un grupo de expertos internacionales de ECBI, Pequeños Científicos, INNOVEC, La Ciencia en tu Escuela y “La man a la Pat”. En este marco el trabajo con las universidades es fundamental para generar experticia nacional en esta metodología y para hacer sostenible el programa en el país. Para el año 2010, se espera que el Programa inicie un proceso de sensibilización de la metodología en secundaria y el fortalecimiento en contenidos especialmente en Física y Química.

Fuente: Programa Estrategia S.XXI

---

## **V. Rendimientos recientes en materia de ciencias**

A pesar de los esfuerzos realizados en diferentes proyectos en el país a lo largo de diferentes momentos, no se logran aún resolver los problemas que se encuentran con el desempeño de la mayoría de los estudiantes cuando se enfrentan a cursos universitarios en Física, Química o Biología, o incluso cuando se insertan al mercado laboral y se requiere la aplicación de conocimientos básicos relacionados con estas disciplinas. Existe una queja permanente de los profesores universitarios de cursos básicos, por la formación con que llegan los estudiantes a este tipo de cursos y aún no se encuentran formas apropiadas para resolver esta problemática. Pareciera ser que el aprendizaje de las ciencias en el nivel pre-universitario ha estado mayoritariamente orientado a la preparación de los estudiantes para aprobar los exámenes y no tanto para el desarrollo del pensamiento científico, como lo plantean los programas de estudio del Ministerio de Educación en su fundamentación. El desempeño de los estudiantes en ciencias se puede observar mediante distintas pruebas que hoy existen en el país, dos ejemplos de ellas son: las pruebas SERCE, las Pruebas Nacionales Diagnósticas de II Ciclo de la Educación General Básica realizadas por primera vez en el año 2008 y las pruebas de bachillerato. A continuación se presenta un análisis de ambos en cuanto al desempeño obtenido por los estudiantes.

### **Resultados de SERCE y Pruebas Diagnósticas en ciencias para el I y II Ciclo**

Dado que se eliminaron las pruebas nacionales que se venían aplicando al final del II y III ciclos de la Educación General Básica, Costa Rica ha decidido participar de la aplicación de dos pruebas internacionales estandarizadas, la prueba SERCE y la prueba PISA. En el caso de la educación científica a nivel de I y II ciclos, en los

estudios SERCE, por los resultados obtenidos, Costa Rica está ubicada en el segundo lugar del ranking establecido para Latinoamérica y el Caribe, bastante debajo de Cuba con un puntaje promedio de los alumnos de 533 por debajo de Cuba (662) pero por encima del promedio regional y de países como Colombia, Argentina como se observa en el esquema 1 sobre los resultados de SERCE

## + Cuba y Costa Rica tienen puntajes por encima del promedio regional en la prueba de ciencia

**Cuadro 5.** Puntaje promedio de alumnos de sexto grado en la prueba SERCE de ciencia, 2006

Cuba	662	El puntaje promedio de estos países es <b>significativamente superior</b> al promedio de la región.
Costa Rica	533	
Nuevo León	511	No hay diferencias significativas entre el puntaje promedio de este país y el promedio de la región.
Colombia	504	
Argentina	489	El puntaje promedio de estos países es <b>significativamente inferior</b> al promedio de la región.
El Salvador	479	
Panamá	473	
Paraguay	469	
Perú	465	
R. Dominicana	426	

Fuente: SERCE (2006). Resumen Ejecutivo, Cuadro A.1.1, p. 195.  
 Nota: La media del promedio de los países es 500.  
 No todas las diferencias entre los puntajes promedio de los países son significativas. Para ver cuáles diferencias son significativas y cuáles no, consultar el cuadro de detalle del informe.



Los resultados en Ciencias de las Pruebas Nacionales Diagnósticas de II Ciclo de la Educación General Básica realizadas por primera vez en el año 2008 se resumen en el siguiente el recuadro 5 permite identificar principales destrezas aprendidas por los estudiantes y las debilidades de formación en algunas áreas que deben reforzarse.

### **Recuadro 5.** **Principales resultados en Ciencias de las pruebas diagnósticas de II Ciclo (2008)**

De acuerdo con Informe Preliminar Pruebas Nacionales Diagnósticas de Segundo Ciclo (2007-2009) la prueba de Ciencias, luego de comparar los resultados obtenidos en sus subpruebas, evidenció ser una prueba fácil para el nivel de habilidad de los examinados, es decir, es una prueba confiable para evaluar niveles bajos de habilidad.

Como una generalidad en todos los cuadernillos, los contenidos del dominio del Cuerpo humano se agrupan, por lo general por debajo de la media del nivel de habilidad de los examinados, lo que indica que a los estudiantes no les fue difícil resolver los reactivos

relacionados con estos contenidos; específicamente, los estudiantes muestran habilidades en el reconocimiento de la función de un órgano que forma parte del sistema reproductor masculino o femenino o bien la función de un órgano del sistema circulatorio.

Deberá reforzarse en el dominio de la Energía y la Materia, específicamente, aquellas situaciones que lleven al estudiante a establecer relaciones entre los conceptos y situaciones cotidianas (...)

En el dominio de los Seres vivos; se debe fortalecer a los estudiantes en tareas que requieran hacer comparaciones, diferenciar, ordenar entre organismos y entre funciones vitales, discriminar un conjunto básico de características en los reinos biológicos; además a partir de una descripción, distinguir adaptaciones y funciones que cumplen los seres vivos.

En el dominio de la Tierra y el Universo; se recomienda incrementar la utilización del vocabulario científico en los contenidos relacionados con la estructura de la Tierra y, en los componentes del Universo, en el reconocimiento de hechos científicos, que lleven a la responsabilidad y consecuencia de las acciones sobre los procesos naturales” (p. 17)

Fuente: MEP, Informe Preliminar Pruebas Nacionales Diagnósticas de Segundo Ciclo (2007-2009) agosto 2009.

---

Aunque el país sale relativamente bien en las pruebas SERCE en comparación con otros países de la región, las pruebas diagnósticas nacionales dejan claro áreas claves que deben fortalecerse en la formación de las ciencias tales como: el establecimiento de relaciones de conceptos y situaciones cotidianas, la ampliación del vocabulario científico y el reconocimiento de hechos vinculados a procesos naturales frente a los cuales los estudiantes desarrollen actitudes de compromiso y responsabilidad. En general se trata de actitudes y destrezas importantes para la resolución de problemas una destreza altamente considerada en las pruebas PISA en las que el país estará participando a partir del 2010.

Muy importante para el país es que los tomadores de decisiones analicen en detalle los factores asociados a los resultados obtenidos en estas pruebas, de manera que se pueda influir en la transformación de la situación que se enfrenta en los procesos educativos, sobre todo en ciencias para estos niveles del sistema educativo. Es fundamental reconocer que los conocimientos propios del área de ciencias en este nivel y que se evalúan en este tipo de pruebas no incluye solo aspectos conceptuales, sino elementos propios de los procedimientos específicos de la ciencia para la construcción del conocimiento; así como actitudes y valores característicos del pensamiento científico. Por tanto es fundamental hacer efectivos los lineamientos que tienen los programas de estudio en este sentido, por lo que es necesario trabajar más de cerca con los formadores de docentes y los docentes en servicio, así como con los productores de materiales didácticos para los docentes para orientar de mejor manera la incorporación de estos elementos en los procesos que se llevan a cabo en los salones de clase.

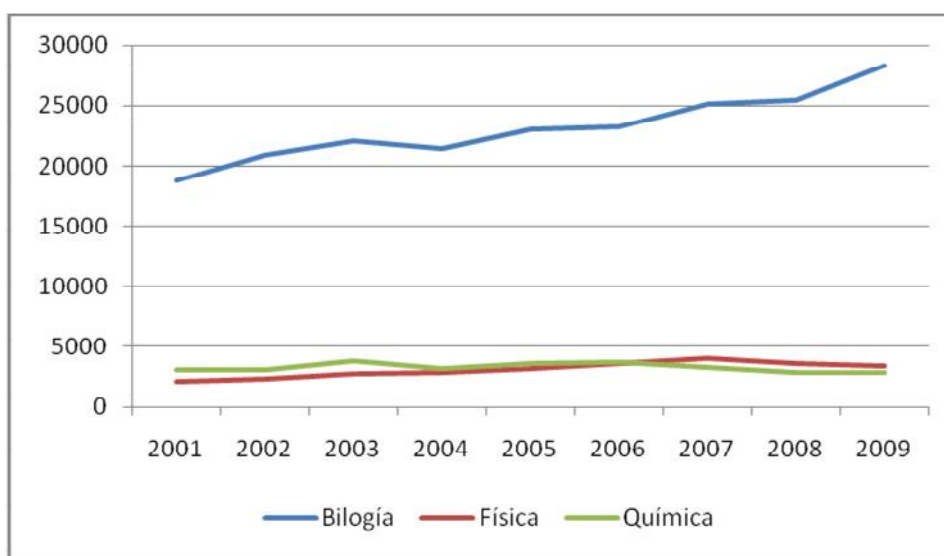
### **Resultados de las pruebas nacionales en las materias de ciencias**

Al final del Ciclo Diversificado está establecida la prueba de bachillerato como requisito de graduación, para lo cual se toma el promedio de notas de décimo año y el primer periodo de undécimo, en el caso de colegios académicos, como nota de

presentación con un valor de 40% para la determinación de la nota final de bachillerato. En el caso del área de Ciencias Naturales los estudiantes escogen entre Física, Química o Biología para presentar en el bachillerato. Un alto porcentaje de los estudiantes optan por presentar su examen en Biología, aduciendo que ésta exige menor esfuerzo de razonamiento que Física y Química; lo cual evidencia una visión reducida de la Biología como ciencia compleja, si se considera que por su posición en la pirámide de estructuración de las ciencias naturales, ésta va mucho más allá de hacer meras descripciones de hechos, sino que requiere generar explicaciones complejas a partir de la aplicación de principios fundamentales de la Física y la Química.

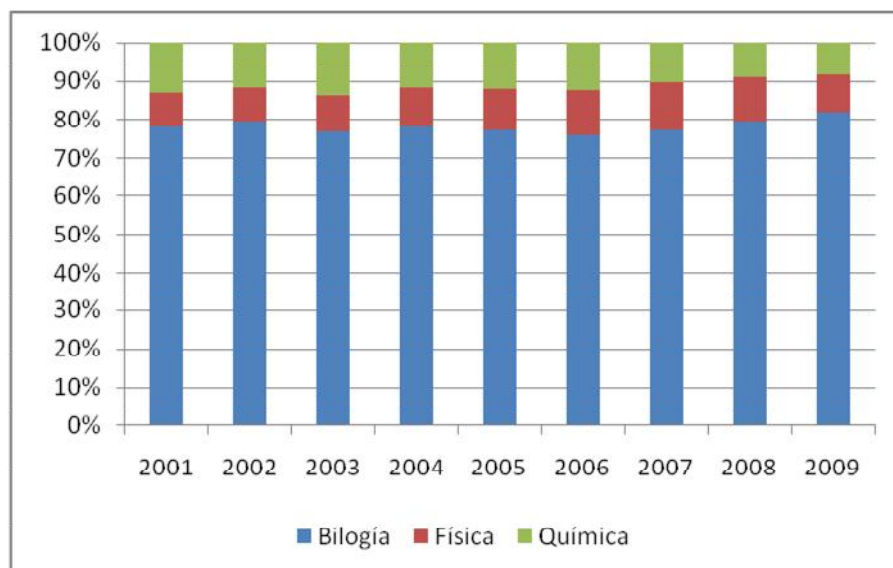
Puede verse en los gráficos 1 y 2 el comportamiento que ha tenido la distribución de estudiantes a partir del año 2001 en cuanto a la escogencia entre las áreas de Ciencias Naturales. Cabe aquí hacer la pregunta de -¿Qué influye en la toma de esta decisión por parte de los estudiantes y qué efecto tiene esta decisión en la preparación de los estudiantes para continuar carreras universitarias del área de las ciencias naturales o asumir tareas que requieren el conocimiento de principios y conocimientos específicos de las diferentes disciplinas científicas?. Es importante considerar que a nivel de carreras universitarias, generalmente los planes de estudios de carreras vinculadas a Ciencias Naturales se inician con cursos de Física y Química y no es sino hasta el segundo año cuando se inician los cursos de Biología. Esto hace que generalmente los cursos de esta área se enfrenten, como plantean los docentes de Biología a un alto nivel de olvido por parte de los estudiantes que les lleva a tener al final de cuentas los mismos problemas que si no hubiesen presentado bachillerato en esta área.

**Gráfico 1.**  
**Evolución en el número de estudiantes que presentaron las pruebas nacionales de bachillerato en las materias de ciencias**



Fuente: Elaboración propia con datos del Departamento de Evaluación Académica y Certificación, MEP.

