

## ¿QUÉ CONOCIMIENTOS SE ENSEÑAN Y SE APRENDEN EN LA ESCUELA MEDIA ARGENTINA ACERCA DE LOS EFECTOS BIOLÓGICOS DE LAS RADIACIONES?

Jorge N. Cornejo<sup>(1)</sup>, Cristina T. Speltini<sup>(2)</sup>, María Beatriz Roble<sup>(1)</sup> y Haydée Santilli<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Gabinete de Desarrollo de Metodologías de la Enseñanza (GDME) – Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires – [jcornej@fi.uba.ar](mailto:jcornej@fi.uba.ar); [mbroble@fi.uba.ar](mailto:mbroble@fi.uba.ar); [hsantil5c@gmail.com](mailto:hsantil5c@gmail.com)

<sup>(2)</sup> Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda – [cristinaspeltini@yahoo.com.ar](mailto:cristinaspeltini@yahoo.com.ar)

[Recibido en Octubre de 2009, aceptado en Enero de 2010]

### RESUMEN

*El presente trabajo se enmarca en una serie de estudios llevados a cabo en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires acerca del conocimiento que, sobre el tema de los efectos biológicos producidos por las radiaciones ionizantes, circula socialmente en Argentina. Aquí estamos interesados en las características que tal conocimiento adquiere en el nivel medio de la educación. Para ello, a través de encuestas escritas y entrevistas individuales, analizamos las ideas que poseen sobre el tema estudiantes y docentes de colegios secundarios. Estudiamos también planes y programas de estudio, así como libros de texto y otros documentos. Concluimos que, en el ámbito escolar estudiado, existe un importante grado de desconocimiento de conceptos básicos sobre el tema, así como ideas que reflejan la existencia de dos posturas extremas: confianza acrítica y temor infundado. Finalmente, presentamos propuestas tendientes a superar ambas posiciones extremas.*

**Palabras clave:** Radiaciones ionizantes; enseñanza de la física; efectos biológicos; escuela media argentina; programas de estudio.

### INTRODUCCIÓN

La salud pública de un país depende fundamentalmente de las inversiones que los gobiernos respectivos realicen, así como de la prioridad asignada al tema, en términos de planes de salud, educación y difusión. Salvo excepciones, las naciones de América Latina se encuentran en el sector de poca asignación de recursos y baja prioridad de la problemática en salud (Cornejo, Speltini, Roble y Santilli, 2006). Esta situación se advierte particularmente en el tema de la influencia de las radiaciones ionizantes sobre la salud y la vida humana (Güerci y Grillo, 2006). Si bien existen organismos a nivel nacional e internacional que se ocupan del tema, el mismo no ha sido considerado como relevante dentro de la selección de prioridades en educación para la

salud, efectuada en los países latinoamericanos. En atención a este problema, el presente trabajo forma parte de una serie de estudios en los que se focaliza la incidencia de los factores educativos sobre las actitudes manifestadas por diferentes grupos de la población, acerca de los efectos biológicos de las radiaciones (Cornejo *et al.*, 2006). Estos estudios comprenden a los estudiantes en distintos niveles de escolaridad, a los profesores secundarios y a los profesionales de la salud (técnicos radiólogos, técnicos en medicina nuclear, médicos radiólogos, etc.). Nuestro objetivo es indagar qué conocimientos poseen acerca del tema las poblaciones mencionadas, a los efectos de detectar posibles falencias en la capacitación, formación e instrucción de los ciudadanos.

En el presente trabajo centraremos nuestra atención en los estudiantes y docentes de nivel medio, apuntando al logro de una mejor enseñanza y aprendizaje del tema. El hilo conductor de esta indagación estará dado por dos preguntas, a las que intentaremos dar respuesta:

- ¿Cuáles son los conocimientos, las actitudes y la responsabilidad de docentes y estudiantes del ciclo medio, con relación a este tema?
- ¿En el sistema educativo formal, cuáles son los contenidos que facilitan la formación en este tema?

## **CONCEPTOS BÁSICOS**

Las radiaciones pueden clasificarse en: *ionizantes*, es decir, radiaciones de alta energía capaces de arrancar electrones de los átomos, y *no ionizantes* (radiación ultravioleta de frecuencia media y baja, infrarroja, microondas, ondas de radio, etc.). Ambas clases de radiación interactúan con la materia en general, y con la materia viva en particular, de forma muy distinta. Aquí estaremos interesados en los efectos biológicos producidos por las radiaciones ionizantes.

Estas, a su vez, comprenden radiaciones electromagnéticas (radiación ultravioleta de alta frecuencia, rayos X y rayos gamma) y radiaciones constituidas por partículas (rayos alpha y beta, entre otros). Los efectos biológicos que pueden producir al interactuar con los seres vivos también son de dos tipos, denominados *determinísticos* y *estocásticos*.

Son determinísticos aquellos efectos típicos de las irradiaciones con dosis altas, que se presentan en forma temprana y en los que el binomio dosis-patología se manifiesta en una relación causa-efecto. Son estocásticos o aleatorios los efectos probables (estadísticos), de típica ocurrencia para dosis bajas recibidas durante un largo período de tiempo. La manifestación de los efectos estocásticos en patologías concretas es tardía, pudiendo demorar décadas o revelarse recién en la descendencia. Los efectos determinísticos ocurren en casos de accidentes o durante las irradiaciones de pacientes de radioterapia, mientras que los estocásticos son característicos de los trabajadores en el área de radiología (Bushong, 1999).

