

**MARCO DE REFERENCIA Y  
ESPECIFICACIONES DE LA COMPONENTE  
ESPECÍFICA DE LA PRUEBA SABER PRO EN  
CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

**CARLOS CORREDOR PEREIRA, Ph.D.  
Coordinador General**

**Bogotá, Febrero 15, 2011**

## **COMITÉ TÉCNICO**

**NICOLÁS JARAMILLO OCAMPO, Ph.D., Biología**

**ISABEL CRISTINA PERILLA DE ZAMBRANO, Ph.D., Química**

**ANTONIO VELASCO MUÑOZ, Ph.D., Matemáticas**

**JOSÉ LUIS NARANJO HENAO, M.Sc., Geología**

**CARLOS URIBE GARTNER, Ph.D., Física**

**YANETH CASTELBLANCO MARCELO (Coordinadora ICFES)**

## **TABLA DE CONTENIDO**

### **Contenido**

<b>1. MARCO LEGAL .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 LEY 1324 DE 2009 Y DECRETO REGLAMENTARIO (3963 DE 2009) .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 LOS ANTERIORES ECAES .....</b>	<b>5</b>
<b>1.3 LOS NUEVOS ECAES .....</b>	<b>5</b>
<b>2. CONTEXTUALIZACIÓN: .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 LA VISION DE LA EDUCACION SUPERIOR PARA EL SIGLO XXI .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2. CALIDAD Y PERTINENCIA DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR .....</b>	<b>10</b>
<b>2.3 SISTEMAS DE CREDITOS .....</b>	<b>12</b>
<b>2.4 ESTADO Y TENDENCIAS DE LA FORMACIÓN EN LOS PROGRAMAS DEL ÁREA.....</b>	<b>14</b>
<b>2.4.1 LOS PROGRAMAS DE CIENCIAS OFRECIDOS EN COLOMBIA. ....</b>	<b>14</b>
<b>2.4.2 PROGRAMAS DE CIENCIAS EN ESTADOS UNIDOS .....</b>	<b>18</b>
<b>2.4.3 PROGRAMAS DE CIENCIAS EN EL ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR.....</b>	<b>19</b>
<b>3. ¿QUÉ SON COMPETENCIAS? .....</b>	<b>25</b>
<b>4. COMPETENCIA CIENTIFICA .....</b>	<b>31</b>
<b>5. POBLACIÓN OBJETIVO: .....</b>	<b>36</b>
<b>6. COMPETENCIAS A EVALUAR: .....</b>	<b>36</b>
<b>7. COMPONENTES A EVALUAR.....</b>	<b>36</b>

## **1. MARCO LEGAL**

### **1.1 LEY 1324 DE 2009 Y DECRETO REGLAMENTARIO (3963 DE 2009)**

Los ECAES o exámenes de calidad de la educación superior fueron legalmente ordenados por la ley 1324 de 2009 que en su artículo 7° establece que: “Serán “Exámenes de Estado” los siguientes:

*a) Exámenes para evaluar oficialmente la educación formal impartida a quienes terminan el nivel de educación media; o a quienes deseen acreditar que han obtenido los conocimientos y competencias esperados de quienes terminaron dicho nivel.*

*b) Exámenes para evaluar oficialmente la educación formal impartida a quienes terminan los programas de pregrado en las instituciones de educación superior. La práctica de los “Exámenes de Estado” a los que se refieren los literales anteriores es obligatoria en cada institución que imparta educación media y superior. Salvo circunstancias excepcionales, previamente definidas por los reglamentos, cada institución presentará tales exámenes a todos los alumnos que se encuentren registrados exclusivamente en el nivel o programa respectivo” Los “Exámenes de Estado” a los que se refieren los literales anteriores tendrán como propósito evaluar si se han alcanzado o no, y en qué grado, objetivos específicos que para cada nivel o programa, según el caso, señalan las Leyes 115 de 1994 y 30 de 1992 y sus reglamentos, las que las modifiquen o complementen.*

La misma ley ordena que entre los principios para la construcción de los exámenes está el de la pertinencia definida así: “Las evaluaciones deben ser pertinentes; deben valorar de manera integral los contenidos académicos, los requerimientos del mercado laboral y la formación humanística del estudiante.”

En cuanto a los ECAES mismos, están reglamentados por el decreto 3963 de 2009. En el capítulo I se establecen las siguientes definiciones y objetivos: “Artículo 1°. Definición y objetivos. El Examen de Estado de Calidad de la Educación Superior, es un instrumento estandarizado para la evaluación externa de la calidad de la Educación Superior. Forma parte, con otros procesos y acciones, de un conjunto de instrumentos que el Gobierno Nacional dispone para evaluar la calidad del servicio público educativo y ejercer su inspección y vigilancia.

*Son objetivos del Examen de Estado de Calidad de la Educación Superior:*

*a) Comprobar el grado de desarrollo de las competencias de los estudiantes próximos a culminar los programas académicos de pregrado que ofrecen las instituciones de educación superior.*

*b) Producir indicadores de valor agregado de la educación superior en relación con el nivel de competencias de quienes ingresan a este nivel; proporcionar información para la comparación entre programas, instituciones y metodologías, y mostrar su evolución en el tiempo.*

*c) Servir de fuente de información para la construcción de indicadores de evaluación de la calidad de los programas e instituciones de educación superior y del servicio público*

*educativo, que fomenten la cualificación de los procesos institucionales y la formulación de políticas, y soporten el proceso de toma de decisiones en todos los órdenes y componentes del sistema educativo.”*

Nótese el énfasis en que son un instrumento estandarizado que comprueba el grado de desarrollo de las competencias de los estudiantes próximos a graduarse de programas de pregrado.