**Gráfico 2.**  
**Porcentaje de estudiantes que presentaron las pruebas nacionales de bachillerato en las materias de ciencias**



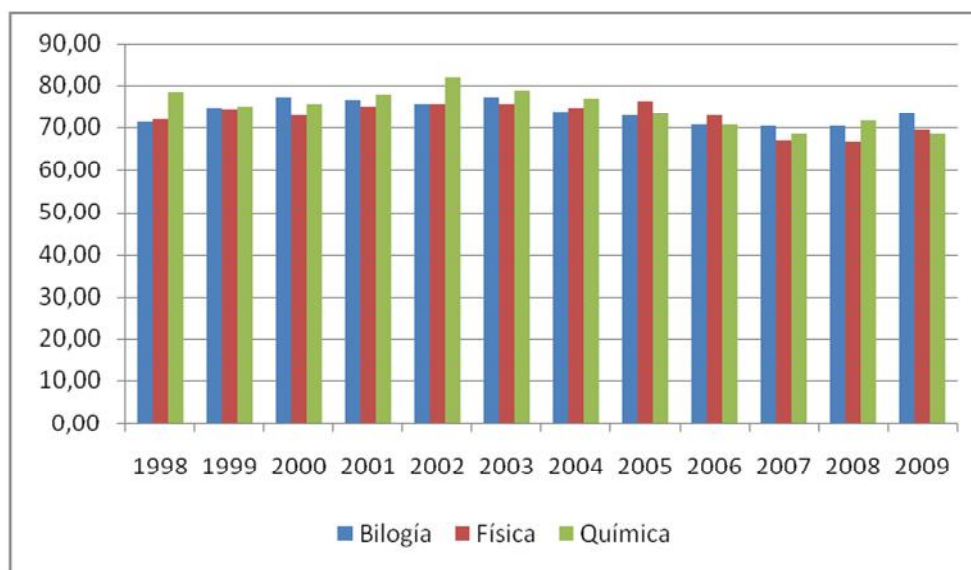
Fuente: Elaboración propia con datos del Departamento de Evaluación Académica y Certificación, MEP.

Por otra parte, si se analizan los resultados de rendimiento en las pruebas de bachillerato, se encuentra que en general no existe gran diferencia en los promedios de las notas con que los estudiantes aprueban en cada una de las disciplinas, con lo cual queda en duda la mencionada diferencia en la dificultad que se da entre la Física, la Química y la Biología. Sería interesante valorar condiciones que permitieran una distribución equitativa entre las áreas, de manera que los docentes que enseñan Química, Física y Biología tuvieran grupos similares en la preparación para el bachillerato, con lo cual se lograría que haya una valoración de todas las áreas de ciencias naturales que se ofrecen y que la escogencia sea más un asunto de oportunidad que de preferencia o menosprecio de algunas áreas. La pregunta que emerge aquí es si efectivamente hay relación entre la dificultad de las disciplinas para su comprensión por parte de los estudiantes, o la escogencia tiene que ver más bien con las temáticas de los programas de estudios, o en última instancia con la preparación de los docentes para enseñar estas áreas. Este análisis tendría que llevar a una discusión a profundidad sobre la comprensión de estas disciplinas desde el punto de vista epistemológico, a una revisión de los programas de estudio para valorar su nivel de actualización y pertinencia en el contexto en el que se desarrolla actualmente la ciencia y a revisar los procesos de formación inicial y capacitación de docentes en el campo de las Ciencias Naturales. La expectativa sería que, además de aprender a valorar la ciencia por sus aportes a la formación del pensamiento y su contribución al mejoramiento de las condiciones de vida, a los estudiantes les

resulten estas áreas igualmente atractivas para ser elegidas para presentar en los exámenes de bachillerato, con lo cual se desmitifica la mencionada visión reducida de la Biología, y se mejoraría la preparación en las áreas de Física y Química.

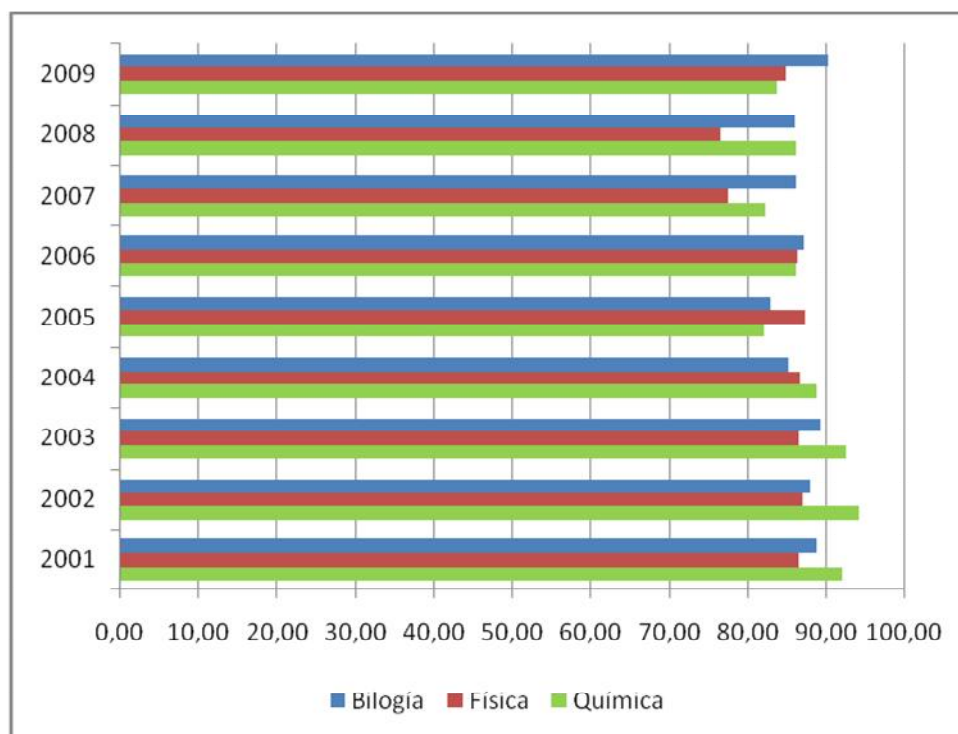
En los gráficos 3 y 4 se evidencia que el promedio de los resultados que obtienen los estudiantes en las pruebas está en general por debajo de 80, promedio que se eleva un poco en la nota que se reporta como consecuencia de las notas de presentación. En general se podría decir que es comprensible la queja de las universidades respecto al poco dominio de conocimientos científicos, ya que muchos estudiantes estarán apenas aprobando con las notas mínimas en estos campos. Esta es una parte que vale la pena analizar más a fondo para identificar dónde están esas debilidades en el proceso de formación en los campos de ciencias en la educación secundaria.

**Gráfico 3.**  
**Promedio de nota obtenidos en las pruebas nacionales de bachillerato en las materias de ciencias**



Fuente: Elaboración propia con datos del Departamento de Evaluación Académica y Certificación, MEP.

**Gráfico 4.**  
**Porcentaje de promoción de los estudiantes que presentaron las pruebas nacionales de bachillerato en las materias de ciencias**



Fuente: Elaboración propia con datos del Departamento de Evaluación Académica y Certificación, MEP.

## VI. La formación de docentes para la educación científica en Costa Rica

Los análisis que se han hecho a nivel mundial acerca de los factores que más influyen en el éxito que obtienen los países que mejor ubicados están en los resultados de las pruebas PISA es el papel y la calidad de los docentes, en la cual la formación inicial juega un papel clave. Este apartado se detiene en este aspecto para tratarlo con más detenimiento y entender mejor los desafíos que el país tiene respecto al mismo.

Tradicionalmente se asocia la formación de docentes para educación científica en Costa Rica, con la preparación de los docentes para la enseñanza secundaria (III y IV Ciclos). Dada la tendencia, cada vez más aceptada en el mundo, de que la formación científica debe iniciarse en etapas muy tempranas de la niñez (Léna, 2008), en este documento se hace referencia a lo que ocurre en los programas de formación de docentes para los dos primeros ciclos de la Educación General Básica y también lo que ocurre a nivel de preparación de docentes para la educación secundaria.

## Formación de docentes de educación primaria

### Fundamentos de los programas

La tendencia principal que se utiliza hoy día en la fundamentación de los programas de formación inicial de docentes de primaria centra su atención en los lineamientos que se derivan de la aplicación de los principios planteados por J. De Loris (1994) en el informe de la UNESCO “La Educación encierra un Tesoro” y los principios que se derivan de la naturaleza de las disciplinas que conforman el plan de estudios. En general se menciona la intención de promover una concepción de educación integral inclusiva basada en principios de la interdisciplinariedad.

A continuación se presenta una descripción de la composición de los programas de formación inicial de docentes en lo que respecta al área de Ciencias naturales o temáticas vinculadas la misma, según se evidencia en los programas que ofrecen diferentes universidades:

#### Cuadro 3.

#### Costa Rica Programas de formación inicial en ciencias de docentes para el I y II ciclo, según cursos y créditos

Universidades	Curso de ciencias	Créditos	Otros cursos vinculados a la Educación científica	Créditos
<b>Privadas</b>				
UCA-Florencio del Castillo	Dos cursos de ciencias	8	Un curso de Nutrición y Salud	4
Santa Lucía	Dos cursos de ciencias	8		
UMCA	Dos cursos de ciencias	8	Un curso de Educación agrícola	4
UCEM	Un curso de Fundamentos y didáctica de las Ciencias Naturales	4		
UNICA	Dos cursos de Ciencias	8	Un curso de Nutrición y Salud	4
U Del Valle	Dos cursos de ciencias	8	Un curso de Salud y Nutrición	4
<b>Estatales</b>				
UNA: División de Educación Básica	Didáctica de las ciencias en la Educación Básica al nivel de diplomado	3		
	Didáctica de las ciencias y la matemática para la Educación Básica al nivel de Bachillerato	4		
UCR	Tres cursos de Ciencias en Educación primaria	9	Un curso en Educación agrícola	2
			Cursos optativos:	
			Educación sexual	3
			Educación ambiental	3
	Salud mental y	3		



Universidades	Curso de ciencias	Créditos	Otros cursos vinculados a la Educación científica	Créditos
			desarrollo	
UNED	Didáctica de las ciencias naturales	3	Optativos Recursos naturales Educación para la Salud	3 3

Fuente: archivos del CONESUP, registros y páginas web de las universidades.

### Características y contenidos

Al analizar programas de formación inicial de docentes de educación primaria en universidades estatales y privadas, se encuentra que ninguno de esos programas incluye cursos específicos de ciencias impartidos en facultades o escuelas de ciencias, que les permitan a los futuros docentes trabajar formalmente en el laboratorio y aprender en el campo de los procesos complejos de construcción del conocimiento científico. En general se parte en estos programas de un conocimiento de ciencias adquirido por los estudiantes de manera intuitiva o en los cursos de ciencias de la enseñanza media.

Según la descripción de cursos que se ofrecen en el área de ciencias, para formar docentes de educación primaria, lo más que se da es una aproximación a la didáctica de las ciencias, en ocasiones junto con didáctica de la matemática o de los estudios sociales. Estas aproximaciones didácticas centran su atención principalmente en el manejo de materiales de apoyo para el desarrollo de los contenidos programáticos (libros de texto, guías didácticas) y algo de evaluación de aprendizajes para tratar de articular una experiencia integradora del proceso educativo.

En este sentido, puede afirmarse que un problema de los programas de formación inicial de docente para el I y II ciclos de la Educación General Básica es que los estudiantes no logran conformar una visión amplia acerca de la naturaleza del pensamiento científico y de las características propias del trabajo de los científicos; razón por la cual resulta difícil la incorporación de dinámicas de enseñanza de ciencias en las aulas en donde se aprovechen la amplitud de formas de aproximarse a la realidad y la flexibilidad que le es propia a las disciplinas científicas para desarrollar explicaciones viables de los problemas y situaciones que intenta resolver o explicar. Este es un reto importante que se debe asumir al reflexionar en torno a una estructura renovada de formación de docentes, que logre ofrecer una sólida formación en los principios de las áreas disciplinarias sobre las que se sustenta el currículo escolar y que no es un aspecto solo de las ciencias naturales sino de todas las áreas de formación. Si se tuviese una mejor formación en torno a los principios de las diferentes disciplinas es posible que haya mejores bases para promover experiencias de integración curricular en los contextos de aula.

La visión de enseñanza de ciencias que se promueve en los programas de formación inicial de docentes se construye entonces a partir de dos cursos de 3 o 4 créditos entrados en el tratamiento didáctico del contenido y los recursos, con lo cual se

puede afirmar que aún cuando se utilicen algunas prácticas de laboratorio como recurso didáctico, éstas alcanzarán a ser demostraciones de algunos principios o ilustración de algunos fenómenos que complementados con la clarificación o reafirmación de conceptos básicos le permitirán al futuro docente organizar sus lecciones en el aula, pero difícilmente se alcanza a llegar por esta vía a comprender la complejidad propia de la construcción del conocimiento científico y al dominio de conocimiento específicos en ninguna de las áreas disciplinarias propias de las Ciencias Naturales. No se pretende señalar con esto que a los docentes de primaria se les debe formar como especialistas de las disciplinas, pero si que es necesario que tengan una buena comprensión de la naturaleza de las ciencias y conocimiento básica fundamentado que les permita con propiedad organizar sus espacios pedagógicos

### **Proyectos de actualización docente**

Los procesos de actualización de docentes de primaria en el área de enseñanza de ciencias se dan por medio de actividades coordinadas o desarrolladas por diferentes entidades. En primer lugar los asesores pedagógicos de las regionales tienen entre sus funciones apoyar el desarrollo de acciones de mejoramiento de la formación de los docentes, acciones que realizan por su cuenta o en coordinación con instituciones como la universidades, CIENTEC o proyectos específicos que se coordinan desde los museos o de los parques nacionales o reservas. CIENTEC organiza eventos abiertos al público a los que se invita a docentes para aprender acerca de la experimentación y de la exploración de diferentes entornos, además de la organización de un congreso anual que cuenta con el apoyo de diferentes instituciones.

Las universidades tienen proyectos que apoyan a docentes de primaria en diferentes partes del país. Por ejemplo, el Instituto Tecnológico de Costa Rica desarrolla un proyecto con docentes en la región de San Carlos y otro en la región educativa de Cartago. La Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y el CIDE de la Universidad Nacional han desarrollado proyectos conjuntos para apoyar el mejoramiento de la enseñanza de ciencias en la educación primaria. La Universidad de Costa Rica ofrece proyectos de apoyo y capacitación de docentes de primaria para mejorar su formación en las capacidades para el desarrollo de proyectos de Feria Científica.