Dutrillaux (1998) considera que el mayor problema es determinar los posibles efectos biológicos de la exposición a dosis bajas durante un período considerable de tiempo. En Argentina se han realizado algunos sondeos para establecer, por parte de las

instituciones de la salud, el grado de cumplimiento de las normas legales vigentes, referidas a los trabajadores de la radiología. Güerci y Grillo (2006) han trabajado sobre el nivel de información que los técnicos y médicos radiólogos poseen sobre el tema, el que influye sensiblemente sobre el cumplimiento de las normas mencionadas.

En el campo de la educación, Friedl (2003) sugiere la realización de encuestas entre los estudiantes secundarios acerca de sus opiniones sobre los efectos de las radiaciones en el cuerpo humano, aunque orientando su investigación específicamente a la determinación del riesgo potencial presentado por las instalaciones de centrales nucleares en las cercanías de asentamientos urbanos, y sin profundizar en la práctica médica cotidiana que utiliza radiaciones. Este trabajo, sin embargo, es importante porque resalta la necesidad de distinguir entre radiaciones ionizantes y no-ionizantes, tal como también se hará evidente en el curso del presente estudio.

Desde una perspectiva netamente educativa hemos encontrado pocos artículos que se interesen en la formación de los conceptos de radiación, dosis o efectos biológicos de las radiaciones.

Es interesante el trabajo realizado por Pliego, Contini y Odetti (2004), en el que estudian las actitudes de los estudiantes universitarios hacia al fenómeno radiactivo, la energía nuclear y sus aplicaciones. Mencionan el desconocimiento de las ideas y las actitudes de los estudiantes hacia ese tema.

En el presente trabajo indagaremos qué conocimientos acerca de los efectos biológicos producidos por las radiaciones ionizantes poseen los estudiantes y docentes de nivel medio de la República Argentina, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y en el Gran Buenos Aires. Nuestro objetivo es desarrollar estrategias, métodos y propuestas para, a través de una adecuada enseñanza, superar las posiciones extremas que se harán evidentes en el curso de este estudio.

## **METODOLOGÍA**

La investigación propuesta es de tipo exploratoria, descriptiva e interpretativa, dado que su objetivo es examinar una línea de investigación poco abordada hasta el momento en el ámbito nacional. Por tal motivo no establecemos hipótesis de partida, pues el objetivo primordial es identificar y categorizar el conocimiento poseído y las actitudes adoptadas en las poblaciones de interés.

### **Diseño metodológico seleccionado**

Los escasos estudios hallados sobre el tema, así como la complejidad inherente a los procesos educativos, son razones por las cuales no hemos identificado inicialmente las variables relevantes. La estrategia seleccionada consistió en un estudio de campo, mientras que para la recolección de registros, se optó por combinar diferentes técnicas: cuestionarios, recolección de documentos escritos y entrevistas personales.

Un aspecto fundamental ha sido el proceso de triangulación, que consiste en tener diversas fuentes de datos, diferentes formas de registros y realizar el análisis desde diferentes perspectivas, para poder comparar y evaluar la robustez y estabilidad de los resultados informados. Puede triangularse desde diferentes fuentes de datos, diferentes investigadores, diversas técnicas de recoger datos, aunque en esta

investigación hemos optado por triangular desde diferentes fuentes de datos, tales como entrevistas y encuestas escritas.

### **El trabajo de campo**

Teniendo en cuenta que se trata de una investigación exploratoria, la muestra no se eligió al azar ni de modo estratificado como requiere un muestreo estadístico, sino que se hizo en función de la facilidad de acceso a la información que poseían los investigadores. Las encuestas se realizaron en forma simultánea en todas las escuelas.

Se tuvo especial cuidado en informar a los estudiantes, docentes y profesionales que los registros realizados formaban parte de una investigación. Se explicaron las razones y los objetivos de la experiencia y se les solicitó su colaboración.

### **ANÁLISIS DE LOS REGISTROS**

Los registros fueron analizados con el programa informático Nud+ist 4, herramienta de la investigación cualitativa. La sigla del programa significa: *Non Numerical Unstructured Data Indexing Searching and Theorizing*, cuyo sentido en español es “categorización y teorización en investigaciones con fuentes no numéricas y no estructuradas”. Este programa ayuda a trabajar con datos no-numéricos y no estructurados durante análisis cualitativos que requieran el examen y la interpretación de documentos escritos. La lógica del programa implica realizar la categorización de los documentos en función de la búsqueda que se desea efectuar. Las categorías se organizan en nodos jerárquicos, según la desagregación que exista de los conceptos, dando lugar a la creación de un árbol conceptual.

### **Estrategias empleadas para categorizar**

Los documentos, inicialmente, se analizaron realizando una búsqueda centrada en los términos claves, tales como: radiación, radiaciones y rayos X. Al encontrarse escasa mención, se optó por incorporar los términos: radiactividad, contaminación, espectros, riesgo y daño biológico. Una vez identificados los párrafos de interés, se asoció cada uno de ellos a una categoría. Se comenzó a trabajar estableciéndose categorías muy amplias, en una primera aproximación, denominadas “categorías bolsas”. Estas, posteriormente, se desagregaron en categorías progresivamente más específicas. Las categorías emergentes dieron lugar a cálculos de porcentajes que permitieron diferenciar las diversas actitudes presentes en las poblaciones de interés.