El artículo 2° precisa que *“Serán objeto de evaluación del Examen de Estado de Calidad de la Educación Superior las competencias de los estudiantes que están próximos a culminar los distintos programas de pregrado, en la medida en que éstas puedan ser valoradas con exámenes externos de carácter masivo, incluyendo aquellas genéricas que son necesarias para el adecuado desempeño profesional o académico independientemente del programa que hayan cursado.*

*Las competencias específicas que se evalúen serán definidas por el Ministerio de Educación Nacional, con la participación de la comunidad académica, profesional y del sector productivo, mediante mecanismos que defina el mismo ministerio, teniendo en cuenta los elementos disciplinares fundamentales de la formación superior que son comunes a grupos de programas en una o más áreas del conocimiento.”*

Este artículo define claramente que los nuevos ECAES tendrán un componente que evalúe las competencias genéricas necesarias para el desempeño profesional o académico del egresado y unas competencias específicas que tengan en cuenta los elementos disciplinares fundamentales, comunes a grupos de programas en una o más áreas del conocimiento.

En su artículo 3° el decreto establece que las pruebas se deben mantener por lo menos durante 12 años para asegurar la comparabilidad entre ellas.

## **1.2 LOS ANTERIORES ECAES**

Los ECAES anteriores se desarrollaron para un número importante de carreras y las preguntas se construyeron con base en la evaluación de las competencias interpretativa, argumentativa y propositiva que, por lo menos para el caso de ciencias, constituyen los fundamentos del método científico. La Asociación Colombiana de Facultades de Ciencias, ACOFACIEN, construyó en 2005 los ECAES en ciencias que se han administrado hasta ahora a las carreras en ciencias, con la colaboración de más de 700 profesores universitarios de todas las universidades colombianas.

## **1.3 LOS NUEVOS ECAES**

De acuerdo con el decreto 3963, los ECAES para los próximos 12 años tendrán un componente de evaluación de competencias genéricas que ya se aplicó a los estudiantes de carreras para las que no se habían construido ECAES. Así mismo, tendrán un componente de un tronco común de competencias específicas por áreas de conocimiento que se debe construir, de acuerdo con la ley 1324, con la comunidad académica. El presente proyecto

incluye las competencias comunes a las ciencias exactas y naturales que deben tener los estudiantes que hayan cumplido el 75% de los planes de estudio correspondientes.

Entre 2008 y 2009 el MEN realizó un ejercicio de identificación de las principales competencias genéricas a desarrollar en educación superior para el caso colombiano, las cuales son: a) comunicación en lengua materna y en otra lengua internacional, b) pensamiento matemático, c) ciudadanía, y d) ciencia y tecnología y manejo de la información. A partir de esta definición se identificaron los desempeños observables correspondientes a un marco amplio de competencias genéricas en educación superior que permite orientar la evaluación y el desarrollo de estas competencias.

A partir de 2009 las pruebas que se han estado aplicando para evaluar las competencias genéricas se presentan en la siguiente tabla:

<b>Prueba</b>	<b>Competencia relacionada</b>
Comunicación escrita	Comunicación en lengua materna
Comprensión lectora	Comunicación en lengua materna
Inglés	Comunicación en una lengua internacional
Pensamiento crítico	Comunicación Pensamiento matemático Ciencia, tecnología y manejo de información
Entendimiento interpersonal	Ciudadanía
Solución de problemas	Pensamiento matemático Ciencia, tecnología y manejo de información

La sigla ECAES que se ha venido utilizando hasta 2009, fue reemplazada por SABER PRO para hacerla congruente con los nombres de los otros exámenes de Estado. En este documento utilizaremos el término SABER PRO para indicar el examen de Estado que se administra a los estudiantes de las carreras universitarias cuando han cumplido con el 75% de los créditos requeridos para su graduación.

## **2. CONTEXTUALIZACIÓN:**

### **2.1 LA VISION DE LA EDUCACION SUPERIOR PARA EL SIGLO XXI**

Desde diferentes frentes se ha denominado el Siglo XXI como el de la Sociedad del Conocimiento. Este término se ha usado como sinónimo de Sociedad de la Información, concepto introducido por Daniel Bell en 1973 para señalar el cambio que se veía venir con los avances tecnológicos en el campo de la información y la manera de obtenerla y compartirla, que se ha hecho realidad con internet lo que ha desembocado en lo que algunos llaman la aldea global. Abdul Waheed Khan, subdirector de UNESCO para la información y para la comunicación, ha dicho que la sociedad de la información es uno de los bloques con los que se construye la Sociedad del Conocimiento, una que incluye la dimensión social, cultural, económica y política. En nuestro concepto, la sociedad del conocimiento

entendida como lo expresa Khan, se basa en otros bloques fundamentales que son la investigación científica y la formación universitaria, que en nuestro caso se dan en un contexto social, político, histórico y geográfico propio de nuestro país de regiones.