Actualmente el Instituto de Desarrollo Profesional Uladislao Solano, del Ministerio de Educación organiza cursos de apoyo a los docentes de primaria que están vinculados a procesos de innovación de procesos de enseñanza de ciencias por medio de la aplicación de metodologías propias de las perspectivas de Indagación.

### **Formación de docentes de ciencias para la enseñanza media**

#### **Fundamentación de los programas**

Los programas de formación inicial de docentes de enseñanza ciencias para la educación media, en general parten de la necesidad de que los futuros docentes cuenten con una formación especializada en las disciplinas que componen el plan de

estudios de III y IV ciclos del sistema educativo (Física, Química y Biología). Se hace referencia a las tendencias actuales de la educación inclusiva, educación para todos y los planteamientos de formación para la vida. La pretensión es que del trabajo conjunto entre especialistas de las áreas de ciencias y del área educativa o pedagógica se puede conformar el perfil requerido para atender las necesidades y demandas que plantea hoy días el sistema educativo costarricense para los niveles que cubre la educación secundaria.

A continuación se presenta una tabla con número de cursos y créditos de matemática y ciencias que componen los planes de estudio de formación de docentes para la Enseñanza de las ciencias generales, física, Química y Biología en la enseñanza media:

**Cuadro 4.**  
**Cursos relacionados con ciencias naturales en carreras de Enseñanza de Ciencias en las universidades estatales**

Universidad	Nivel de la Carrera	Áreas	Número de cursos	Créditos por áreas
UNA	Profesorado	Matemática	2	8
		Física	5	16
		Química	5	16
		Biología	5	17
		Informática	1	3
		Historia de la ciencia	1	2
	Bachillerato	Matemática	1	3
		Física	2	5
		Química	1	4
Licenciatura	Biología	1	4	
	Matemática	1	3	
	Física	1	3	
	Química	1	6	
UNED	Profesorado	Biología	2	14
		Matemática	1	3
		Física	1	3
		Química	1	6
		Biología	2	14
		Matemática	2	6
		Química	3	12
	Bachillerato	Biología	2	8
		Física	2	8
		Geología	2	8
UCR	Profesorado	Metodología de la Enseñanza de las Ciencias Naturales		4
		Educación para la salud		3
		Bioquímica		4
		Historia Natural de Costa Rica		4
UCR	Profesorado	Cosmografía		4
		Matemática	2	6
		Química	4	16
		Física	4	18
		Biología	5	18
	Geología	1	4	

Universidad	Nivel de la Carrera	Áreas	Número de cursos	Créditos por áreas
	Bachillerato	Optativa de Ciencia Básicas		4
		Optativa de Física		4
		Optativa de Química		4
		Optativa de Biología		4

Fuente: Plantillas curriculares de los planes de estudio obtenidas en los archivos de la oficina de El Estado de la Educación, la oficina de Educación Secundaria en la Escuela de Formación docente en la Universidad de Costa Rica y en la Página web de la UNED

**Cuadro 5.**  
**Cursos relacionados con ciencias naturales en las carreras de Enseñanza de Ciencias en universidades privadas**

Universidad	Nivel de la Carrera	Áreas	Número de cursos	Créditos por áreas
Florencio del Castillo	Bachillerato	Nutrición y Salud		4
		Computación		3
		Matemática	2	8
		Física	3	9
		Química	3	11
		Biología	2	8
		Geografía Física		4
		Enseñanza de las ciencias	2	8
		Estudios del cosmos		3
	Licenciatura	Historia Natural de Costa Rica		4
	Educación Ambiental		4	
	Higiene mental		3	
	Biotecnología		4	
	Seminario de ciencias		4	
Universidad Latina	Licenciatura	Botánica General	2	8
		Zoología General	2	8
		Bioquímica y Fisiología General		4

Fuente: Plantillas curriculares tomadas de la base de datos de carreras registradas en el CONESUP

**Perfil del cuerpo docente de enseñanza de ciencias en la Educación Secundaria**

De acuerdo con lo establecido en los programas de formación docente, y los requerimientos establecidos en el Servicio Civil se asume que el perfil idóneo de un docente de ciencias es aquel que parte al menos de MT-3, categoría que corresponde al primer grado universitario que se obtiene para ser docente. Según la tabla que se presenta a continuación, en los últimos años se ha ido elevando el perfil de los docentes que tienen a cargo la formación científica en secundaria, esto significa que más profesores con bachillerato en enseñanza de ciencias están obteniendo la licenciatura en esta especialidad y además que un buen número de profesores con licenciatura están siguiendo estudios que les permiten ascender a la

categoría de MT-6. Si este es el caso, es de esperar que también mejore el perfil de salida de los graduados del sistema educativo. De igual manera se observa en la tabla que aún permanece un buen porcentaje de docentes aspirantes y sin título que siguen ejerciendo como educadores de ciencias. El cuestionamiento que se plantea a partir de esta evidencia es si con este perfil se puede afirmar que existe un conocimiento adecuado de las ciencias naturales, por parte de los profesionales para convertir estas disciplinas de manera apropiada en contenidos curricular con alto potencial para la formación y desarrollo del pensamiento científico en los estudiantes del sistema educativo costarricense y si el Ministerio de Educación aprovecha debidamente la capacidad de estos profesionales ofreciéndoles la infraestructura física y tecnológica adecuada, así como programas actualizados y del nivel apropiado para los perfiles con que se cuenta. Al contar con mejores perfiles la expectativa es que debe estarse ofreciendo una mejor formación científica en las instituciones de enseñanza media. Es de esperar entonces que en los próximos años se empiece a evidenciar un nivel de rendimiento mayor en las pruebas de bachillerato, una mejor comprensión de los conceptos científicos y un mejor perfil de ingreso a los cursos básicos de ciencias en las universidades; así como una mejor aplicación de principios científicos en la toma de decisiones de los graduados de la enseñanza media.

**Cuadro 6.**  
**Personal docente en ciencias para III Ciclo y Educación Diversificada por Grupo Profesional**

Año	Asp.	MAU		MT					
		MAU 1	MAU 2	MT 1	MT 2	MT 3	MT 4	MT 5	MT 6
2000	6,8	0,3	3,8	6,6	15,9	17,5	33,9	11,7	2,7
2001	6,6	0,3	1,0	8,3	<b>16,8</b>	18,1	33,7	10,8	3,4
2002	5,7	0,4	1,2	6,4	15,1	19,1	36,6	10,2	3,7
2003	4,4	0,2	0,7	4,9	15,7	18,5	40,4	11,0	3,3
2004	5,1	0,1	0,8	6,4	15,7	16,2	40,8	10,6	2,8
2005	2,8	0,1	0,3	18,6	12,5	11,7	37,9	11,6	1,7
2006	3,1	0,4	0,7	4,6	13,7	13,0	44,3	14,6	2,6
2007	1,8	0,1	0,1	4,0	11,1	11,1	45,5	20,3	3,1
2008	2,5	0,2	0,4	3,6	10,5	9,3	44,2	22,6	3,1
2009	2,5	0,1	0,5	2,9	8,6	8,3	40,8	26,9	3,7

Elaboración propia, a partir de los datos de estadísticas del MEP (2009).

### Características y contenidos

La formación de docentes de ciencias para atender la demanda de la enseñanza secundaria en Costa Rica tiene la particularidad de darse a partir de programas académicos que tienen la estructura propia de una carearen si misma. En la mayoría de países del mundo, los docentes de secundaria se forman primero en áreas disciplinarias y luego complementan su formación con cursos de pedagogía o

ciencias de la educación que los acreditan para ejercer la profesión docente. En el caso de Costa Rica, desde el año 1957 cuando se estableció la escuela de Pedagogía de la Universidad de Costa Rica, se formuló un programa de formación de profesores de secundaria que conjuntaba los aportes de diferentes escuelas y facultades con los de la escuela de pedagogía. De este modo se estableció un modelo propio para la formación de docentes de secundaria en el país.

Dada la alta demanda de docentes para atender la expansión del sistema educativo, en 1966 se estableció la Escuela Normal Superior de Costa Rica en Heredia, que formó docentes para todas las áreas del currículo escolar con un modelo en el que se preparaba desde el principio para ser docente, esto es, los futuros docentes llevaban de manera conjunta los cursos de especialidad con los del área de pedagogía. Este modelo pasó a la Universidad Nacional en donde las unidades académicas de las especialidades son las responsables del plan de estudio y la División de Educología del Centro de Investigación y Docencia en Educación (CIDE) ofrece el componente pedagógico del programa de formación inicial de docentes de secundaria. Por su parte la UNED aplica un modelo similar, en el que el estudiante va llevando de manera conjunta cursos de la especialidad y de educación. El modelo de formación de docentes de secundaria sigue siendo más o menos el mismo, con pequeñas diferencias entre una institución y otra (Alfaro, et al 2008).

En el caso particular de la formación de docentes de ciencias generales y de sus áreas de especialidad (Física, Química y Biología), el modelo se ha mantenido y en general ha estado a cargo de la Universidad de Costa Rica, la Universidad Nacional y la Universidad Estatal a Distancia. Existen pequeñas diferencias entre estos programas sobre todo en los mecanismos de gestión del currículo, más que en el contenido. En los últimos años, algunas universidades privadas se han incorporado al proceso de formación de docentes de secundaria en el ámbito de las ciencias naturales, principalmente ofreciendo programas al nivel de Licenciatura.

Un aspecto que se trata de mantener en todos estos programas es la necesidad de que los estudiantes tengan una sólida formación en el ámbito de las ciencias, con un conocimiento de éstas en el contexto histórico y filosófico en el que se desarrolla el conocimiento. En general se ofrecen cursos de Física, Química y Biología y de una u otra manera se trata que el estudiante perciba la interrelación que existe entre estas áreas del conocimiento. En algunos casos, los programas ofrecen algunos componentes de ciencias de la tierra y el espacio, aunque en los últimos años estos componentes se han disminuido para incorporar elementos que permitan atender aspectos del ambiente y su conservación o manejo sostenible. Como complemento al área de ciencias se ofrecen cursos de historia o filosofía de la ciencia, epistemología, ética, entre otros. Por otra parte, existe una proporción de cursos del área de la educación en los planes de estudio que ofrecen las bases pedagógicas para la conformación de una visión de la profesión docente. En general se destina un tercio aproximadamente de los créditos a cursos del área de pedagogía.

Aun cuando se asume que los programas para la formación de los docentes en el área de ciencias cuenta con un adecuado balance de cursos del área de ciencias y

de los del área de pedagogía, persiste siempre la idea de que algo hace falta y que la formación que reciben los futuros docentes no está siendo suficiente para un buen desempeño en la enseñanza secundaria, sobre todo si se consideran los avances de las ciencias en el mundo actual.

Desde la década de los años 90 del Siglo XX, la formación de docentes de ciencias en la UNED y la UNA tuvo un cambio en el sentido de que se forman docentes generalista de las ciencias, calificados por el Servicio Civil para impartir los cursos de ciencias del III Ciclo, más las áreas de Física, Química y Biología en el IV Ciclo. La Universidad de Costa Rica mantiene el esquema de formar docentes en el ramo de ciencias generales, física, química y biología por separado, aunque en los últimos años ha disminuido la cantidad de estudiantes que se gradúan en estas áreas. El asunto de las especialidades ha sido un tema de discusión y aún no se resuelve, pero existe la idea, por parte de diferentes sectores de que a lo mejor se debe volver al modelo de preparar docentes para ciencias generales y las especialidades en Física, Química y Biología. En este sentido se manejan varias formas de organizar los programas de formación. La Universidad de Costa Rica forma profesores al nivel de Bachillerato en las áreas de ciencias generales, Física, Química y Biología. Los bachilleres pueden continuar a la licenciatura en las mismas especialidades.

La Universidad Nacional y la Universidad estatal a Distancia han formado profesores y bachilleres en el área de ciencias generales. En la Universidad Nacional por un tiempo se ofreció la especialidad a nivel de Licenciatura en enseñanza de la Física, la Química y la Biología. Hoy día la Universidad Nacional ofrece la Licenciatura en enseñanza de ciencias sin especialidad y la UNED recién abrió un plan de estudios para licenciatura en enseñanza de ciencias.

Es importante valorar que estos modelos de formación de docentes para el área de ciencias tienen un trasfondo económico. Cuando se daban las especialidades en Física, Química y Biología, los profesores de estas áreas no lograban completar un número de lecciones apropiado en un solo centro educativo con la categoría que correspondía al título que tenían. Esto provocó que las universidades propusieran ante el Servicio Civil que a los profesores de ciencias generales se les calificara en la misma categoría para atender los cursos de Física, Química y Biología y que con eso pudieran completar en una sola institución el número de lecciones apropiado entre todos los niveles con la misma categoría. Desde el punto de vista económico parece razonable, pero desde el punto de vista académico, acarrea deficiencias de formación en el área de la especialidad que se ofrece, además de que se corre el riesgo de que los estudiantes durante todo su proceso de educación secundaria solo llegue a tener un profesor de ciencias, con la consecuente reducción en las visiones de mundo desde los que se aborda la educación científica.