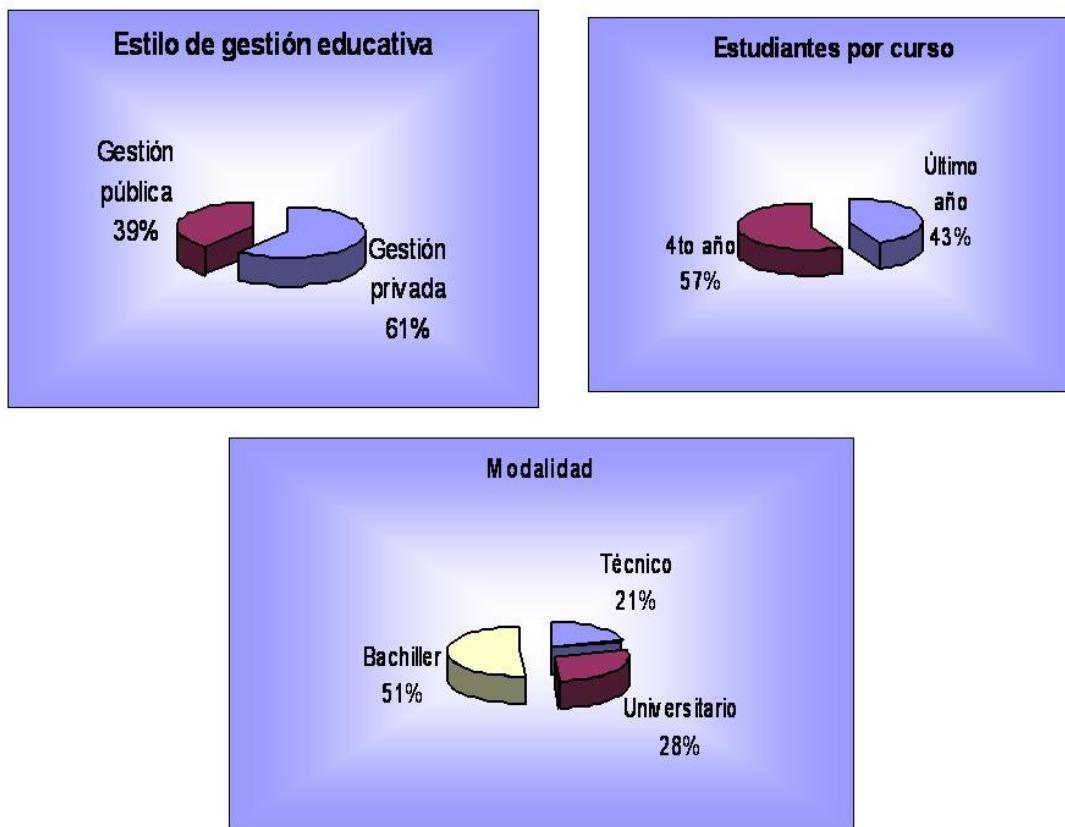
### **Características de las poblaciones en estudio**

Se trabajó con dos niveles de población:

- Docentes de nivel medio (Colegio Universitario Instituto Libre de Segunda Enseñanza (ILSE); Colegio Bertrand Russell; Escuela Nicolás Avellaneda y otros).

- Estudiantes de nivel medio (Colegio Universitario ILSE, Colegio Bertrand Russell; Escuela Nicolás Avellaneda e Instituto 13 de Julio) y nivel terciario (Cruz Roja Argentina)<sup>1</sup>.

Entre las características más relevantes de la población estudiantil se destacan: el estilo de gestión de la institución educativa, la etapa de estudios en que se administraron las encuestas y la modalidad educativa de las distintas instituciones (ver Figura 1).



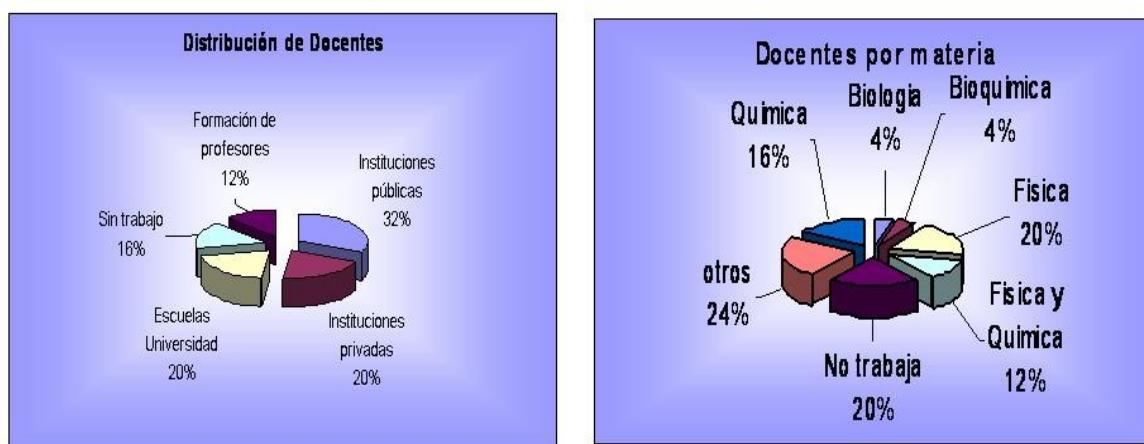
Con relación a los docentes encuestados, es interesante destacar el tipo de institución donde desarrollan sus actividades así como la materia en que se desempeñan. Se aclara que el rubro “No trabajan” en el gráfico “Docentes por materia”, corresponde a docentes que no están dando clase actualmente. En el rubro “otros” del mismo cuadro, se han incluido docentes de Matemática (16%) y de Didáctica Especial (4%). Se los ha agrupado porque las disciplinas en que se desempeñan no son relevantes para el desarrollo del tema de este proyecto (ver Figura 2).