La Conferencia Mundial sobre Educación Superior en octubre de 1998 aprobó una declaración sobre Educación Superior en el Siglo XXI, Visión y Acción. Cabe destacar los siguientes aspectos:

*“Artículo 1. La misión de educar, formar y realizar investigaciones*

*Reafirmamos la necesidad de preservar, reforzar y fomentar aún más las misiones y valores fundamentales de la educación superior, en particular la misión de contribuir al desarrollo sostenible y el mejoramiento del conjunto de la sociedad, a saber:*

*a) formar diplomados altamente cualificados y ciudadanos responsables, capaces de atender a las necesidades de todos los aspectos de la actividad humana, ofreciéndoles cualificaciones que estén a la altura de los tiempos modernos, comprendida la capacitación profesional, en las que se combinen los conocimientos teóricos y prácticos de alto nivel mediante cursos y programas que estén constantemente adaptados a las necesidades presentes y futuras de la sociedad;*

*b) constituir un espacio abierto para la formación superior que propicie el aprendizaje permanente, brindando una óptima gama de opciones y la posibilidad de entrar y salir fácilmente del sistema, así como oportunidades de realización individual y movilidad social con el fin de formar ciudadanos que participen activamente en la sociedad y estén abiertos al mundo, y para promover el fortalecimiento de las capacidades endógenas y la consolidación en un marco de justicia de los derechos humanos, el desarrollo sostenible la democracia y la paz;*

*c) promover, generar y difundir conocimientos por medio de la investigación y, como parte de los servicios que ha de prestar a la comunidad, proporcionar las competencias técnicas adecuadas para contribuir al desarrollo cultural, social y económico de las sociedades, fomentando y desarrollando la investigación científica y tecnológica a la par que la investigación en el campo de las ciencias sociales, las humanidades y las artes creativas;*

*d) contribuir a comprender, interpretar, preservar, reforzar, fomentar y difundir las culturas nacionales y regionales, internacionales e históricas, en un contexto de pluralismo y diversidad cultural;*

*e) contribuir a proteger y consolidar los valores de la sociedad, velando por inculcar en los jóvenes los valores en que reposa la ciudadanía democrática y proporcionando perspectivas críticas y objetivas a fin de propiciar el debate sobre las opciones estratégicas y el fortalecimiento de enfoques humanistas;*

*f) contribuir al desarrollo y la mejora de la educación en todos los niveles, en particular mediante la capacitación del personal docente.*

*Artículo 2. Función ética, autonomía, responsabilidad y prospectiva*

*De conformidad con la Recomendación relativa a la condición del personal docente de la enseñanza superior aprobada por la Conferencia General de la UNESCO en noviembre de 1997, los establecimientos de enseñanza superior, el personal y los estudiantes universitarios deberán:*

*a) preservar y desarrollar sus funciones fundamentales, sometiendo todas sus actividades a las exigencias de la ética y del rigor científico e intelectual;*

*b) poder opinar sobre los problemas éticos, culturales y sociales, con total autonomía y*

*plena responsabilidad, por estar provistos de una especie de autoridad intelectual que la sociedad necesita para ayudarla a reflexionar, comprender y actuar;*

*c) reforzar sus funciones críticas y progresistas mediante un análisis constante de las nuevas tendencias sociales, económicas, culturales y políticas, desempeñando de esa manera funciones de centro de previsión, alerta y prevención;*

*d) utilizar su capacidad intelectual y prestigio moral para defender y difundir activamente valores universalmente aceptados, y en particular la paz, la justicia, la libertad, la igualdad y la solidaridad, tal y como han quedado consagrados en la Constitución de la UNESCO;*

*e) disfrutar plenamente de su libertad académica y autonomía, concebidas como un conjunto de derechos y obligaciones siendo al mismo tiempo plenamente responsables para con la sociedad y rindiéndole cuentas;*

*f) aportar su contribución a la definición y tratamiento de los problemas que afectan al bienestar de las comunidades, las naciones y la sociedad mundial.”*

Esta misión de la Educación Superior no es muy diferente a la que proclaman la mayoría de las universidades y que se podría resumir en sus tres notas fundamentales: formación, investigación y extensión. Sin embargo, la declaración hace énfasis en que los programas de formación no son un fin en sí mismos sino que deben constituirse en el inicio del aprendizaje continuo durante toda la vida del egresado. Nótese también el énfasis en la comprensión de los valores éticos y culturales de las diferentes comunidades que llevan a un compromiso de los egresados para contribuir a solucionar sus problemas reales y dar posibilidades para comunidades más justas que respeten los derechos humanos y consoliden la paz. Nótese también el énfasis en la investigación científica, técnica y social como mecanismo para mejorar las condiciones de la sociedad, dentro de un compromiso con los valores éticos universalmente aceptados tales como la paz, la justicia, la igualdad y la solidaridad.

Después de esta declaración relacionada con la misión y valores, se introduce un capítulo sobre pertinencia de la Educación Superior y su relación con el mundo del trabajo:

*“Artículo 6. Orientación a largo plazo fundada en la pertinencia*

*a) La pertinencia de la educación superior debe evaluarse en función de la adecuación entre lo que la sociedad espera de las instituciones y lo que éstas hacen. Ello requiere normas éticas, imparcialidad política, capacidad crítica y, al mismo tiempo, una mejor articulación con los problemas de la sociedad y del mundo del trabajo, fundando las orientaciones a largo plazo en objetivos y necesidades sociales, comprendidos el respeto de las culturas y la protección del medio ambiente. El objetivo es facilitar el acceso a una educación general amplia, y también a una educación especializada y para determinadas carreras, a menudo interdisciplinaria, centrada en las competencias y aptitudes, pues ambas preparan a los individuos para vivir en situaciones diversas y poder cambiar de actividad.*