Es oportuno mencionar aquí el estudio realizado por Hernández Jiménez (Marzo 2010), quien pone en evidencia las coherencias e incongruencias que existen entre las expectativas que se plantean en los programas de Biología del MEP en torno a las metodologías que se espera que apliquen los docentes en las aulas, y las prácticas metodológicas que se aplican en los cursos universitarios de los que

participan los futuros docentes en el campo de la enseñanza de la Biología. Se evidencia en su estudio la existencia en su gran mayoría de prácticas educativa que son generalmente directivas, unidireccionales con poco participación de los estudiantes en los cursos de la especialidad, mientras que los cursos del áreas de metodología de la enseñanza de las ciencias promueve prácticas educativas participativas que se orienten a la construcción del conocimiento, lo cual es congruente con la expectativa del programa de Biología del MEP. A este respecto es interesante llamar la atención sobre lo que plantea Pérez Gómez (1999), cuando afirma que los futuros docentes, de alguna manera en su proceso de preparación para ejercer esta profesión, lo que van haciendo durante su carrera universitaria es copiar los modelos que aplican sus profesores del área de especialidad, no tanto reflexionando acerca de las propuestas educativas alternativas o la generación de innovaciones para transformar los entornos de aula vinculados con la enseñanza de la especialidad. De aquí se infiere la importancia de promover en las universidades, en los cuerpos académicos que tienen a cargo los procesos de formación inicial de docentes para la enseñanza de ciencias, la necesidad de analizar a profundidad las concepciones teóricas desde las cuales se asumen los procesos educativos para la formación de profesionales en el campo de la educación científica, de manera que se logre desde ahí que los futuros docentes identifiquen modelos de enseñanza coherentes con la naturaleza de las ciencias y con las metodologías que se intenta promover en las programas de enseñanza de ciencias del Ministerio de Educación Pública. Esta es una tarea que permite constituir equipos académicos que aprovechen la experticia de los académicos en sus especialidades, pero a la vez que se reconozca el valor del modelaje en los procesos de formación de las futuras generaciones de educadores que requiere el país para promover una educación científica de calidad, según las demandas que plantean las nuevas tendencias de desarrollo de la ciencia y del país.

Algunas universidades privadas se han incorporado al proceso de formación de profesores de ciencias generales y sus graduados asumen las especialidades igual que los que se gradúan en las universidades estatales. Uno de los cuestionamientos que se tienen en esos casos es acerca de la infraestructura de laboratorios con los que se cuenta en las diferentes sedes donde se ofrecen los programas, para lograr el perfil de formación científica que se requiere.

Uno de los problemas fundamentales que emergen desde el punto de vista de la formación de profesores de ciencias para la enseñanza media es el nivel de profundización que se puede lograr para el dominio de las diferentes disciplinas científicas que se desarrollan en la educación secundaria. Es importante valorar la amplitud de las disciplinas, pero también las condiciones de tiempo e infraestructura de laboratorios y talleres de trabajo con que se cuenta para favorecer la formación integral en las disciplinas científicas en tanto se vinculan con la educación.

Este es un campo que requiere análisis por parte la comunidad académica, de las autoridades del Ministerio de Educación y de otras instancias definidoras de política pública sobre la educación científica, para poder atender de mejor manera las demandas de la sociedad en cuanto a la formación científica que se requiere para



favorecer el desarrollo, pero también sobre su aporte para el mejoramiento de las condiciones de vida y del manejo sostenible del ambiente.

### **Mecanismos de capacitación en servicio**

Una queja que plantean los docentes y asesores que participaron en una encuesta, para recabar información específica para la realización de este trabajo, es la limitante que tienen los docentes para participar de procesos de actualización, por las restricciones que se dan por motivo del calendario escolar. No obstante esta limitante, si existen oportunidades que se ofrecen en las regiones para participar en capacitaciones en el área de ciencias, por medio de proyectos de extensión y acción social que ofrecen las universidades en estrecha coordinación con asesores regionales y la anuencia de las autoridades de las instituciones. Además existen oportunidades por proyectos específicos que se ofrecen con el apoyo de fundaciones (Omar Dengo, CIENTEC, entre otros) y empresas privadas que involucran a docentes en procesos que les permiten mejorar sus capacidades para la enseñanza de ciencias en este nivel del sistema educativo (p. ej. caso de Intel)

A pesar de los esfuerzos que se han realizado, sigue siendo necesario fortalecer esta área en las diferentes regiones del país, y aprovechar al máximo la capacidad instalada con que se cuenta en las instituciones públicas y privadas de educación superior, pero además es necesario promover la participación de todos en la construcción de opciones creativas que permitan el mejoramiento de la calidad de la educación científica.

## **VII. Buenas prácticas internacionales en educación científica**

En esta sección se recuperan y documentan buenas prácticas internacionales referidas a la enseñanza de las ciencias con el fin de retroalimentar el diseño de políticas nacionales en este campo. Para tal efecto se realizó una revisión de las diferentes políticas y de los programas utilizados internacionalmente que hoy por hoy han venido presentado mayores éxitos, tales como los programas: “Manos en la Masa” de Francia, el “Programa Polen” desarrollado en países de la OEDC y en algunos de Asia y Africa y la Red IndagaLA en América Latina

### **Principales preocupaciones e iniciativas en la enseñanza de las ciencias**

A nivel de la educación científica, UNESCO tiene como objetivo primordial velar por la prestación de una enseñanza de calidad para todos en las asignaturas de ciencias en el marco de la educación para todos. También se ha propuesto crear un marco de referencia que permita elaborar, en materia de educación científica, estrategias respetuosas de las prioridades de los países y con perspectivas de futuro, orientando las políticas regionales, teniendo en cuenta los documentos de políticas de la Organización (UNESCO, 2010).

Alrededor de la enseñanza de las ciencias se han desarrollado preocupaciones importantes que giran en torno a dos ejes principales; por un lado el tema del acceso a la educación científica y los costos de dicha educación especialmente en países

subdesarrollados y por otro lado, el tema de cómo enseñar las ciencias en los sistemas educativos y su pertinencia de cara a los nuevos problemas y situaciones actuales que enfrentan los países y que implican mayores complejidades.

Respecto al primer eje (acceso y costos), existen valiosos aportes por parte de la UNESCO; como por ejemplo el programa llamado Microciencia Global; y para el segundo eje, la experiencia internacional más reconocida a nivel internacional es el Programa denominado Manos en la Masa.

### **Programa de Microciencia Global de la UNESCO**

Uno de los aspectos importantes de esta perspectiva educativa es la inmersión del alumno en el campo científico, y esto se logra mediante la experimentación, análisis de los resultados y discusión de los mismos hasta llegar a obtener conclusiones y cumplir con los objetivos del experimento. No obstante, la educación científica siempre ha tenido un gran inconveniente, el gran costo de los materiales, equipos e infraestructura para poder impartir una clase de calidad que sea bien aprovechada. Debido a esto, es que la UNESCO logra crear en conjunto con el Centro RADMASTE “El programa de microciencia global” en 1993. Este es un programa que ha incorporado la ciencia experimental en los currículos escolares mediante la utilización de pequeños “kits” portátiles con los que se pueden realizar algunos experimentos. A este sistema de laboratorios portátiles se le conoce como el “Sistema de Microciencia” que cuenta con las siguientes ventajas:

- El equipo tiene un bajo costo.
- Es de fácil uso.
- No se requiere de instalaciones o laboratorios.
- Son resistentes.

Otras de las ventajas de dicho sistema apoyado por la UNESCO es que al ser equipos pequeños, utilizan cantidades pequeñas de reactivos químicos, por ejemplo, lo que lo hace ser muy amigable con el ambiente. Por otro lado, la mayoría de los implementos utilizados en los kits, son de plástico, por lo que tienen un tiempo de vida mucho más largo que los equipos de vidrio. Entre los kits que se han desarrollado se encuentran aquellos para enseñar química, biología, zoología, bioquímica básica, botánica, entre otras especialidades, tanto para primaria como para secundaria. (RADMASTE, 2009)

En algunos países, como en el caso del continente africano, se ha adoptado un enfoque de enseñanza teórico. Dicho modelo de enseñanza teórica, tiene grandes limitaciones y como explica Julia Hasner, coordinadora del Programa de Microciencia Global, “¿Cómo puede cualquier país capacitar científicos que promuevan la investigación nacional la cual es indispensable para el desarrollo del país, sin ninguna clase de experimentación?” (UNESCO, sin fecha)

Es aquí donde UNESCO establece una alianza con el Centro para la Investigación y Desarrollo en la educación de la Matemática, Ciencia y Tecnología (RADMASTE por sus siglas en inglés) de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Witwatersrand en Johannesburgo, Sudáfrica. Gracias a esta alianza, se conceptualizaron y crearon los dispositivos portátiles (kits) para los estudiantes y profesores que les permiten tener un laboratorio a la mano, de bajo costo y fácil acceso. Junto a otros centros de investigación asociados a UNESCO, es que el programa de microciencia global logra mantenerse activo y bajo la supervisión y tutela de UNESCO. (Microscience, 2010).

El Centro RADMASTE tiene como objetivo principal promover la calidad, relevancia y accesibilidad de la educación en ciencias, matemática y tecnología y esto lo hace tomando la investigación y desarrollo en todos los niveles educativos, proveyendo y participando en el desarrollo de currícula, capacitación docente, innovaciones en el modelo de enseñanza-aprendizaje, elaborando textos educativos, materiales electrónicos de apoyo, etc. (Microscience, 2010)

Como se puede observar, UNESCO está apoyando en gran medida los programas educativos que involucren un mayor contacto del estudiante con la ciencia, mediante experimentos y procesos que le permitan a la persona un mayor contacto con los procesos científicos.

### **Programa Manos en la masa: educación científica basada en la indagación y la investigación**

El reciente desarrollo de un método de enseñanza de las ciencias basado en la investigación y en el desarrollo del pensamiento crítico en los estudiantes, se debe al esfuerzo de los científicos e investigadores que se han dado a la tarea de capacitar a los docentes para que puedan desarrollar más fácilmente dichas habilidades en el estudiantado (La main à la pâte, 2007; Pollen 2009; Yves, 2005).

El premio Nobel de física de 1988, Leon Lederman, introdujo un sistema en las escuelas de barrios marginales de la ciudad de Chicago en Estados Unidos que estaba basado en el método “aprender haciendo”. Luego, tres físicos franceses (Georges Charpak - premio Nobel en física 1992, Pierre Léna e Yves Quéré) visitaron las escuelas donde se había implementado el nuevo sistema y descubrieron que los niños habían desarrollado un gran entusiasmo por la ciencia; así que decidieron ajustar dicho sistema y formularon el programa La main à la pâte (manos en la masa) (La main à la pâte, 2007) en Francia.

Este enfoque metodológico privilegia dos aspectos fundamentales que deben abordarse desde las primeras etapas de la enseñanza primaria, la concentración especial en el desarrollo de destrezas de observación y experimentación y el mejoramiento de la pedagogía.

El aprendizaje de las ciencias y del ejercicio de las destrezas cognitivas asociadas a estas disciplinas, conlleva el desarrollo de habilidades para abordar temas críticos así como destrezas y valores fundamentales como son, por ejemplo; la capacidad de

observación, la fundamentación de la opinión en la evidencia, la tolerancia y el respeto. (Léna, 2008)

Otra de las virtudes de este sistema de enseñanza es que logra desarrollar la creatividad en los niños aprovechando el advenimiento de la “edad del ¿por qué?”. Otro de los resultados positivos del programa es que permite fomentar la conectividad neuronal, que se ha demostrado que para el desarrollo cognitivo se requiere del estímulo de dicha conectividad en el cerebro y eso solo se puede lograr mediante estímulos externos. (Léna, 2008)

Otro aspecto importante, es que el enfoque de aprender haciendo en el que se basa el programa manos en la masa involucra el desarrollo de las competencias lingüísticas. Esto contribuye a la formación de las estructuras mentales y de la sintaxis que luego hace posible estar en capacidad de hacer ciencia. En resumen, el desarrollo de estas capacidades contribuye a que los estudiantes puedan relacionar hechos e ideas y expresar conceptos con mayor claridad y precisión. (Womper, 2007)

Después de los primeros cinco años de desarrollo de dicho programa, el movimiento manos en la masa se ha diseminado a escuelas en Afganistán, Argentina, Brasil, Camboya, Chile, China, Colombia, Egipto, Malasia, México, Marruecos, Senegal, Eslovaquia, entre otros más. (Yves Quéré, 2005)

Esta difusión internacional, ha permitido el desarrollo de diferentes redes y programas basados en el método de manos en la masa, algunos de ellos son el programa Polen que involucra 12 ciudades de 12 países europeos, el programa IndagaLA, que es la versión latinoamericana del sistema manos en la masa y en el Sureste de Asia se encuentra el Centro Regional para la Educación de las Ciencias y la Matemática que es quien se encarga de diseminar y apoyar el programa de manos en la masa en dicha región, por citar algunos.

A continuación, se presenta una descripción detallada de las redes Polen e IndagaLA, que sirven posteriormente como criterio para buscar buenas prácticas internacionales en la enseñanza de las ciencias.

### **Programa Polen**

Polen es un proyecto europeo de investigación y desarrollo que ha recibido el apoyo de la Dirección General de Investigación de la Comisión Europea (Sexto Programa Marco) y ha sido seleccionado como uno de los proyectos de referencia para promover la educación y la cultura de las ciencias en Europa.

Las autoridades europeas y la comunidad científica internacional reconocen la importancia de una enseñanza de las ciencias basada en la investigación (ECBI) para desplegar una estrategia integrada que permita desarrollar la conciencia científica y el aprendizaje de las ciencias en la enseñanza primaria.

El proyecto Polen, desarrollado en más de 400 escuelas (36.000 alumnos) de Europa, se basa en 5 pilares básicos, que conforman la Carta de las Ciudades Semillero para enseñanza de las ciencias

### **Principales criterios orientadores de la enseñanza de las ciencias basada en la investigación (ECBI)**

La ECBI constituye el núcleo del enfoque pedagógico respaldado por Polen. Este tipo de enseñanza combina la investigación global, la educación científica, la experimentación y el razonamiento basado en los resultados, así como las habilidades lingüísticas y dialécticas, lo que permite que los alumnos comprendan mejor los objetos y fenómenos que los rodean, además de estimular su curiosidad, su creatividad y sus capacidades críticas.