## **ANÁLISIS DE LOS REGISTROS DE LOS ESTUDIANTES**

Se encuestaron en total 130 estudiantes. Un primer análisis de los registros permite identificar:

<sup>1</sup> En Argentina el nivel terciario incluye los profesorados y las carreras de tipo técnico, incluyendo las especialidades paramédicas tales como Enfermería, Radiología, etc

*Noción de radiación.* La mayoría de los estudiantes desconoce el concepto científicamente adecuado de radiación o posee un conocimiento fragmentado. Esto puede apreciarse en que el 32% de los estudiantes asocian las radiaciones con el medio ambiente (casi la totalidad de las expresiones empleadas mencionan las radiaciones ultravioletas solares), mientras que son escasos los que se refieren a la estructura atómica de la materia (13%). En particular, no se distinguen las radiaciones de baja frecuencia (ondas de radio, microondas, etc.) de las radiaciones ionizantes (rayos X, rayos gamma, radiación cósmica, etc.).



**Figura 2.-** Características de los docentes encuestados.

*Influencia de la radiación en la calidad de vida.* La gran mayoría de los estudiantes consideran que las radiaciones tienen influencia sobre la salud y la calidad de vida (97%)<sup>2</sup>.

*Confianza.* El 40% de los estudiantes confía explícitamente en los procedimientos médicos que emplean radiación. De ellos, se ha identificado que el 60% confía en la autoridad sanitaria instituida, considerando que las técnicas de diagnóstico por imágenes son seguras por el simple hecho de efectuarse en instituciones reconocidas por profesionales habilitados; 19% confía en la tecnología utilizada y 36,5% confía en el hecho de que por la utilización de dosis bajas no existen riesgos asociados a esta práctica. Nuevamente, como el mismo estudiante podía aducir distintos motivos para justificar su confianza, la suma de los porcentajes puede superar el 100%.

*Desconfianza.* Sólo el 13% de los estudiantes indica explícitamente su temor, miedo o desconfianza hacia las radiaciones ionizantes.

*Responsabilidad.* El 32% de los estudiantes adopta actitudes responsables y fundamentadas frente al empleo médico de las radiaciones.

*Temor hacia las radiaciones no-ionizantes.* En algunos casos se detecta la creencia que los teléfonos celulares, hornos de microondas y otros artefactos de uso cotidiano son las posibles y principales fuentes de efectos orgánicos por radiación. Científicamente,

<sup>2</sup> Algunos estudiantes tienen diferentes opiniones sobre este tema, de forma tal que las categorías "influye" y "no influye" no resultaron excluyentes

no existen resultados estadísticos concluyentes, de investigaciones que apoyen estos temores.

### **ANÁLISIS DE LOS REGISTROS DE LOS DOCENTES**

Las encuestas realizadas a 25 docentes fueron analizadas según categorías emergentes.

Un primer análisis de los registros permite identificar:

*Formación.* El 24% de los docentes declara haber recibido instrucción completa en el tema de la radiación, el 40% instrucción incompleta y el 32% no recibió instrucción (el resto no contesta). Una primera conclusión es que los docentes no han recibido una adecuada formación en el tema.

*Noción de radiación.* El 32% de los docentes encuestados asocia la radiación con cuestiones vinculadas al ambiente, tales como la radiación solar, mientras que el 16% detalla cuestiones acerca de la estructura atómica o la naturaleza de las ondas electromagnéticas. Estas últimas expresiones generalmente no aparecen en las respuestas de los estudiantes.

*Influencia de la radiación en la calidad de vida.* La totalidad de los docentes encuestados consideran que las radiaciones tienen influencia sobre la salud y la calidad de vida.

*Confianza.* Es interesante destacar que el grupo de docentes encuestados no confía en la tecnología (ningún documento); 12% confía en que las autoridades médicas efectúan las prácticas adecuadas y 48% en la baja incidencia de las dosis de radiación utilizadas.

*Desconfianza.* El 20% de los docentes indican explícitamente su temor, miedo o desconfianza hacia las radiaciones ionizantes.

*Responsabilidad.* La mitad de los docentes adoptan actitudes responsables y fundamentadas frente al empleo médico de las radiaciones.

*Temor hacia las radiaciones no-ionizantes.* Aparecen, al igual que para los estudiantes, menciones hacia los teléfonos celulares, microondas, etc.