*b) La educación superior debe reforzar sus funciones de servicio a la sociedad, y más concretamente sus actividades encaminadas a erradicar la pobreza, la intolerancia, la violencia, el analfabetismo, el hambre, el deterioro del medio ambiente y las enfermedades, principalmente mediante un planteamiento interdisciplinario y transdisciplinario para analizar los problemas y las cuestiones planteados.*



c) *La educación superior debe aumentar su contribución al desarrollo del conjunto del sistema educativo, sobre todo mejorando la formación del personal docente, la elaboración de los planes de estudio y la investigación sobre la educación.*

d) *En última instancia, la educación superior debería apuntar a crear una nueva sociedad no violenta y de la que esté excluida la explotación, sociedad formada por personas muy cultas, motivadas e integradas, movidas por el amor hacia la humanidad y guiadas por la sabiduría.*

*Artículo 7. Reforzar la cooperación con el mundo del trabajo y el análisis y la previsión de las necesidades de la sociedad*

a) *En un contexto económico caracterizado por los cambios y la aparición de nuevos modelos de producción basados en el saber y sus aplicaciones, así como en el tratamiento de la información, deberían reforzarse y renovarse los vínculos entre la enseñanza superior, el mundo del trabajo y otros sectores de la sociedad.*

b) *Los vínculos con el mundo del trabajo pueden reforzarse mediante la participación de sus representantes en los órganos rectores de las instituciones, la intensificación de la utilización, por los docentes y los estudiantes, en los planos nacional e internacional, de las posibilidades de aprendizaje profesional y de combinación de estudios y trabajo, el intercambio de personal entre el mundo del trabajo y las instituciones de educación superior y la revisión de los planes de estudio para que se adapten mejor a las prácticas profesionales.*

c) *En su calidad de fuente permanente de formación, perfeccionamiento y reciclaje profesionales, las instituciones de educación superior deberían tomar en consideración sistemáticamente las tendencias que se dan en el mundo laboral y en los sectores científicos, tecnológicos y económicos. A fin de satisfacer las demandas planteadas en el ámbito del trabajo los sistemas de educación superior y el mundo del trabajo deben crear y evaluar conjuntamente modalidades de aprendizaje, programas de transición y programas de evaluación y reconocimiento previos de los conocimientos adquiridos, que integren la teoría y la formación en el empleo. En el marco de su función prospectiva, las instituciones de educación superior podrían contribuir a fomentar la creación de empleos, sin que éste sea el único fin en sí.*

d) *Aprender a emprender y fomentar el espíritu de iniciativa deben convertirse en importantes preocupaciones de la educación superior, a fin de facilitar las posibilidades de empleo de los diplomados, que cada vez estarán más llamados a crear puestos de trabajo y no a limitarse a buscarlos. Las instituciones de educación superior deberían brindar a los estudiantes la posibilidad de desarrollar plenamente sus propias capacidades con sentido de la responsabilidad social, educándolos para que tengan una participación activa en la sociedad democrática y promuevan los cambios que propiciarán la igualdad y la justicia”.*

Bien interesante es la apreciación de que “la educación superior debe evaluarse en función de la adecuación entre lo que la sociedad espera de las instituciones y lo que éstas hacen.” Más adelante introduciremos el problema de la pertinencia en la Educación Superior colombiana y argumentaremos que la Universidad colombiana, en general, es tradicionalista y lejos de adelantarse a los retos de una sociedad cambiante mantiene estructuras inflexibles más acordes con el pasado que con el futuro. Pero lo más preocupante es que eso es lo que espera la sociedad de nuestra universidad y las normas y su interpretación por “pares académicos” la hacen aún más inflexible. Pero, nótese el énfasis que pone la declaración en su artículo 7° sobre la cooperación con el mundo del

trabajo y la previsión de las necesidades de la sociedad. En una forma muy cauta introducen el concepto de la formación para el trabajo, sin alejarse en ningún momento de la concepción clásica de la universidad, que ciertamente es válida, como fuente de preparación de profesionales que deberían estar en continua formación. Lo más importante es, sin embargo, la apreciación de la necesidad de estudiar las tendencias que se dan tanto en los sectores laborales como en los sectores científicos, tecnológicos y económicos. Estas ideas se concretan claramente en la frase: “A fin de satisfacer las demandas planteadas en el ámbito del trabajo los sistemas de educación superior y el mundo del trabajo deben crear y evaluar conjuntamente modalidades de aprendizaje, programas de transición y programas de evaluación y reconocimiento previos de los conocimientos adquiridos, que integren la teoría y la formación en el empleo. En el marco de su función prospectiva, las instituciones de educación superior podrían contribuir a fomentar la creación de empleos, sin que éste sea el único fin en sí”. Esta es claramente una tendencia nueva para la universidad, que, sin embargo, se ha implementado desde el comienzo del siglo XX para la reorientación laboral de quienes no acceden a la educación superior y se está dando en los países industrializados a nivel de los egresados de la enseñanza secundaria, como vemos más abajo. Ideas como la presencia de los industriales en los Consejos Superiores de las universidades públicas y privadas se dieron en la década de 1950-1960, pero fueron abandonadas por la incompreensión de estudiantes y profesores que vieron en esta participación una injerencia inconveniente de los grupos económicos en la Universidad.