La experimentación y la enseñanza basada en la investigación y en el análisis de resultados constituyen herramientas sólidas para llegar al entendimiento de la auténtica naturaleza de la ciencia. Hay que tomar en cuenta que la implementación de la ECBI necesita tiempo, por lo que se requiere una metodología de planificación a largo plazo y de enseñanza claramente definida. Sin embargo, este sistema permite adoptar un enfoque multidisciplinario en el que se pueden integrar las matemáticas, las lenguas y otras materias. Asimismo, con el estudio de otros temas de interés se establece un vínculo entre la escuela y su entorno.

### **Formación del profesorado**

La investigación ha mostrado claramente que la formación y el asesoramiento del profesorado son los principales componentes necesarios para que se genere un cambio en las prácticas docentes (Pollen, 2009), en especial para combatir la reticencia que a menudo manifiestan los docentes de primaria para la enseñanza de las ciencias. A través de sesiones de formación dedicadas al profesorado activo y el asesoramiento en el aula, Polen ha contribuido a ampliar las capacidades necesarias para la ECBI, consiguiendo así cambios duraderos en sus prácticas.

La formación del profesorado debería incluir la simulación en el aula, durante la cual los profesores pueden experimentar directamente con el enfoque basado en la investigación. Las sesiones de formación regulares, progresivas y coherentes se muestran más eficaces a la hora de cambiar los métodos de trabajo. Los profesores con experiencia son formadores eficaces por lo que el intercambio de buenas prácticas entre colegas constituye un método con buenos resultados.

### **Participación de la comunidad**

Las escuelas se integran en un contexto más amplio, en el que la interacción con otros agentes locales también es importante para intensificar la innovación en materia de educación. Polen ha promovido la participación de la comunidad y ha involucrado a las familias, la comunidad científica, las universidades, los servicios públicos, las industrias y otras entidades locales con el fin de que las políticas de educación científica se integren mejor en los programas de las ciudades, así como

para proporcionar al profesorado y alumnos la posibilidad de realizar experiencias de campo y visitas. En las denominadas “ciudades semillero” del proyecto Polen; un consejo comunitario reúne a los representantes de los diferentes actores implicados en el proyecto local.

La participación de la comunidad científica como parte interesada y como agente de apoyo al profesorado constituye un elemento básico. Las actividades de amplio alcance en las que participan estudiantes de ciencias proporcionan un apoyo eficaz al profesorado. Los acuerdos entre distintos socios, con un apoyo claro de las principales instituciones, permiten que la iniciativa sea sostenible. Los acontecimientos públicos contribuyen a alcanzar un consenso y las iniciativas adecuadamente integradas en las políticas locales fomentan la innovación y los cambios efectivos.

### **Recursos y materiales**

El equipamiento constituye un factor clave, aunque no tiene por qué ser costoso o estar basado en tecnología avanzada. Polen ha puesto a disposición del profesorado una serie de materiales básicos para el trabajo en el aula, así como protocolos basados en estos materiales. Estas herramientas, que se presentan en forma de kits o cajas con todos los elementos necesarios para que tanto los docentes como los alumnos comiencen a trabajar, han ayudado a reducir las dificultades prácticas que el profesorado suele tener, además de estructurar sus prácticas a partir de programas comunes basados en los protocolos de enseñanza.

El profesorado deberá tener fácil acceso a diferentes recursos y material de calidad, con kits de experimentación listos para ser utilizados.

Los maestros experimentados pueden participar en el diseño de recursos y materiales de calidad y elaborados a escala local.

Los recursos y el material poseen un efecto estructurante que favorece la homogeneidad, la coherencia y la difusión de la ECBI; debe intentarse que exista una coherencia con los planes de estudios locales y los proyectos escolares. Además, la relevancia social de los contenidos educativos es importante.

### **Seguimiento y evaluación**

Una evaluación constructiva de la forma en que los maestros reaccionan y desempeñan su labor en el aula es esencial para la innovación en la enseñanza y permite determinar a qué tipo de dificultades se enfrentan cuando aplican este enfoque innovador, además de mostrar si el cambio de sus prácticas docentes les aporta beneficios, y en qué condiciones. También es necesario realizar una evaluación general del impacto global del proyecto para que los cambios puedan justificarse ante los responsables políticos y las autoridades educativas a partir de datos concretos.

El proyecto Polen ha tenido en cuenta ambos aspectos: en primer lugar, a través de un seguimiento directo del profesorado en el aula y, posteriormente, con un cuestionario que rellenaron los maestros y alumnos que participaron en el proyecto, con el fin de evaluar su impacto en su actitud con respecto a las ciencias. Asimismo, se ha evaluado la calidad de la participación de la comunidad en cada ciudad semillero, para determinar cuáles son los principales factores que generan un compromiso sólido de los actores locales.

Tras las sesiones de formación del profesorado deben realizarse visitas a las escuelas. Es necesario llevar a cabo un seguimiento del trabajo de los maestros, pero éste no debe percibirse como un elemento de juicio, más bien, debe adoptarse un enfoque constructivo, en el que las observaciones y comentarios del profesorado puedan utilizarse como una contribución positiva para aplicar mejoras.

### **Red IndagaLA**

Desde finales de la década de los 80's, varios países del mundo han buscado una forma de abordar la enseñanza-aprendizaje de las ciencias, buscando filosofías basadas en indagación. En Latinoamérica el trabajo inició en Colombia finalizando la década de los 90's y se creó el primer programa basado en indagación en el 2000. Otros Países como Brasil (2001), Chile (2002), México (2002), Argentina (2004), Panamá (2006), entre otros, han venido uniéndose a esta tendencia mundial. La inclusión de los países latinoamericanos a tal propuesta pedagógica llevó a generar una red de cooperación en Latinoamérica denominada Redlaciencia (2003).(IndagaLA 2010)

Colombia no solamente fue el primer país en adoptar este método de enseñanza, sino que además lo ha adoptado como una política educativa nacional.

El Ministerio de Educación Colombiano, está utilizando estrategias como el aumento de la cobertura y el mejoramiento de la calidad de la educación, esto basado en la definición de unos estándares básicos que pretenden desarrollar en los niños las competencias y habilidades necesarias que exige el mundo contemporáneo para vivir en sociedad. (Ministerio de Educación Nacional, 2004)

Los estándares en ciencias buscan que los estudiantes desarrollen las habilidades científicas y las actitudes requeridas para explorar fenómenos y para resolver problemas. La búsqueda está centrada en devolverles el derecho de preguntar para aprender. Desde su nacimiento, y hasta que entran a la escuela, los niños y niñas realizan su aprendizaje preguntando a sus padres, familiares, vecinos y amigos y es, precisamente en estos primeros años, en los cuales aprenden el mayor cúmulo de conocimientos y desarrollan las competencias fundamentales. (Ministerio de Educación Nacional, 2004)

En este sentido, el Ministerio colombiano define las conductas de salida como características de los estudiantes en ciencias:

- Puede enfrentar preguntas y problemas y con base en ello, conocer y producir.

- Llevar a cabo procesos de búsqueda e indagación para aproximarse a la solución del problema.
- Considera muchos puntos de vista sobre el mismo problema o la misma pregunta y se enfrenta a la necesidad de comunicar a otras personas sus experiencias, resultados y conclusiones.
- Puede confrontar y comparar sus resultados ante otras personas.
- El estudiante es capaz de defender su investigación y responder por las aplicaciones que se hagan de ello.

Es importante recalcar que este nuevo programa de estudios en ciencias involucra muy seriamente al niño con el ambiente, es un programa educativo basado en el entorno físico, social, ambiental, etc.

Este programa plantea estándares que definen como los estudiantes se acercan a los conocimientos en ciencias; o cuáles son las condiciones de aprendizaje para que los estudiantes logren la apropiación y el manejo de los conceptos trabajados. Y un aspecto muy importante es que también indica las responsabilidades que como miembros de una sociedad asumen cuando se conocen y valoran los avances científicos y tecnológicos. (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2004)

Aparte de esta modificación en los planes de estudio en ciencias en la educación elemental colombiana, Colombia ha logrado aunar esfuerzos con otros países del cono sur en materia de educación científica y se ha creado un portal para el apoyo de la educación. Este portal se conoce como IndagaLA, que constituye un esfuerzo internacional para ofrecer apoyo en la formación y el acompañamiento de maestros, así como en la generación y el suministro de materiales, todo esto en el marco de la Enseñanza de las Ciencias basada en la Indagación (ECBI). (IndagaLA, 2010)

El grupo IndagaLA que articula diversos países Latinoamericanos fue creado por una iniciativa de programas ECBI en Latinoamérica y Francia, apoyados por las Academias de Ciencias. Cada país cuenta con sus estrategias de formación, acompañamiento, seguimiento, asesoría y apoyo a docentes en las diferentes zonas y regiones. Sin embargo, se comparten necesidades en relación con protocolos para la indagación, espacios de trabajo colaborativo en la creación de nuevos materiales, así como espacios de asesoría científica y pedagógica. (IndagaLA, 2010)

El siguiente mapa presenta, en sombreado, la red de programas de Educación en Ciencias Basado en Indagación, ECBI, en Latinoamérica.



**Mapa 1.**



Fuente: Mapa tomado del sitio de IndagaLA (IndagaLA, 2010)

Entre otros países que están adoptando el sistema de ECBI están:

### **Panamá**

Hagamos ciencia: El proyecto Hagamos Ciencia, que ejecuta el Ministerio de Educación y la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, tiene como misión mejorar la enseñanza de las ciencias a través de la introducción de la enseñanza por indagación en las escuelas. Si se parte de que la ciencia es una forma de pensar y relacionarse con el mundo, los niños y niñas que participan en proyectos indagatorios tienen la oportunidad de cuestionarse sobre los fenómenos y eventos del mundo que les rodea, formulando predicciones e hipótesis y sometiéndolas a prueba con experimentos sencillos que les permiten analizar y contrastar los resultados que obtienen con sus predicciones e ideas previas. (IndagaLA, 2010)

### **Brasil**

Manos en la masa: Proceso educativo que diferencia la escuela tradicional de la nueva, donde predomina el trabajo manual y corporal, con la presencia, en todas sus actividades, del interés que es la primera condición para lograr una actividad espontánea y de estimulación constante a educar para buscar todos los recursos que estén al alcance de los estudiantes. (IndagaLA, 2010)

### **Argentina**

Alfabetización científica: este proyecto se define según dos dimensiones; primero, como un proceso de enculturación científica que se asienta en acciones de promoción, valoración y divulgación de la ciencia. Segundo; como un proceso de

construcción progresiva de ideas y modelos básicos de la ciencia y las formas de trabajo de la actividad científica escolar, que potencie la curiosidad y el asombro de los participantes.

Son objetivos del proyecto la promoción, valoración y divulgación de la ciencia y la tecnología, entendiendo su relación estratégica con el modelo de desarrollo del país, y la mejora de la educación científica en todos los niveles y modalidades para contribuir a la formación de ciudadanos alfabetizados científicamente y despertar vocaciones científicas. (IndagaLA, 2010)

## **Chile**

Educación en ciencias basada en la indagación: Este proyecto es una iniciativa conjunta del Ministerio de Educación y la Academia Chilena de Ciencias dirigida a niños y niñas de enseñanza básica. Su objetivo es generar en los alumnos la capacidad de explicarse el mundo que los rodea utilizando procedimientos propios de la ciencia. Esto les permitirá utilizar la ciencia como una herramienta para la vida y para aprender por sí mismos.

El proyecto entrega apoyo y asesoría a las escuelas participantes en la implementación curricular y la transformación de las prácticas en el sector de ciencias, a través de módulos de aprendizaje, un modelo de transferencia al aula y la asesoría o capacitación a la escuela y la comunidad. La capacitación que reciben los docentes se realiza en función de los módulos o unidades didácticas que incluyen material experimental (“caja de materiales”) y guías para los alumnos y el profesor. (IndagaLA, 2010)

## **México**

México ha iniciado también las políticas de educación basada en la investigación y para eso ha implementado el programa “La ciencia en tu escuela” el cual es coordinado por la Academia Mexicana de Ciencias con el apoyo de la Secretaría de Educación Pública y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Su objetivo es mejorar la actitud de los profesores de educación básica y media hacia las matemáticas y las ciencias, así como la actualización de los conocimientos en estas disciplinas. (IndagaLA, 2010)

A través de este programa, se intenta hacer una propuesta que vincule a los científicos con profesores de educación primaria y secundaria, para elevar el nivel de enseñanza de la ciencia y las matemáticas.

La ciencia en tu escuela se propone influir de manera decisiva en la práctica cotidiana del docente al interior del aula, de tal forma que sea un quehacer sustentado tanto en la comprensión profunda y clara de los conceptos matemáticos y científicos a impartir, así como una concepción didáctica que respete al alumno como constructor de su propio conocimiento. (IndagaLA, 2010)

## **Revisión de buenas prácticas internacionales en materia de políticas**

Teniendo en cuenta los antecedentes arriba mencionados, se decidió orientar la búsqueda de buenas prácticas internacionales en la enseñanza de las ciencias siguiendo como criterio la revisión de experiencias en aquellos países en los cuales se han desarrollado las redes y programas basados en el enfoque “aprender haciendo”, promovido por el movimiento Manos en la masa.

Esta revisión se concentró en una búsqueda de información principalmente en países de Europa, América Latina.

La información se organizó a partir de la siguiente lista de ejes temáticos:

- Políticas orientadas a mejorar acceso y equidad
- Políticas orientadas a mejorar la calidad.
- Políticas orientadas a fortalecer la formación y capacitación docente.
- Políticas orientadas a promover la alianza entre actores sociales para favorecer la enseñanza de las ciencias.