### **ANÁLISIS DE LA INCLUSIÓN DEL TEMA EN LAS CURRÍCULAS ESCOLARES**

Debido a la importancia que la educación presenta en este tema, parece relevante intentar responder la siguiente cuestión: *¿está previsto el desarrollo del tema de las radiaciones en las currículas escolares?*

Para ello se analizaron las currículas escolares correspondientes a los programas de:

- Enseñanza General Básica (EGB) y Polimodal de la Provincia de Buenos Aires<sup>3</sup>,

<sup>3</sup> Con posterioridad a la realización de este estudio, la estructura educativa en la Provincia de Buenos Aires de la Argentina experimentó algunos cambios, y la división en EGB y Polimodal fue modificada. De todas formas, esto no implicó una modificación substancial de los programas de estudio, por lo que las conclusiones presentadas en este trabajo continúan siendo válidas. Por otra parte, todos los planes y programas mencionados están disponibles en: <http://www.fmmeducacion.com.ar/Sisteduc>.

- Enseñanza Media de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires,
- Colegio Universitario ILSE.

### Categorías Emergentes

Se comenzó el análisis de los distintos programas realizando una búsqueda centrada en los términos: radiación, radiaciones y rayos X, encontrando escasas menciones. Por esta razón, se incorporaron los términos radiactividad, contaminación, espectros, riesgo y daño biológico.

Tomando como referencia las categorías emergentes de los análisis anteriores, se elaboraron las categorías informadas en la tabla 1.

Se puede observar que algunas de ellas no tienen en cuenta, de forma explícita, el tema de las radiaciones, pero dan lugar a los docentes para que puedan incluir el tópico o establecer vinculaciones con el mismo.

<b>Categoría A</b>	Se refiere a las relaciones de los organismos entre sí y con el medio. Incluye todos los tipos de contaminación y el impacto ambiental de las actividades humanas.
<b>Categoría B</b>	La contaminación y la estructura de la materia. Problemas asociados a la radiactividad.
<b>Categoría C</b>	La contaminación asociada a los recursos, fuentes energéticas, etc.
<b>Categoría D</b>	Impacto de la tecnología en las condiciones de la vida.
<b>Categoría E</b>	Conceptos básicos de física.
<b>Categoría F</b>	Desarrollo personal y comunitario. Las posibilidades de mejorar la salud y el medio.

**Tabla 1.- Categorías emergentes de las curriculas escolares.**

## ANÁLISIS DE LAS CATEGORÍAS EMERGENTES

### Categoría A

En esta categoría se evidencia preocupación por establecer algún tipo de equilibrio entre las actividades humanas y el ambiente. Se tienen en cuenta las contaminaciones físicas, químicas y biológicas. Se supone que los cambios que produce el hombre pueden destruir, conservar o mejorar el ambiente. A continuación se extraen partes de las curriculas analizadas.

*“... Con respecto a la educación ambiental, a lo largo de los tres ciclos de la EGB se promueve el análisis del papel que las actividades humanas desempeñan o pueden desempeñar en la modificación del ambiente, destruyendo, conservando y/o mejorándolo”* (EGB - Bloque 1: La vida y sus propiedades).

*“... Los cambios ambientales y sus riesgos. Escalas espaciales y de tiempos en que operan. Cambios generados por la dinámica de los subsistemas terrestres y cambios originados por la actividad humana. Acciones preventivas y paliativas”* (Polimodal - Contenidos Básicos Comunes).

### **Categoría B**

Esta es la única categoría explícitamente vinculada con el tema. Se centra en el tema radiactividad; mientras que el tema de rayos X, específicamente, no se aborda en ninguna currícula.

*“... Núcleo atómico, radiactividad natural y artificial. Fisión y fusión nuclear. Ventajas y desventajas de la radiactividad” (EGB 3 - Bloque 3: Estructura y cambios de la materia).*

*“Aquí se incluyen, como tema englobador y transversal, nociones sobre la estructura del núcleo atómico; la radiactividad, natural y artificial, sus usos, ventajas y desventajas de sus aplicaciones médicas e industriales y el peligro de su utilización bélica” (EGB - Bloque 3: Estructura y cambios de la materia).*

### **Categoría C**

Al estudiar las relaciones entre la estructura de los compuestos y los efectos que las distintas sustancias producen en el ambiente surge el problema de la contaminación. De la lectura de los contenidos no surge preocupación por la contaminación por radiaciones.

*“En el Tercer Ciclo se completa el tema con ideas sobre petroquímica, polímeros sintéticos, aleaciones y metalurgia en general. También se abordan los productos de la industria farmacéutica, materiales especiales y se profundiza el tratamiento de los factores físicos y químicos que contaminan el aire, el agua y el suelo” (EGB 3 - Bloque 3: Estructura y cambios de materia).*

### **Categoría D**

Los avances tecnológicos influyen, cada vez más, sobre la salud y el ambiente. Estos avances muchas veces están asociados a las radiaciones, cuyos efectos en la vida del hombre y de la sociedad no son siempre los esperados. Se debe destacar que no hay ninguna referencia explícita a tecnologías que usen radiaciones.