La siguiente Conferencia Mundial sobre la Educación Superior realizada en París en junio de 2009, convocada bajo el lema *La nueva dinámica de la educación superior y la investigación para el cambio social y el desarrollo*, reafirmó los anteriores principios teniendo en cuenta las transformaciones en el contexto mundial ocurridas durante la primera década del siglo. En este sentido llamó la atención sobre la responsabilidad social que la educación superior tiene ante la complejidad de los desafíos mundiales, presentes y futuros: “la de hacer avanzar nuestra comprensión de problemas polifacéticos con dimensiones sociales, económicas, científicas y culturales, así como nuestra capacidad de hacerles frente. La educación superior debería asumir el liderazgo social en materia de creación de conocimientos de alcance mundial para abordar retos mundiales, entre los que figuran la seguridad alimentaria, el cambio climático, la gestión del agua, el diálogo intercultural, las energías renovables y la salud pública.”

## **2.2. CALIDAD Y PERTINENCIA DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR**

Toda vez que las pruebas SABER PRO son un elemento en el sistema de Aseguramiento de Calidad de la Educación Superior, es conveniente hacerse unas preguntas sobre el significado de la calidad y, así mismo, de si la pertinencia es independiente de la calidad de un proceso. En otras palabras, ¿es posible tener un sistema de Educación Superior con Calidad pero sin pertinencia para la sociedad?

El diccionario de la Real Academia tiene como primera acepción de calidad la siguiente: “Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor.” Sin embargo, en esta definición no se determina cuáles son esas propiedades ni tampoco como se pueden juzgar para establecer su valor. La norma ISO 9000 la define así: “Calidad:

grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos” Otra definición la norma ISO 9000 es: "Conjunto de normas y directrices de calidad que se deben llevar a cabo en un proceso". Para Philip Crosby: "Calidad es cumplimiento de requisitos", mientras que para Joseph Juran: "Calidad es adecuación al uso del cliente". Genichi Taguchi dice que: "Calidad es la menor pérdida posible para la sociedad" y Walter A. Shewhart sostiene que: "La calidad es el resultado de la interacción de dos dimensiones: dimensión subjetiva (lo que el cliente quiere) y dimensión objetiva (lo que se ofrece). La mayor parte de las definiciones tienen que ver con la satisfacción de las expectativas personales o del cliente.

Para otras personas, y nos incluimos entre ellas, calidad es cumplir plenamente con los objetivos de un proceso o con los propósitos de un producto determinado. Es, pues, la coherencia entre resultados y objetivos previamente definidos. Las definiciones que se encuentran en la literatura tienen que ver fundamentalmente con el mundo de la producción y el concepto de calidad total lo refrenda, partiendo de la satisfacción del cliente para evaluar los procesos y mejorarlos. En el caso de la educación superior es importante reflexionar sobre lo que quiere decir calidad. Un poco preocupante es que en Colombia se han definido legalmente los procesos, procedimientos, estándares e indicadores de calidad sin que se haya definido claramente lo que es calidad de la educación superior. De esta manera, se acepta que si un programa académico obtiene el Registro Calificado es porque cumple con los requisitos mínimos de calidad, mientras que si obtiene acreditación es porque tiene alta calidad. De hecho, el decreto 1295 de 2010 que reglamenta la ley 1188 de 2008 establece las condiciones de calidad que debe cumplir un programa, pero no define qué es calidad en la educación superior.

La calidad de un sistema requiere que se definan sus objetivos. En el caso colombiano, la educación superior tiene en general un objetivo profesionalizante, acorde con su génesis copiada de la universidad napoleónica. Es importante señalar que entre las condiciones de calidad exigidas para el registro calificado se encuentran la de hacer investigación y la de tener profesores de tiempo completo con entrenamiento adecuado para hacerla y con las condiciones de áreas físicas y de equipamiento necesario. Esto le ha dado un vuelco importante a la universidad que está pasando de transmitir conocimiento obtenido fuera de nuestras fronteras a crearlo. El siguiente problema tiene que ver con la pertinencia de la educación superior colombiana: ¿responde realmente nuestro sistema universitario a las necesidades presentes, y sobre todo futuras, de la sociedad colombiana o, por el contrario, ofrece sólo carreras tradicionales que responden más bien al manejo, adaptación y administración de conocimientos y herramientas generados en los países desarrollados?

Esta es una pregunta importante ya que determina cuáles son las competencias no sólo académicas sino también laborales que un egresado debe tener para asegurar su empleabilidad y su satisfacción personal y laboral en una sociedad del conocimiento. De la misma manera, permitirá que la evaluación por pares no se limite a sus experiencias personales e institucionales, sino que puedan justipreciar propuestas nuevas encaminadas a formar profesionales en áreas nuevas, así no existan experiencias similares en Colombia o en el extranjero.