El enfoque teórico-metodológico y las competencias que se espera desarrolle el niño en el transcurso de su proceso educativo, son dos aspectos comunes a todas las experiencias, por cuanto que los mismos se derivan del enfoque de aprender haciendo promovido por el programa francés Manos en la masa y que adquieren particularidades según sea el país que lo adopte.

En el caso del enfoque teórico metodológico; como se ha señalado, la educación basada en la investigación promueve metodologías que incentivan el trabajo creativo y práctico de los estudiantes, la experimentación con procesos o fenómenos a partir de ideas o propuestas teóricas previamente formuladas. Es una modalidad centrada en el alumno, que busca desarrollar su sensibilidad frente a problemas reales, estudiar alternativas de solución y evaluar sus implicaciones, en conjunto con la utilización de tecnologías disponibles.

Se busca promover un alto grado de interacción entre el estudiante y el profesor, como también entre los mismos estudiantes, además de incentivar el trabajo en equipo, el contacto con el medio externo (empresas, especialistas, etc.) así como el plantear ideas en público y la crítica constructiva.

La forma de evaluación, se basa en el seguimiento del proceso que garantice el avance a la obtención de una solución factible al problema planteado. En materia de competencias, el sistema pedagógico “aprender haciendo” promueve la creatividad, razonamiento, desarrollo lingüístico, relación con la sociedad, curiosidad, capacidad de observación y fundamentación de las opiniones en evidencia.

Entre las técnicas y herramientas que adquieren los estudiantes están; dotarlos de habilidades pertinentes para hallar información, enseñarle los principios formales de la investigación, desarrollar la autonomía en el aprendizaje, conseguir que dominen las técnicas instrumentales básicas como lectura, escritura, cálculo y técnicas de estudio. Un elemento central es desarrollar en ellos una actitud metodológica de descubrimiento.

La siguiente matriz presenta una síntesis de las buenas prácticas identificadas.

**Cuadro 7.**  
**Buenas prácticas internacionales en la enseñanza de las ciencias con énfasis en la indagación**

<b>Políticas orientadas a mejorar el acceso y la equidad en la educación científica</b>	
<b>Política</b>	<b>Experiencias revisadas</b>
<p>La tendencia de la educación científica es hacerla accesible a todo sector de la población; sectores de bajos recursos, inmigrantes, escuelas primarias y guarderías; cada país le da énfasis al tema que consideran mas importante o pertinente. También se promueve el aumento del número de horas de clase de las asignaturas científicas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En Holanda, el objetivo principal es aumentar en las escuelas primarias la educación científica basada en la investigación.</li> <li>• En Alemania, pasaron de 2 a 4 horas de clases por semana para 5 y 6 grado y su eje principal era como poder incorporar la educación científica y los asuntos de género.</li> <li>• En Bélgica la principal orientación en el desarrollo del programa Polen, fue desarrollarlo en áreas con poblaciones de bajos recursos.</li> <li>• En el caso de la ciudad de Girona, en España, se quiso dar mayor oportunidad y acceso a la educación científica a aquellos niños hijos de inmigrantes.</li> <li>• Los casos de Eslovenia y la ciudad de Vac de Hungría son particularmente interesantes ya que debido a su condición de nuevo miembro de estado en Europa (por los cambios políticos recientes) se ha tratado de incorporar este aspecto de ser un nuevo país y como aprovechar esa situación para mejorar su educación científica. Han aumentado el número de clases de ciencias de la siguiente forma: de 1-7 grado son 3 lecciones de ciencias por semana (105 al año); de 8-9 hay 2 lecciones de física, 2 de química y 1,5 a 2 de biología.</li> <li>• En Italia, la participación de los niños en la educación científica y la ciudadanía activa es su eje principal de trabajo, lo que permite enseñar a los niños que ellos son parte de una sociedad.</li> <li>• Los niños con necesidades especiales no se quedan fuera de la educación científica, en Tartu, Hungría, se decidió modificar la educación científica para que ese tipo de niños pudieran tener acceso a las ciencias.</li> <li>• En China, al inicio el programa, se implemento en 14</li> </ul>

	<p>guarderías y 13 escuelas primarias, para un total de aproximadamente 100 clases distribuidas en Beijing, Nankin, Shanghai y Shantou.</p> <p>Una evaluación en el 2004 reveló que el programa se había extendido a unas 1000 clases en unas 200 escuelas, situadas en 11 provincias.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En Serbia, los libros de manos en la masa, Semillas de ciencia 1, 2, 3, 4 y 5 así como Educación científica en la escuela fueron traducidos y publicados en serbio</li> <li>• En Sudáfrica, mediante una alianza del centro RADMASTE y la UNESCO se mejoró el acceso a los laboratorios la cual permitió desarrollar y tener a disposición unos kits sencillos con los cuales los maestros pueden realizar prácticas en clase sin la necesidad de las costosas instalaciones de un laboratorio formal.</li> </ul>
--	---

**Políticas orientadas a mejorar la calidad**

<b>Política</b>	<b>Experiencias revisadas</b>
<p>Para mejorar la calidad de la educación científica las experiencias apuntan al trabajo en distintos frentes, que van desde la revisión de libros de texto y contenidos de los programas, la articulación del trabajo de las escuelas con la comunidad científica y los institutos de investigación; la definición de estándares y competencias, la promoción de enfoques interdisciplinarios, el cambio en el enfoque de las clases magistrales a clases experimentales; la atención al manejo de la transición de primaria a secundaria, el involucramiento de la familia, entre otros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El Ministerio de Educación de Argentina hace varias sugerencias en este tema, como por ejemplo la formación de una comisión que se encargue de revisar los libros de texto y hacer las recomendaciones pertinentes para mejorarlos. También buscan los medios para que el gobierno dote y equipe los laboratorios de las escuelas y colegios. Por otro lado, tener un mayor acercamiento a las instituciones de investigación e investigadores para que estos trabajen como asesores y mejoren la calidad de las clases y laboratorios.</li> <li>• El programa en Brasil Manos en la masa empezó a considerar como aspecto crucial la evaluación de niños con el objetivo de obtener evaluaciones positivas del enfoque investigativo en escuelas y considerar modalidades para extender el programa a educación secundaria</li> <li>• El Ministerio de Educación Colombiano definió una serie de estándares básicos que pretenden que definen las competencias que se esperan tengan los niños como producto del proceso educativo de enseñanza de las ciencias. Entre las principales conductas de salida destacan las siguientes: El estudiante puede enfrentar preguntas y problemas y con base en ello, conocer y producir. El estudiante es capaz de llevar a cabo procesos de búsqueda e indagación para aproximarse a la solución del problema. El estudiante puede considerar muchos puntos de vista sobre el mismo problema o la misma pregunta y se enfrenta a la necesidad de comunicar a otras personas sus experiencias, resultados y conclusiones. El estudiante puede confrontar y comparar sus resultados ante otras personas. El estudiante es capaz de defender su investigación y</li> </ul>

	<p>responder por las aplicaciones que se hagan de ello.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En el Reino Unido, los esfuerzos se han dirigido a abordar el enfoque interdisciplinario con otras ciencias y disciplinas.</li> <li>• En Alemania, los alumnos de 5 y 6 grado tuvieron un aumento de sus clases semanales de ciencias de 2 a 4 clases</li> <li>• En Eslovenia y Hungría, se reporta que 2/3 de las clases de ciencias son experimentales</li> <li>• La ciudad de Saint Etienne, Francia, promueve que la comunidad científica se involucre en los procesos de formación científica de los niños.</li> <li>• En Portugal han promovido la incorporación de la familia del niño en su educación científica, por eso trabajan muy de cerca para que la familia de los niños les puedan ayudar en el proceso. Un lema interesante que orienta este programa educativo es “Convertir la cocina de la casa en un laboratorio”</li> <li>• En Suecia uno de los aspectos que trabajan es ayudar mejorar la transición de la escuela al colegio, es por esto que su enfoque en la educación científica se basa en la transición de primaria a secundaria.</li> <li>• En Colombia, mediante un programa piloto denominado Alianza Pequeños científicos desarrolló cinco líneas de acción: entrenamiento, desarrollo curricular, evaluación, producción de material didáctico y trabajo con la comunidad. Se involucraron autoridades educativas responsables por regiones, científicos, capacitadores y maestros. La evaluación del proyecto y su seguimiento, fue un pilar fundamental. Esta base permitió posteriormente renovar los programas educativos a nivel nacional teniendo como base la fijación de estándares de competencias en la enseñanza de las ciencias.</li> <li>• En Egipto, en el 2006, el ministerio egipcio de educación, decreto oficialmente que el programa de enseñanza inspirado por los principios de manos en la masa sería generalizado a los primeros 3 años de educación primaria</li> </ul>
--	--

**Procesos de formación y capacitación de los docentes**

<b>Política</b>	<b>Experiencias revisadas</b>
<p>La capacitación docente se caracteriza por un gran trabajo en conjunto entre las autoridades educativas del país y los países que ya tienen implementado este modelo educativo. Hay una tendencia a un incremento en el número de maestros involucrados con el programa, lo que denota una buena aceptación por parte del cuerpo docente. El sistema de capacitación está formado principalmente por seminarios y talleres de capacitación donde se explican las metodologías y se les enseña a los maestros como abordar</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En Holanda la cantidad de profesores que participaron en el proyecto pasó de 15 a 305, también el número de escuelas primarias aumentó de 7 a 114 lo que representa un aumento en estudiantes de 300 a 4300. Esto conlleva a un aumento en las horas de capacitación docente, pasaron de 20 a 171 horas de capacitación por maestro. Imparten sesiones de capacitación de dos tardes. En noviembre del 2005 se tuvieron dos días de capacitación donde se hicieron experimentos y se prepararon lecciones de la serie 1. En marzo del 2006 hubo un taller de un día donde se evaluaron las lecciones de la serie 1 y se prepararon las lecciones de la serie 2</li> <li>• Al inicio del programa (2006) en Alemania se contaba con 18 horas de capacitación por maestro, al final del</li> </ul>

los temas científicos al igual que como planear las clases y desarrollar los experimentos. Normalmente hay una actividad grande por año o cada dos años, y actividades mas focalizadas unas dos veces al año; también se realizan sesiones de trabajo unas cuantas veces por mes. Además se establecen convenios bilaterales para intercambio de docentes y capacitadores para que vayan a estudiar y entrenarse en otros países.

programa (2009) el número de horas de capacitación era de 330, esto debido a que La cantidad de profesores que participaron en el proyecto paso de 36 a 114

En agosto del 2005, se dio un taller de capacitación de dos días, el primer día se habló sobre "los mejores modelos prácticos de Francia, Suecia, USA y Alemania". En el segundo día se dio un Taller de capacitación llamado "flotación y hundimiento"

En noviembre del 2005 y enero del 2006, se impartieron los talleres de capacitación de pruebas químicas y movimiento y diseño, a los cuales asistieron 42 maestros de primaria provenientes de 28 escuelas.

- Al inicio del programa (2006) en Bélgica se contaba con 126 horas de capacitación por maestro, al final del programa (2009) el número de horas de capacitación era de 441, mientras que el número de maestros pasó de 65 a 227
  - En España la cantidad de profesores que participaron en el proyecto paso de 65 a 221 mientras que al inicio del programa (2006) se contaba con 25 horas de capacitación por maestro, al final del programa (2009) el número de horas de capacitación era de 140
  - En la ciudad de Leicester, en Reino Unido cuentan con el Centro Regional de Aprendizaje Científico donde capacitan profesores calificados, asistentes de clase y técnicos. Esto permitió aumentar el número de horas de capacitación por docente en 60 horas. También hubo un aumento en el número de profesores, que pasó de 32 a 95.
  - Al inicio del programa (2006) en Eslovenia se contaba con 24 horas de capacitación por maestro, al final del programa (2009) el número de horas de capacitación era de 164. El número de docentes también aumentó, paso de 46 a 365.
  - En Portugal al inicio del programa (2006) se contaba con 30 horas de capacitación por maestro, al final del programa (2009) el número de horas de capacitación era de 90
- La cantidad de profesores que participaron en el proyecto paso de 23 a 123, también el número de escuelas primarias aumento de 11 a 43 lo que representa un aumento en estudiantes de 46 a 2046
- En Italia al inicio del programa (2006) se contaba con 102 horas de capacitación por maestro, al final del programa (2009) el número de horas de capacitación era de 180 Recibieron tres sesiones de capacitación (2006, 2007 y 2008). La primera sesión provee un marco flexible en el que cada maestro puede escoger el tema y la cantidad de entrenamiento.

Los maestros trabajaron en pequeños grupos, permitiéndoseles desarrollar y organizar experiencias prácticas, incluyendo los materiales a usar.

Se les suministró un manual y un kit de materiales para repetir sus experiencias, de acuerdo con los recursos financieros disponibles.