*“... Todos estos contenidos deben vincularse de modo sustantivo con los de ciencias sociales y tecnología por el impacto de estas actividades en las condiciones de vida de la humanidad” (EGB 3 - Bloque 3: Estructura y cambios de materia).*

*“... Los servicios de salud en nuestro país: participación de la comunidad, rol del Estado y de los profesionales de salud. Impacto de los avances científico - tecnológicos. El gasto en salud: equitatividad y aspectos éticos” (Polimodal - Contenidos Básicos Orientados).*

### **Categoría E**

*“Se estudian las características de las ondas y se analiza el espectro electromagnético relacionándolo con el origen de cada tipo de radiación. El estudio de algunas nociones de espectroscopía permitirá relacionar la emisión y absorción de radiaciones con los modelos atómicos (Polimodal - Contenidos Básicos Comunes - Bloque 2: El mundo físico).*

*“Se estudian las propiedades fundamentales de los campos eléctrico y magnético y las leyes que explican dichas propiedades. Se analizan las mutuas interacciones entre estos campos para llegar a una explicación cualitativa de la propagación de una onda electromagnética”* (Polimodal - Contenidos Básicos Orientados - Bloque 2: El mundo físico).

### **Categoría F**

Es importante que cuando se plantea la idea de desarrollo personal y comunitario se busque generar una actitud que lleve al cuidado de la salud y al mejoramiento del ambiente. Esta es una posición superadora del ser social. Plantea una idea de salud y de cuidado del ambiente desde una perspectiva diferente.

*“Desarrollo personal. Sensibilidad y respeto a la vida humana desde la concepción y a los seres vivos en general, el cuidado de la salud y el mejoramiento del ambiente....”*

(EGB - Bloque 6. Actitudes generales relacionadas con el mundo y con las Ciencias Naturales).

*“Es importante que los estudiantes elaboren el concepto de salud desde distintas perspectivas que vayan mas allá de los aspectos biológicos, analizando las problemáticas sanitarias actuales y las acciones que se orientan hacia la promoción, protección y recuperación de la misma”* (Polimodal - Contenidos Básicos Comunes).

## **SÍNTESIS DEL ANÁLISIS DE LAS CURRÍCULAS ESCOLARES**

El análisis de las categorías emergentes muestra cierto cambio de actitud en la selección de los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales en el ámbito de las ciencias naturales, en relación con las currículas tradicionales. Cabe aclarar que sólo en una de las categorías (B) se mencionan específicamente algunos de los riesgos del uso de radiaciones, y en la categoría E, sólo se desarrollan los aspectos conceptuales de la radiación. Si bien no se tienen en cuenta los riesgos asociados a las radiaciones específicamente, existe un intento de encarar el cuidado de la salud y del medio ambiente desde una perspectiva científica y social. Se reconoce que, tanto el cuidado de la salud como del medio ambiente, son fenómenos multicausales, y se comienza a vislumbrar una idea de desarrollo de la ciencia y de la tecnología más responsable. Hay coherencia entre el énfasis que los programas otorgan a la radiación solar (capa de ozono, efecto invernadero y rayos UV) y las respuestas que los estudiantes dan en las encuestas analizadas.

## **ANÁLISIS DE LIBROS DE TEXTO**

Se efectuó un análisis exploratorio de 42 libros de texto en los que era factible hallar el tema de los efectos biológicos de las radiaciones en los seres humanos. De estos, 18 eran de Física, 12 de Química, 6 de Biología y 6 de Ciencias Naturales, correspondiendo 24 a la instrucción secundaria y 18 a la enseñanza universitaria. Mencionan los efectos biológicos de la radiación, con distintos niveles de profundidad,

el 59,5 % de los textos. En general, salvo excepciones, las menciones son breves y con escaso desarrollo.

A continuación se citan algunos ejemplos.

..."Estas ondas son muy penetrantes y pueden causar serios daños orgánicos, y hasta la muerte ante una exposición no controlada" (los autores se refieren a los rayos X) (Tricárico y Bazo, 1994, p.190). En la página 191, refiriéndose a los rayos gamma se menciona que "son sumamente peligrosos para los seres vivos", aunque se destaca su utilidad para esterilizar instrumental médico.

En cambio, existen otros textos desactualizados, como Aristegui *et al* (2000) y *American Chemical Society* (1998), que en lugar de emplear la unidad Sievert (Sv) para la dosis efectiva utilizan el rem. Se debe destacar que esta última unidad ha caído en desuso hace varias décadas.

Finalmente, algunos textos como Halliday y Resnick (1965), si bien desarrollan el tema de las radiaciones y explican el concepto de dosis con sus correspondientes unidades de medida, no refieren explícitamente los efectos biológicos de la radiación.

### **MIRADA INTEGRADORA DE LOS ANÁLISIS**

Una comparación entre las diferentes categorías, muestra que existe un cierto desconocimiento de conceptos básicos como radiación, dosis, efectos biológicos, etc., en las dos poblaciones estudiadas.

Resulta interesante destacar la existencia de un cierto paralelismo entre las ideas de los estudiantes acerca de las radiaciones con los contenidos curriculares. A modo de ejemplo, se menciona el caso de las radiaciones ultravioletas y sus efectos biológicos y atmosféricos. Estos temas son frecuentemente citados por estudiantes y docentes, coincidiendo con su tratamiento en las distintas currículas analizadas, así como en los libros de texto.