El Decreto 1295 establece 15 condiciones de calidad de un programa, pero no las

jerarquiza. Hay condiciones de calidad que son sustantivas, es decir, sin las cuales es imposible que un programa tenga calidad, mientras que hay otras que son adjetivas y contribuyen a la calidad pero no son absolutamente necesarias. Las sustantivas son: a) profesores de planta en suficiente número para poder dar clases y llevar a cabo y liderar proyectos y procesos de investigación; b) biblioteca y acceso a bases de datos que permitan que el estudiante tenga acceso a las publicaciones en texto completo de las revistas disciplinares; c) computadores y redes con suficiente ancho de banda para el acceso a internet, teleconferencias y demás aspectos de la educación virtual; d) laboratorios bien dotados de instrumentos y reactivos para investigación en las ciencias básicas, la ingeniería, medicina y otras áreas de la salud; e) presupuesto para sufragar por lo menos proyectos pequeños de investigación; f) producción intelectual de los profesores, alumnos y grupos de investigación; g) asignaturas en una malla que va desde lo general hasta lo más especializado, identificando las asignaturas *sine qua non* un individuo tiene todas las competencias cognitivas y laborales propias de los egresados del programa y aquellas que dentro de la flexibilidad curricular lo deben hacer un mejor ciudadano y un mejor profesional y h) aulas, laboratorios, sitios de descanso y de deporte que permitan cumplir con la misión misma del programa.

En el caso de las carreras de ciencias, estas condiciones se tienen que cumplir si se pretende que el programa cumpla a cabalidad y excelencia con sus objetivos, es decir que tenga calidad.

Otra cosa es que los programas tengan pertinencia para la sociedad. A pesar de que tanto la constitución de 1991 como la ley 30 garantizan a la Universidad su autonomía para formular y ejecutar sus propios programas, pocas universidades se salen de la oferta tradicional de carreras. Vemos con preocupación la poca oferta de programas en ciencias de la computación, en ingeniería automotriz, en ingeniería aeronáutica, en ingeniería de puertos, en microbiología industrial, en robótica, etc., es decir, en carreras diseñadas para resolver los problemas del mañana. En ese sentido, creemos que la universidad, particularmente la de provincia, no es pertinente para contribuir a solucionar los problemas de la región en donde se encuentra la universidad, máxime si se tiene en cuenta que Colombia es un país de regiones. La pregunta que queda es: ¿tienen los egresados de las carreras ofrecidas en Colombia y, particularmente, las carreras de ciencias, competencias pertinentes para su entorno social y económico? En este mismo sentido se debe recalcar que la sociedad de hoy es diferente de la de ayer. Que se han dado cambios fundamentales debidos a las nuevas tecnologías y que la educación superior debe formar al hombre para afrontar con éxito los retos de ser verdaderamente competitivo en la Sociedad de Conocimiento. El egresado de las carreras de ciencias debería estar particularmente formado para este fin; pero, ¿lo estamos formando así?

### **2.3 SISTEMAS DE CREDITOS**

Con el objeto de permitir una comparación válida entre diferentes programas académicos se estableció en Estados Unidos hacia el final del Siglo XIX la unidad de Carnegie que establecía las horas que un estudiante debía dedicar en la escuela secundaria a dominar un tópico en particular. A partir de este primer intento de establecer una unidad de medida del

trabajo de un estudiante, se pasó al final del siglo XIX al sistema de créditos en la Educación Superior. El establecimiento del sistema no fue ajeno a agrias controversias y a múltiples críticas, una de las cuales, la de Norman Foerster, es particularmente interesante y vigente: “Una vez se gana un crédito, está tan seguro como cualquier cosa en el mundo. Estará depositado e indeleblemente registrado en banco de ahorros del Registro Académico, mientras que la sustancia del curso puede ser, si uno quiere, felizmente olvidada”<sup>1</sup>. El sistema norteamericano actual es extraordinariamente sencillo y fácil de aplicar. Se entiende por un crédito una hora de clase a la semana, o dos de taller o tres de laboratorio durante un semestre. Basados en esta definición, se requiere que un estudiante haya acumulado 120 créditos para obtener su diploma de pregrado. En la mayor parte de los programas, se requiere que del total de los 120 créditos, por lo menos la mitad sean en el “*major*”, es decir, en la disciplina o profesión que el estudiante quiere estudiar, un 25% en un área relacionada que se denomina el “*minor*” y el resto en cualquier curso ofrecido por la universidad a nivel de pregrado y, en casos excepcionales, a algunos cursos de posgrado.

En el caso de la Unión Europea, el sistema de créditos se convirtió en una necesidad cuando se establecieron sistemas de movilidad estudiantil entre diferentes universidades y países. Se introdujo apenas en 1989 dentro del programa Erasmus y fue adoptado en la Declaración de Bologna en 1999. El sistema ha probado ser exitoso en los países de la Unión. Se diferencia del norteamericano fundamentalmente en que los créditos se dan al estudiante y no al programa y dependen de que el estudiante haya obtenido ciertos objetivos y competencias claramente establecidos. En términos generales el sistema de créditos europeo (ECTS, *European Credit Transfer and Accumulation System*) parte del principio de que un estudiante promedio requiere entre 24 y 30 horas de trabajo en un semestre para obtener unos resultados (*outcomes*) que permiten otorgarle un crédito europeo. Esta definición se basa en que un estudiante promedio de tiempo completo en Europa va a la Universidad entre 36 y 40 semanas al año y que 60 ECTS miden la carga académica total de un estudiante promedio por un año. A partir de estas definiciones, existe la posibilidad de un primer ciclo de estudio, correspondiente al pregrado en Colombia o Estados Unidos de 180 ECTS o sea tres años o 240 ECTS equivalentes a cuatro años.