Todas las actividades formativas se llevan a cabo en el

	<p>laboratorio experimental de ciencias de Foligno. La cantidad de profesores que participaron en el proyecto paso de 89 a 420, también el número de escuelas primarias aumento de 15 a 57 lo que representa un aumento en estudiantes de 800 a 3200 El laboratorio experimental de ciencias de Foligno es un recurso que cuenta con amplia experiencia en la educación basada en la investigación para maestros y alumnos de varias edades, y provee laboratorios de física, química y biología, que cuentan con gran cantidad de material didáctico, además de un planetario, estación meteorológica y jardines botánicos. Desde un punto de vista legal, este laboratorio es una asociación de 17 escuelas, formando de acuerdo a las leyes italianas de autonomía educativa.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• En el caso de Francia, el número de horas de capacitación por maestro fue constante durante todo el período del proyecto, 25 horas. La cantidad de profesores que participaron en el proyecto paso de 52 a 185, también el número de escuelas primarias aumento de 12 a 49 lo que representa un aumento en estudiantes de 1200 a 4500 En el primer año de las 12 escuelas, que corresponden a 40 clases de las cuales 30 son de primaria y dos de estas son con niños especiales y las otras 10 son con niños de kínder. Parte de estas escuelas están localizadas en áreas de bajos recursos</li><li>• Al inicio del programa (2006) en Suecia se contaba con 339 horas de capacitación por maestro, al final del programa (2009) el número de horas de capacitación era de 788 La cantidad de profesores que participaron en el proyecto paso de 32 a 90, también el número de escuelas primarias aumento de 6 a 8 lo que representa un aumento en estudiantes de 797 a 2568 Para el 2006 el programa se había extendido a 17 distritos urbanos, involucrando 400 maestros, 60 escuelas y 10000 alumnos</li><li>• En Estonia al inicio del programa (2006) se contaba con 40 horas de capacitación por maestro, al final del programa (2009) el número de horas de capacitación era de 760 La cantidad de profesores que participaron en el proyecto paso de 4 a 180, también el número de escuelas primarias aumento de 4 a 32 lo que representa un aumento en estudiantes de 80 a 640</li><li>• En Hungría al inicio del programa (2006) se contaba con 12 horas de capacitación por maestro, al final del programa (2009) el número de horas de capacitación era de 15 La cantidad de profesores que participaron en el proyecto paso de 20 a 52, también el número de escuelas primarias aumento de 9 a 19 lo que representa un aumento en estudiantes de 400 a 900</li><li>• En Argentina solo en la provincia de Corrientes, en año y</li></ul>
--	--



	<p>medio, se dieron siete sesiones de entrenamiento y dos talleres de capacitación, uno sobre historia de la ciencia y el otro para el uso de un libro de experimentos En el proyecto participan 70 escuelas, 10 mil alumnos y 600 maestros Los estudiantes utilizan un libro de texto similar al utilizado en Francia</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• En Bélgica para entrenar 500 maestros se hicieron capacitaciones 4 veces al año, las cuales se involucraron miembros de manos en la masa. Estas capacitaciones se hicieron participes el departamento para la inspección y el instituto de la educación superior, organismo responsable de la capacitación docente. La Scientothèque ofrece talleres científicos para dar apoyo a los maestros. Además, desarrolla recursos, en la forma típica de un salón de clases, basado en los textos disponibles en el sitio web de manos en la masa e involucra a la comunidad de educadores científicos para producir dichos recursos 500 maestros. El programa utiliza 3 entrenadores de maestros</li><li>• En Brasil el proyecto empezó en 60 clases en 3 ciudades diferentes, apoyado por la capacitación activa para los maestros (capacitaciones mensuales en un lugar el San Carlos, sesiones descentralizadas de capacitación en Rio de Janeiro y Sao Paulo, y entrenamiento a distancia vía internet) y por la creación de bancos de préstamo de material experimental. Los intercambios entre los países se dieron sin interrupción incluyendo viajes de estudio y visitas de entrenamiento organizadas en Francia en 2002 y 2003; el entrenamiento de profesores y capacitadores brasileños en 2002, 2003, 2004 y 2005. y la traducción, adaptación y publicación de documentos de soporte al portugués. Estas actividades han sido a menudo desarrolladas en base a artículos científicos preparados por estudiantes brasileños de maestría y doctorado que hicieron sus estudios en Francia Participan 730 escuelas (2004), 1000 maestros, 50000 alumnos (2004) y 40 entrenadores experimentados</li><li>• En Camboya 8 módulos de capacitación han sido preparados y producidos por los capacitadores camboyanos con el soporte científico y pedagógico de la escuela de ciencias de Bergerac.</li></ul> <p>Cinco talleres de capacitación fueron organizados entre 2002 y 2006, enfocados para inspectores y entrenadores del instituto nacional de educación, así como asistentes de profesores bajo el contrato de AUF. En el programa participan 40 maestros, 1600 niños y 4 entrenadores</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• En Camerún se organizaron varios talleres de capacitación en el 2005 bajo la tutela de capacitadores franceses y enfocados a participantes de las escuelas de verano, en el 2005, gracias al apoyo de programas de cooperación franceses. Una segunda "escuela de verano" se llevo a cabo del 16</li></ul>
--	---

	<p>al 24 de agosto bajo el patrocinio del ministerio de educación básica, enfocado a maestros relacionados al enfoque de educación por investigación</p> <p>Además, otras actividades de capacitación se han desarrollado desde el 2002 en las cuales han asistido personas en posiciones de responsabilidad en Camerún</p> <p>En total, 5400 alumnos se benefician de este proyecto</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• En China se da la elaboración de seminarios bilaterales alternando la sede del seminario entre china y Francia. Dichos seminarios se realizan una vez al año. Los maestros chinos realizan visitas a la universidad de Montpellier para recibir capacitaciones. En abril del 2004 se dio un seminario en Hangzhou al cual asistieron expertos de Francia, argentina, México y china, así como 20 capacitadores y maestros involucrados con el programa aprender haciendo. En el 2007 se realizaron dos actividades más, las cuales involucraban sesiones de capacitación en Shaanxi y la organización de nuevos seminarios Franco-Chinos en Yunnan. Participan 4000 escuelas, más de 200000 niños, más de 500 maestros y 50 capacitadores</li><li>• En Colombia la capacitación fue fijada sobre un esquema de dos años incorporando soporte, visitas a clases piloto, talleres y trabajo individual. Un gran número de capacitaciones han sido organizadas por en Colombia con el soporte de Manos en la masa y los documentos fueron traducidos y adaptados a la realidad colombiana. En 2005 la academia francesa de ciencias entro en un programa de colaboración con su contraparte colombiana, con el fin de extender su soporte directo para la operación. La universidad tiene el rol y la responsabilidad de capacitar maestros, darles seguimiento, proveerlos de con soporte científico y hasta cierto punto, evaluar su trabajo en alianza con la universidad de los andes Participan 93 escuelas, 700 maestros y 28000 niños</li><li>• En Egipto los asesores pedagógicos del centro francés para la cultura y cooperación del Cairo han estado colaborando con los profesores de ciencias de escuelas bilingües para crear y adaptar nuevos módulos de actividades científicas. Las sesiones de capacitación fueron acompañadas por varias misiones de entrenadores franceses de manos en la masa, y por el hospicio de delegaciones egipcias en Francia. Participan 50 escuelas, 25 clases en árabe y 65 bilingüe, 5000 niños, 75 maestros y 15 entrenadores</li><li>• En Alemania las sesiones de capacitación son organizadas para el beneficio de educadores alemanes y capacitadores por personal del instituto francés, con la participación de personal del departamento universitario para la capacitación de educadores de Britania.</li><li>• En Serbia se dan numerosos talleres de capacitación impartidos por profesores franceses y viajes de delegaciones serbias a Francia. Se trabaja con el</li></ul>
--	--

	<p>métodos de manos en la masa en 300 clases que involucra de 6000 a 8000 niños y 300 maestros</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En Túnez Las metas del programa se consolidaron con el entrenamiento de maestros con el fin de estimular el desarrollo de actividades científicas en la escuela, inducir en los maestros, la transformación de su práctica docente mediante el uso del enfoque investigativo y llevando a cabo experimentos.</li> </ul> <p>Otro objetivo es promover la cooperación entre maestros, alentando la práctica de intercambiar y de crear alianzas científicas locales, desarrollar centros de excelencia con el fin de cerrar un efecto multiplicador en el entrenamiento de entrenadores y en innovar y concretar los logros educativos.</p> <p>La investigación también es motivada y más de 50 documentos han sido producidos a la fecha por aquellos que toman parte en este programa. Participan 30 escuelas, 100 clases, 3500 niños y 18 entrenadores.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En Vietnam e dan varias visitas de delegaciones vietnamitas a diferentes ciudades francesas.</li> </ul> <p>La fase de experimentación empezó en el 2000 en Janoi en 4 clases para niños entre 10 y 11 años con voluntarios y estudiantes de la facultad de educación y la facultad de física. Un miembro de manos en la masa tuvo a cargo la capacitación.</p>
--	--

**Alianzas estratégicas y redes regionales**

<b>Política</b>	<b>Experiencias revisadas</b>
<p>Se ha apostado a incorporar a actores de distinta naturaleza provenientes del sector público gubernamental, así como académico (universidades y centros de investigación) y el sector privado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En la ciudad de Girona, en España, se cuenta con la colaboración del Ayuntamiento de la ciudad, el Departamento de educación y la Universidad de Girona.</li> <li>• En Francia, la comunidad científica se involucra mediante la ayuda de investigadores, estudiantes e investigadores retirados en la educación primaria. El equipo de trabajo está formado por las autoridades educativas locales, el Instituto de capacitación docente de Saint Etienne, y la Escuela Nacional Superior de Minas de Saint Etienne, que es una prestigiosa universidad donde capacitan a ingenieros de alto nivel.</li> <li>• En Suecia la articulación se ha dado entre la Real Academia Sueca de ciencias, la Real academia sueca de ingeniería, Universidades y 57 municipalidades del país.</li> <li>• En la ciudad de Tartu, en Hungría, se han hecho alianzas entre el ayuntamiento de la ciudad, la Fundación para la Naturaleza, la Academia Nacional de Ciencias y la Universidad de Elte.</li> <li>• En Argentina, el programa de educación científica está coordinado por el Ministerio de Educación de Argentina, además cuenta con el apoyo de la Academia Nacional de ciencias exactas, físicas y naturales de Argentina y con los gobiernos de las provincias de Corrientes, Chaco, Misiones, Chubut, Salta y Buenos aires</li> <li>• En Bélgica la "Asociación Manos en la masa, Bélgica", es la encargada de coordinar el programa. Cuenta con el</li> </ul>

apoyo de la Real academia de ciencias de Bélgica, la Universidad Libre de Bruselas, La Scientothèque, la organización

Jóvenes científicos de Bélgica y el Instituto de Enseñanza De Fré

- En Brasil, el programa manos en la masa está coordinado por la Academia brasileña de Ciencias, cuenta con el soporte y apoyo de la Universidad de Sao Paulo, la Fundación Oswaldo Cruz, las Universidades públicas de Viçosa, Juiz de Fora, Espirito Santo y San Carlos. También están involucradas las universidades privadas de Jaraguá do Sul y Piracicaba. Las secretarías de educación de las siguientes ciudades: Bahia, Sao Paulo, Sao Carlos, Ribeirao Preto, Monte Alto, Recife, Rio de Janeiro y Santa Catarina. Los centros científicos y museos de Campina Grande y Salvador de Bahía.
- En el caso de Camboya la coordinación del programa está compartida entre la "Agencia universitaria francófona y el programa multilateral VALOFRASE. También participan el Ministerio de educación, el Instituto nacional de educación de camboya, la embajada francesa, la escuela de ciencias Georges Charpak (centro piloto de manos en la masa de Bergerac).
- El coordinador del programa en Camerún es el Centro para el Soporte de la Educación Básica en Camerún. El Ministerio de Educación Básica, Centro Internacional de capacitación "La gaieté", Universidad de Yaoundé, Fundación Luciole y la Embajada Francesa
- En el caso de China la coordinación recae en el Centro nacional para la educación científica y tecnológica, centro formado por la Academia de ciencias, Ministerio chino de educación, Asociación china para la ciencia y tecnología. Fundación Li Ka Shing, Centro de investigación para la ciencia de la educación, Centro aprender haciendo, Escuela normal de Pekin, los directorios de educación de 18 provincias piloto, Fundación GE, Centro de investigación para la ciencia del aprendizaje de la Universidad del Sur Este, Jiangsu.
- El coordinador en Colombia es el grupo Alianza pequeños científicos. Los colaboradores son la Academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales, el Museo científico Maloka, el Ministerio de educación colombiano, la Universidad de los andes, la Escuela de Ingeniería de Antioquia, Programa líderes Siglo XXI, Programa Escuela Nueva entre otros.
- Los acuerdos para consolidar las competencias nacionales llevaron a la creación de la fundación Empresarios por la educación, quien decidió financiar los programas de capacitación para maestros que desean involucrarse en la renovación de la educación científica en las escuelas.
- En Egipto, el coordinador del grupo de trabajo es Manos en la masa Egipto, está apoyado por Centro francés para la cultura y cooperación, la embajada francesa, el centro nacional para la investigación pedagógica y documentación del Cairo y la Biblioteca de Alejandría.

- En Alemania el programa cuenta como colaboradores con la Embajada francesa en Berlín, la Universidad libre de Berlín y la Academia de ciencias de berlin-Brandenburg
- En Serbia, el Instituto de ciencias nucleares de Vinca es quien coordina el programa de enseñanza de las ciencias. Cuenta con aliados como la Academia de ciencias y arte, la Sociedad serbia de física, el Ministerio serbio de educación y deporte, el Ministerio serbio de ciencias, tecnología y desarrollo, la Embajada de Francia en Serbia, entre otros.
- En Eslovaquia el programa manos en la masa es coordinado por la alianza Franco-Eslovaca para las ciencias de la enseñanza en escuela primaria. Entre sus colaboradores están la Academia eslovaca de ciencias, Automóviles Peugeot Citroën, el Ministerio francés de educación nacional, el Ministerio eslovaco de educación nacional, la Facultad de pedagogía de Trnava, la región y la ciudad de Trnava, entre otros
- En Túnez la coordinación está compartida entre el Centro regional para la educación y capacitación en servicio y el Centro nacional de innovación pedagógica e investigación en educación. Colabora el Ministerio de educación, el Ministerio de educación superior y la embajada francesa en Túnez.
- La Escuela normal superior de Hanoi es el ente encargado de coordinar la operación de manos en la masa en Vietnam, apoyado por la Embajada francesa en Vietnam y la Asociación Rencontres du Vietnam.