La falta de información produce, por un lado, temores infundados, como se ha detectado en las menciones a los peligros emanados del empleo de equipos de telefonía celular, microondas, etc. y, por otro, confianza en la autoridad instituida. Además, se observa que la "confianza en la autoridad médica instituida" es una categoría frecuente en ambas poblaciones.

Por otra parte, el bajo nivel de "desconfianza" de los estudiantes es coherente con la "confianza en la autoridad médica instituida". Este tema, sin lugar a dudas, es de tal relevancia que merecería un estudio particular.

Los tres tipos de contenidos curriculares, conceptuales, procedimentales y actitudinales, deberían ser trabajados para favorecer un cambio que permitiera una práctica radiológica segura, tanto desde la perspectiva del técnico como desde la del paciente.

## **¿CÓMO CAMBIAR LAS ACTITUDES?**

Se entiende por "Actitud" el conjunto de tendencias o disposiciones adquiridas, relativamente duraderas, con las que se evalúa de un modo determinado un objeto, una persona o situación y la actuación en consonancia con dicha evaluación.

En el campo educativo formal, de los tres tipos de contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales) son posiblemente las actitudes los contenidos más difíciles de abordar. Las actitudes no son objeto de enseñanza explícita y, sin embargo, son las que indican el verdadero aprendizaje de un contenido.

Las actitudes poseen tres componentes: a) componente conductual; b) rasgos afectivos y c) dimensión cognitiva.

En el tema de las radiaciones, se puede exemplificar lo anteriormente mencionado con la actitud de la confianza en el tema de la mamografía (Bushong, 1999; Alcañiz, 1998), en la que se distingue: la periodicidad en la realización de mamografías de seguimiento (*componente conductual*), la sensación de seguridad otorgada por los resultados, junto a la creencia en la exactitud de los mismos y la idoneidad de los profesionales (*rasgos afectivos*), junto al desconocimiento del valor real de la técnica en los distintos períodos biológicos de la mujer (*dimensión cognitiva*).

La consistencia de una actitud depende de la congruencia entre estos tres elementos. El tal sentido, es relevante la incidencia de la presión social, muchas veces ejercida a través de los medios de comunicación, ya que los mismos demandan un cambio continuo de conocimientos y la existencia de un "receptor" típico al que Moscovici (1991) denomina "el sabio amateur". Este es el aficionado que recibe ideas científicas ya formuladas y las convierte en conocimiento de sentido común. Por ejemplo, de las encuestas surge que, en numerosas oportunidades, no se distingue entre los estudios que utilizan radiaciones ionizantes (radiografías, centelogramas, mamografías, tomografías computadas, etc.), ondas de baja frecuencia (resonancia magnética nuclear) o ultrasonidos (ecografía).

En muchos casos, la actitud frente al tema que nos ocupa es una prolongación de las actitudes manifestadas por la población hacia la tecnología en general, oscilantes entre la tecnofobia y la tecnofilia (Cabrera, 2006).

## **PROPUESTAS SUPERADORAS**

Para superar los problemas identificados en esta investigación, la alternativa del conflicto sociocognitivo parece ser la más adecuada. Para ello, se sugieren dos niveles de trabajo:

- a) Nivel curricular
- b) Nivel de capacitación y divulgación

### **Propuestas a nivel curricular**

- Plantear explícitamente el tema dentro de los contenidos de la escuela secundaria, habiendo capacitado previamente a los profesores en el mismo sentido. En las currículas escolares el tema debería aparecer explícitamente, en un apartado separado y bien definido, que no permita confundirlo con

cuestiones referidas a la capa de ozono, radiación ultravioleta, etc. En particular, deberían señalarse con claridad las diferencias entre las radiaciones ionizantes y no-ionizantes, distinguiendo claramente los distintos tipos de efectos que puede producir cada una de ellas.

- Realizar trabajos interdisciplinarios en las áreas de física, química y biología, poniendo énfasis en las cuestiones sociales. De hecho, mencionar las aplicaciones médicas de la física puede servir para "acercar" esta disciplina, que usualmente es considerada árida, a una visión más próxima a los problemas humanos. Las currículas actuales, así como los libros de texto, destinan parte de los programas a tratar temas de "Ciencia, Tecnología y Sociedad", pero son pocos los que dedican atención a las cuestiones relacionadas a la salud y medicina. Este tópico sería apropiado para producir un acercamiento entre las diversas áreas mencionadas.

### **Propuestas de capacitación y divulgación**

- Promover trabajos de divulgación científica, idóneos y rigurosos, a los efectos de acercar el conocimiento científico al "científico amateur".
- Desarrollar talleres de capacitación para docentes de nivel medio, con contenidos básicos de física, química y biología referidos a la radiación ionizante y sus efectos sobre la vida humana. La realización de los trabajos interdisciplinarios mencionados, a propósito del nivel curricular, exigiría que los docentes reciban capacitación en áreas diferentes a la de su formación original. Por ejemplo, para trabajar adecuadamente el tema de los efectos biológicos de las radiaciones, los profesores de Física deberían conocer los fundamentos de la biología celular y la genética contemporáneas.

### **Foros de discusión**

Una propuesta para iniciar las campañas de difusión acerca de los efectos biológicos de la radiación ionizante, se centra en la organización de foros de discusión. Estos podrían ser convocados por instituciones educativas de nivel superior, con la participación de toda la comunidad educativa, incluyendo escuelas de nivel medio, terciarios, etc. de la zona de influencia de la institución convocante. De esta manera se generaría una red, cuyo objetivo fuera promover la continua actualización de los contenidos curriculares en el área, así como el conocimiento acerca de los protocolos de dosimetría.