Desde el punto de vista de las competencias, la siguiente definición es particularmente importante:

- *“Credit is also a way of quantifying the outcomes of learning. Learning outcomes are sets of competences, expressing what the student will know, understand or be able to do after completion of a process of learning, short or long. Credits in ECTS can only be obtained after completion of the work required and appropriate assessment of the learning outcomes achieved.”*<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Dietrich Gerhard. “The emergence of the credit system in American education considered as a problem of social and intellectual history,” *American Association of University Professors Bulletin*, 1955; 41: 666

<sup>2</sup> Crédito es también una forma de cuantificar los resultados del aprendizaje. Los resultados del aprendizaje son grupos de competencias que expresan lo que el estudiante sabrá, entenderá o será capaz de hacer después de completar un proceso de aprendizaje, corto o largo. Los créditos en ECTS sólo se pueden obtener después de completar el trabajo

El caso colombiano es bastante peculiar porque contabiliza tanto las horas de contacto con los profesores como un número de dos horas de trabajo independiente por cada hora de acompañamiento docente. Si bien este punto se contempla en el caso de los ECTS, no se le da un valor aritmético específico que varía de pregrado al posgrado. Pero quizás lo más importante es que, a pesar de que en el artículo 18 del decreto 2566 se decía que “El tiempo estimado de actividad académica del estudiante en función de las competencias académicas que se espera el programa desarrolle, se expresará en unidades denominadas Créditos Académicos”, en el artículo 11 del decreto 1295 que lo reemplaza apenas se dice: “Los créditos académicos son la unidad de medida del trabajo académico para expresar todas las actividades que hacen parte del plan de estudios que deben cumplir los estudiantes”. “Un crédito académico equivale a cuarenta y ocho (48) horas de trabajo académico del estudiante, que comprende las horas con acompañamiento directo del docente y las horas de trabajo independiente que el estudiante debe dedicar a la realización de actividades de estudio, prácticas u otras que sean necesarias para alcanzar las metas de aprendizaje”. En este caso desaparece de la norma el concepto de competencia o “*outcome*” que pide el sistema europeo. Y lo que es más, es a los programas a los que se adjudican los créditos y no al estudiante después de la correspondiente evaluación.

La preocupación acerca de los créditos y de su significado tiene relevancia cuando se van a evaluar estudiantes que comparten una misma “marca”, como por ejemplo, ingeniero o egresado de ciencias, pero que provienen de programas que son bastante diferentes entre sí en cuanto a objetivos, contenidos y particularmente perfil laboral del egresado.

## **2.4 ESTADO Y TENDENCIAS DE LA FORMACIÓN EN LOS PROGRAMAS DEL ÁREA**

### **2.4.1 LOS PROGRAMAS DE CIENCIAS OFRECIDOS EN COLOMBIA.**

Los programas de ciencias ofrecidos en Colombia se diferencian claramente de los programas de ciencias ofrecidos en los Estados Unidos y en la Unión Europea. La principal diferencia radica en que nuestros programas son bastante inflexibles y tratan en muchos casos de cubrir lo que se cubre en posgrado en Estados Unidos y Europa. Nuestros programas se rigen por la Resolución #2769 de 2003. Esta Resolución es muy interesante porque consta de dos partes: la primera aplicable a los cinco programas de ciencias naturales y matemáticas y la segunda, aplicable a cada una de las disciplinas. Examinemos la primera parte:

*“Artículo 2°. Aspectos curriculares. El programa deberá guardar coherencia con la fundamentación teórica, práctica y metodológica de la biología, la física, la geología, la*

---

requerido y de que se haya logrado hacer una evaluación apropiada de los resultados del aprendizaje.  
[http://europa.eu.int/comm/education/policies/rec\\_qual/recognition/diploma\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/education/policies/rec_qual/recognition/diploma_en.html)

*matemática, o de la química como disciplinas y profesiones, y con los principios y propósitos que orientan la formación desde una perspectiva integral, considerando, entre otros aspectos, las competencias y saberes que se espera posean.”*

Lo primero que la Resolución ordena es que debe haber coherencia entre la fundamentación teórica, práctica y metodológica de las ciencias como disciplinas y profesiones y debe contemplar las competencias y saberes que se espera de los estudiantes. Nótese que la Resolución introduce desde 2003 la idea de saberes y competencias y distingue entre las dos, ligando los saberes a la parte disciplinar y las competencias a la parte profesional. Continúa la Resolución:

*“1. Todo programa en Ciencias Exactas y Naturales propenderá a:*

*“1.1 La apropiación, por parte del estudiante, de los contenidos y métodos de su disciplina que le permitan participar en labores investigativas fundamentadas en la epistemología y en las prácticas científicas propias de su campo; desarrollar competencias de comunicación de los conocimientos y resultados de la investigación; y aportar a la solución de problemas, tanto en el campo específico como en contextos interdisciplinarios.*

*1.2 La disposición para trabajar en equipos interdisciplinarios, en el desarrollo de proyectos investigativos básicos o aplicados, con una actitud de reconocimiento y apropiación de los aportes de profesionales de otros campos del saber. Esto incluye la capacidad para consultar a las comunidades o personas que puedan resultar afectadas por dichos proyectos, así como las competencias para predecir sus posibles efectos sobre el entorno.*

*1.3 El respeto a la riqueza natural, ambiental y cultural del país.*

*1.4 La capacidad para adaptarse y apropiarse de los cambios científico-tecnológicos, y para promover su transferencia a contextos locales, así como para proponer nuevas alternativas de desarrollo.”*

El numeral 1 es una serie de objetivos muy generales tales como la apropiación por parte del estudiante de contenidos y métodos de su disciplina para que participe en labores investigativas, sea capaz de comunicar los conocimientos y resultados de la investigación y para que aporte a la solución de problemas. Este es propiamente el objetivo de la formación en ciencias, que se complementa por su capacidad de trabajar en equipo y de consultar con la comunidad acerca de la investigación que emprenda, siempre dentro del respeto a la riqueza natural, ambiental y cultural del país, y finalmente que sea capaz de transferir los avances científico tecnológicos a contextos locales. Nótese que de alguna manera, estos objetivos están de acuerdo con varias de las competencias adoptadas por la Comunidad Europea.