Fuente: Villegas, 2010. Elaboración propia con base en revisión de fuentes y referencias al Programa Manos en la Masa, el Proyecto Pollen y la Red Indágala.

## **VIII. Conclusiones y agenda de investigación y desarrollo**

Después de explorar el contexto en el que se llevan a cabo los procesos educativos para la enseñanza de las ciencias se pueden plantear las siguientes conclusiones:

1. A pesar de que existen muchos esfuerzos de diferentes instituciones públicas y privadas por apoyar acciones tendientes al mejoramiento de la calidad de la educación científica en el país, se hace necesario unificar criterios para maximizar los aportes y aprovechar las complementariedades entre los diferentes colaboradores, para lo cual parece fundamental que se cuente con una política nacional que de lineamientos claros para el desarrollo de la educación científica desde las etapas tempranas del sistema educativo.
2. La formación de los docentes de educación primaria, a pesar de que se da en los contextos universitarios, ésta se mantiene más o menos con las mismas características con que se daba cuando en 1936 la formación inicial de docentes en la Escuela Normal de Costa Rica se elevó al nivel terciario. O sea que, a pesar de que la formación inicial de docentes para primaria se da en la universidad no se aprovechan los espacios para dar una formación científica integral y de más alto nivel. Los estudiantes que se preparan para ser docentes tienen muy poco contacto con el mundo académico diverso del quehacer universitario. En el caso de la formación en ciencias es fundamental que los programas de formación inicial de docentes, se abran para incorporar los aportes que ofrece la formalidad y rigurosidad de cursos de ciencias en ambientes apropiados para estos efectos en las facultades de ciencias en las universidades. Es posible que una iniciativa como esta eleve los costos y el tiempo de formación, sin embargo si se quiere realmente impactar la educación científica en el país, se tiene que invertir para elevar la formación académica de los docentes.
3. La formación de docentes de ciencias para secundaria es un espacio que requiere ser analizado a profundidad para buscar opciones que permitan elevar el perfil de los docentes, profundizar en el conocimiento de ciencias y valorar de mejor manera el valor pedagógico del dominio a profundidad de las disciplinas que se enseñan, tanto en sus componentes conceptuales y procedimentales, como en aquellos relacionados con las actitudes y valores que les son propios.
4. Aun cuando existen diferentes programas de formación a nivel de licenciatura, es necesario revisar sus aportes para el mejoramiento de la calidad de la enseñanza.
5. Los programas de estudio de ciencias requieren ser revisados teniendo en cuenta que lo más importante no es la amplitud del contenido en los mismos, sino la selección de los principios fundamentales del contenido que permitan a los niños y los jóvenes profundizar en la comprensión de los procesos de la

ciencias para desarrollar las actitudes, valores, procedimientos y lenguajes propios del pensamiento científico.

6. Es fundamental lograr que se articulen los esfuerzos de diferentes proyectos en el ámbito de la educación científica, de manera que se maximicen los aportes y se potencie el desarrollo del pensamiento creativo y colaborativo de los niños y jóvenes en el sistema educativo costarricense. En este sentido es fundamental evitar la dispersión de esfuerzos y concentrar el trabajo de los docentes en aspectos relevantes de los cuales ellos tengan el mayor compromiso posible.
7. Todos los esfuerzos que se realicen en el ámbito de la educación científica deben estar orientados a favorecer el desarrollo del pensamiento científico por sobre el interés de cubrir contenidos conceptuales que podrían estar fuera de lugar o desactualizados al momento de trabajarlos con los estudiantes.
8. Es evidente que el sistema de pruebas valorativas que se apliquen influye en la forma en que se construye y desarrolla el currículo en el aula. Por esta razón es fundamental que se repiensen las modalidades de instrumentos evaluativos que se aplican para lograr que prive el interés por aprender sobre la presión por terminar el temario y entrenarse para pasar exámenes en el campo de las ciencias naturales.
9. El interés por incorporar estrategias pedagógicas basadas en la Indagación, requiere de un apoyo decidido de parte de las autoridades competentes para hacer efectiva la capacitación a los docentes en esta línea, pero además para realizar los ajustes pertinentes a los programas y los mecanismos de evaluación. En este sentido es importante aprovechar el camino recorrido por otros países y fortalecer las acciones que ya se vienen desarrollando, así como promover el desarrollo de una política nacional en torno a las orientaciones que dan sentido y coherencia a la Educación científica que se quiere promover.
10. Las acciones complementarias a los procesos formales de educación científica (ferias, olimpiadas, concursos) requieren mantener la esencia formativa que les dieron origen, por sobre el espíritu competitivo y de búsqueda de premios con que muchas veces se ven envueltos los estudiantes, por las presiones sociales que se les imponen.
11. La participación de organizaciones vinculadas al desarrollo científico y tecnológico en procesos de educación científica, es un indicador positivo para el país, toda vez que potencia los aportes de diferentes comunidades académicas y facilita oportunidades para establecer vínculos con organizaciones fuera del país que benefician el trabajo que realizan los docentes

Por tanto, después de revisar el estado de la educación científica en el país, en donde no se puede decir que sea la peor que existe, pero si que puede ser mucho mejor, para lo cual se requiere:

1. Evaluar los procesos de formación inicial de docentes en lo que compete al área de las ciencias y desarrollar investigación e innovaciones pertinentes en este campo.
2. Promover la participación de la comunidad científica en procesos de mejoramiento de la calidad de la educación de las nuevas generaciones.
3. Revisar y actualizar los planes y programas de estudio del Ministerio de Educación Pública, teniendo en cuenta la idea de que la calidad de los mismos no está en la cantidad del contenido que promuevan desarrollar, sino en la profundidad de análisis que permitan alcanzar por parte de los estudiantes en los niveles en los que se encuentran.
4. Valorar las condiciones de infraestructura con que cuentan las instituciones educativas para promover procesos de educación científica coherentes con la naturaleza de las disciplinas que se enseñan.
5. Crear condiciones adecuadas para facilitar y apoyar a los docentes para que aprovechen al máximo las condiciones que ofrece el medio natural para acercarse al estudio de hechos propios de las ciencias naturales.
6. Potenciar la colaboración de diversas instituciones para apoyar el desarrollo de acciones positivas para fortalecer la educación científica, por medio de capacitación a los docentes, producción de materiales adecuados para promover el desarrollo de prácticas educativas que profundicen en el dominio de las ciencias desde la naturaleza misma de las disciplinas.
7. Generar oportunidades para que los docentes participen de grupos de capacitación y estudio donde tengan oportunidad para compartir sus experiencias y reflexionar en torno a diversas opciones para el mejoramiento del trabajo en las aulas de enseñanza de ciencias.
8. Fomentar el acercamiento entre la comunidad de educadores en los diferentes niveles del sistema educativo con la comunidad científica nacional e internacional.
9. Organizar espacios académicos, con una clara orientación hacia la promoción de una educación científica coherente con la naturaleza de las ciencias, en los que participen las instituciones formadoras de docentes, la Academia Nacional de Ciencias, los Colegios profesionales vinculados al desarrollo educativo y científico, así como otras organizaciones que les interesa apoyar el desarrollo científico del país, para que de manera conjunta apoyen los procesos de mejoramiento de la educación científica en el país.



## **IX. Bibliografía**

1. Alfaro, G., et al (2008). Informe final del proyecto “Sistematización de las Experiencias de Prácticas Docentes Desarrolladas en los Planes de Estudio de Formación Docente en las áreas de Ciencias y Matemáticas de la Educación Secundaria Impartidos en las Universidades Estatales”. San José, Costa Rica: CONARE.
2. Delgado, E., et al (1986). Diagnóstico evaluativo de la Enseñanza de las Ciencias Generales, Español, Estudios Sociales y Matemática. Resumen de las principales conclusiones. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica, Instituto de Investigación en Educación.
3. De Loris, J. (1994). La Educación encierra un Tesoro. Madrid, España: Editorial Santillana.
4. Dinamarca, J. L., Hevia, L. y otros (sin fecha). Vigencia del método del aprender haciendo en la formación del estudiante de la UTFSM. <http://www.docstoc.com/docs/24845282/VIGENCIA-DEL-METODO-DEL-APRENDER-HACIENDO-EN-LA-FORMACION-DEL/>
5. Garritz, A. (2006). Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano. Revista Iberoamericana de Educación, número 42
6. Hernández Jiménez, C. M. (Marzo 2010). Correspondencia entre algunos aspectos curriculares de la Enseñanza de Biología en la Universidad de Costa Rica y la impartida en el Ciclo Diversificado del Ministerio de Educación pública, en el periodo 1980-2008. Tesis para optar al grado de Licenciatura en la Enseñanza de la Biología. Escuela de Formación Docente, Facultad de Educación, Universidad de Costa Rica.
7. IndagaLA. (2010). Portal Latinoamericano de apoyo a la educación en ciencias basado en indagación. <http://www.indagala.org/>
8. La main à la pâte (julio 2007). The international action of La main à la pâte. Extraído el 13 de diciembre del 2009 desde [http://lamap.inrp.fr/index.php?Page\\_Id=1179](http://lamap.inrp.fr/index.php?Page_Id=1179)
9. Léna, P. (Mayo, 2008) Enseñar Ciencias. Conferencia impartida en el Centro Nacional de Alta Tecnología, San José, Costa Rica
10. Microscience. (2010). UNESCO-Associated Centre for Microscience Experiments en <http://www.microsci.org.za/Aboutus.htm>
11. Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología (2007). Comisión Nacional para el mejoramiento de la enseñanza de las ciencias naturales y la matemática. Informe Final.

12. Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2004). Formar en ciencias: ¡El desafío! Lo que necesitamos saber y saber hacer. Extraído el 10 de diciembre del 2009 desde: <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-81033.html>
13. Modelo de la educación media superior tecnológica. Extraído el 27 de diciembre del 2009 desde [http://www.sep.gob.mx/work/sites/sep1/resources/LocalContent/93031/20/mod\\_ebch.pdf](http://www.sep.gob.mx/work/sites/sep1/resources/LocalContent/93031/20/mod_ebch.pdf)
14. National Research Council of the National Academies (2001). Learning and Instruction: A serp research agenda. Washington, D.C.: The National Academies Press.
15. Pérez Gómez, A. (1999). El Prácticum de enseñanza y la socialización profesional de los futuros docentes. En A. Pérez Gómez, J. Barquin Ruiz y J.F. Angulo Rasco (editores). Desarrollo profesional del docente: Política, Investigación y Práctica. Madrid, España: AKAL Textos.
16. Pollen (Mayo 2009). Overview of main activities and achievements. 2006-2009. Extraído el 5 de enero del 2010 desde [http://www.pollen-europa.net/pollen\\_dev/Images\\_Editor/Pollen\\_Booklet.pdf](http://www.pollen-europa.net/pollen_dev/Images_Editor/Pollen_Booklet.pdf)
17. RADMASTE (Noviembre, 2009). The RADMASTE Microscience system. Extraído el 22 de febrero del 2010 desde <http://www.microsci.org.za/RADMASTEBrochure.pdf>
18. Sáez, M. J y Riquarts, K. (sin fecha). Educación científica para el Desarrollo Sostenible. Extraído el 20 de diciembre del 2009 desde: [http://www.cneq.unam.mx/cursos\\_diplomados/diplomados/mta/1\\_uas/0/07\\_material/maestria/05\\_perspectiva/Educaci%C3%B3n%20para%20desarrollo%20sostenible.pdf](http://www.cneq.unam.mx/cursos_diplomados/diplomados/mta/1_uas/0/07_material/maestria/05_perspectiva/Educaci%C3%B3n%20para%20desarrollo%20sostenible.pdf)
19. Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. Harvard Educational Review, 57(1), 1-22.
20. Subsecretaría de Educación Básica y Normal (Noviembre 2002). Reforma Integral de la Educación Secundaria. Documento base. Extraído el 15 de diciembre del 2009 desde [www.reformasecundaria.sep.gob.mx/doc/docbase.pdf](http://www.reformasecundaria.sep.gob.mx/doc/docbase.pdf)
21. UNESCO (sin fecha). Putting experimentation back into science education. Extraído el 17 de diciembre del 2009 desde [http://portal.unesco.org/science/en/files/4930/11423471201Putting\\_experimentation\\_back\\_into\\_science\\_education.pdf/Putting%2Bexperimentation%2Bback%2Binto%2Bscience%2Beducation.pdf](http://portal.unesco.org/science/en/files/4930/11423471201Putting_experimentation_back_into_science_education.pdf/Putting%2Bexperimentation%2Bback%2Binto%2Bscience%2Beducation.pdf)
22. UNESCO. (Agosto 2008). International Basic Sciences Programme: Harnessing cooperation for capacity building in science and the use of

scientific knowledge. pp . Extraído el 2 de marzo del 2010 desde <http://unesdoc.unesco.org/images/0016/001627/162712e.pdf>

23. UNESCO. (2010). Estrategia. en <http://www.unesco.org/es/science-and-technology/strategy/>
24. UNESCO. (2010). Misión. en <http://www.unesco.org/es/education/about-us/mission/>
25. Yves Quéré, D. J. (2005). When learning science becomes a child's play. A world of SCIENCE, 3(3), 2-8.
26. Womper, F y Fernández, R. (2007). Aprender a aprender. Un método valioso para la educación superior. Observatorio de la Economía Latinoamericana, 72. [www.eumed.net/cursecon/ecolat/cl/](http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cl/)