A estos foros deberían ser invitados docentes en actividad, especialistas en capacitación de formadores y expertos en los temas de radiología, física radiológica, radiobiología y radioprotección, generando de esta manera un intercambio entre los diferentes actores involucrados.

### **BIBLIOGRAFÍA**

Alcañiz, S.M. (1998). Enfermedades mamarias. *El Hombre y sus Materiales*, 3 (9), 8-16.

- American Chemical Society (1998). *Química en la comunidad*. Wilmington: Addison Wesley Iberoamericana.
- Aristegui, R., Baredes, C., Dasso, J., Delmonte, J., Fernández, D., Sobico, C. y Silva, A. (2000). *Física I*. Buenos Aires: Editorial Santillana.
- Bushong, S. (1999). *Manual de Radiología para Técnicos - Física, Biología y Protección Radiológica*. Barcelona: Harcourt.
- Cabrera, D.H. (2006). *Lo tecnológico y lo imaginario*. Buenos Aires: Biblos.
- Cornejo, J., Speltini, C., Roble, M.B. y Santilli, H (2006). La actitud frente a las radiaciones ionizantes. *Novedades Educativas*. 18 (183), 74-77.
- Dutrillaux, B. (1998). ¿Es posible saber si un cáncer se debe a la radiactividad?. *Mundo Científico* N° 198, 46-55.
- Friedl, A.E (2003). *Enseñar ciencias a los niños*. Buenos Aires: Ediciones Biblioteca de Educación.
- Güerci, A.M. y Grillo, C.A. (2006). El valor social de la alfabetización científica en radiobiología. *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación Científica*, 3(1), 23-32. En línea en: <http://www.apac-eureka.org/revista>.
- Halliday, D. y Resnick, R. (1965). *Física – Parte II*. México: Editorial Continental.
- Moscovici, S. (1991). *La influencia social inconsciente*. Barcelona: Anthropos.
- Pliego, O.; Contini, L. y Odetti, H. (2004). Las actitudes de los estudiantes universitarios hacia el fenómeno radiactivo, la energía nuclear y sus aplicaciones. *Educación Química*, 15 (2), 142-145.
- Tricárico, H. y Bazo, R. (1994). *Física 5*. Buenos Aires: A-Z Editora.

**ANEXO I: ENCUESTA REALIZADA A ESTUDIANTES**

Estamos haciendo un estudio acerca del conocimiento que poseen los estudiantes secundarios sobre los efectos de las radiaciones en la salud y la vida humana. Por ello les solicitamos respondan las siguientes preguntas con la mayor sinceridad posible.

¡Muchas gracias!

COLEGIO: .....

AÑO Y DIVISIÓN: .....

¿Qué conocés acerca de las radiaciones?

.....  
.....

¿Dónde lo aprendiste (en la escuela, por televisión, en revistas, libros, etc....)?

.....  
.....

¿Considerás que las radiaciones pueden tener influencia sobre la salud?

Si       No

En caso de responder SI a la pregunta anterior, ¿podés mencionar algún ejemplo?

.....  
.....

¿Te parece que sacarse una radiografía es riesgoso? ¿y hacerse una ecografía? ¿Por qué?

## **ANEXO II: ENCUESTA REALIZADA A DOCENTES**

Estamos haciendo un estudio acerca del conocimiento que poseen los docentes sobre los efectos de las radiaciones en la salud y la vida humana. Por ello les solicitamos respondan las siguientes preguntas con la mayor sinceridad posible.

¡Muchas gracias!

FORMACIÓN ACADÉMICA: .....

ASIGNATURAS QUE DICTA: .....

¿En su formación académica, recibió instrucción acerca de las radiaciones?

Si       No

En caso afirmativo ¿Considera que la instrucción recibida ha sido completa?

.....  
.....

¿Piensa que las radiaciones pueden tener influencia sobre la salud?

Si       No

En caso de responder SI, mencione algún ejemplo

.....  
.....

¿Le parece que sacarse una radiografía es riesgoso? ¿y hacerse una ecografía? ¿y una resonancia magnética nuclear? ¿Por qué?

.....  
.....

## **WHAT KNOWLEDGE ARE TEACHING AND LEARNING IN ARGENTINA MIDDLE SCHOOL ABOUT BIOLOGICAL EFFECTS OF RADIATION?**

### **SUMMARY**

*This work is part of a series of studies conducted in the Faculty of Engineering, University of Buenos Aires, about the knowledge on biological effects produced by ionizing radiation, socially circulating in Argentina. Here we are interested in characteristics such knowledge acquired at the average level of education. For this purpose, through written surveys and individual interviews, discussed the ideas on the subject have students and teachers of secondary schools. Plans, textbooks and other documents are also discussed. We conclude that, in the school studied, there is a significant lack of knowledge of basic concepts of the topic, and ideas that reflect the existence of two extreme positions: uncritical confidence and unfounded fear. Proposals to overcome both extreme positions are presented.*

**Keywords:** *Ionizing radiation; physics education; biological effects; Argentina middle school; curriculum.*