El numeral 2 prescribe la forma como se organizan los programas de ciencias y hace énfasis en que con este ordenamiento no se está afectando la autonomía universitaria:

*“2. Los programas académicos en ciencias exactas y naturales se organizarán teniendo en cuenta las siguientes áreas de formación, sin perjuicio de la autonomía universitaria:*

*2.1 Área de fundamentación en ciencias exactas y naturales:*

*2.1.1 Reflexión sobre la historia, la naturaleza y las formas de producción del conocimiento propias de las ciencias.*

*2.1.2 Abordaje de problemas disciplinarios e interdisciplinarios que permitan entender las lógicas, los conceptos y los métodos que subyacen a la formulación de las teorías científicas y la reflexión sobre ellas.*

*2.1.3 Formación para interpretar y comunicar la literatura científica.*

*2.1.4 Contenidos generales y actividades académicas que en el campo de las ciencias exactas y naturales son comunes para todas las disciplinas:*

*2.1.4.1 Biología*

*2.1.4.2 Química*

*2.1.4.3 Física*

*2.1.4.4 Matemáticas*

*2.1.4.5 Diseño experimental*

*2.2 Área de fundamentación en ciencias sociales y humanidades: Comprende aquellos saberes y prácticas que complementen la formación integral del biólogo, físico, geólogo, matemático o químico en valores éticos, antropológicos, sociales y ambientales.”*

Este numeral ordena que debe haber un área de fundamentación en las ciencias exactas y naturales y un área de fundamentación en las ciencias sociales y humanidades. En el área de fundamentación de las ciencias exactas y naturales se incluye la reflexión sobre la historia, la naturaleza y las formas de producción del conocimiento y la lógica, los conceptos y los métodos que subyacen la formulación de teorías científicas. Este es un aspecto sumamente importante que generalmente es soslayado en la mayor parte de los planes de estudio en ciencias, pero que de alguna manera debiera ser la base de la formación de los estudiantes. La formación para interpretar y comunicar la literatura científica va más allá de la competencia de la lengua materna y es propia de las competencias científicas. Esta podría ser una de las competencias que se pueden evaluar con lápiz y papel y es general a todos los egresados. Finalmente, cada disciplina debería incluir en su plan de estudio por lo menos un curso general en todas las demás ciencias. Llama la atención que, en general, esto no se cumple a cabalidad, como se constató mediante el análisis de cada uno de los planes de estudio (véase anexo 1).

Todos los programas de biología incluyen fundamentación en química, física y matemáticas, con la excepción de la Universidad de los Llanos que sólo incluye química y matemáticas. En cuanto a física, algunos programas incluyen biofísica, pero no física general. Aunque no es lo mismo, se cumple de alguna manera el espíritu de la Resolución. Trece de los 27 programas analizados incluyen también geología o ciencias de la tierra. En cuanto a historia o epistemología de la biología, sólo 18 programas cumplen con lo ordenado. El programa de biología de la Universidad Nacional presenta un número grande de asignaturas opcionales, de las cuales se deben tomar 3 créditos que pueden ser en esta área. En cuanto a comunicación en lenguaje materno, incluyendo comunicación de literatura científica, nuevamente 15 programas cumplen, mientras que sólo 4 programas no tienen asignaturas claramente llamadas humanidades. Es posible que aparezcan como electivas.



Hay 17 programas de química en el país, sin contar los programas de química farmacéutica que son claramente programas profesionales y que no incluimos dentro de los programas de ciencias. Como se puede observar, ninguno de los programas incluye geología o ciencias de la tierra dentro de las asignaturas de fundamentación. Catorce programas cumplen con incluir biología, física y matemáticas y tres sólo incluyen física y matemáticas. En relación con historia o epistemología de la química, sólo seis programas cumplen con la Resolución. Once programas incluyen comunicación escrita, aunque no específicamente comunicación científica y todos, con una sola excepción, tienen alguna o algunas asignaturas en humanidades y ciencias sociales.

Hay once programas de física en el país. Como en el caso de química, ningún programa ofrece asignaturas en geología o ciencias de la tierra. Todos incluyen matemáticas y siete, también requieren química dentro de la fundamentación en ciencias básicas; pero sólo cuatro incluyen biología. Es posible que dentro de los tres créditos que pueden tomar los estudiantes de la Nacional, además de las matemáticas, alguno o algunos opten por biología o química. Sólo cuatro de los diez programas ofrecen alguna asignatura en epistemología o historia de la física, cinco ofrecen algo en comunicación y sólo siete incluyen ciencias sociales o humanidades. La tendencia parecería ser a que los estudiantes de física se dediquen fundamentalmente a estudiar la disciplina abstrayéndose de su historia, de su epistemología y de los fenómenos sociales en los que están inmersos.

Hay 18 programas de matemáticas en el país. Como se puede observar, ninguno incluye geología o ciencias de la tierra, tan sólo tres incluyen biología y cuatro química, aunque todos, menos uno que no parece tener ningún curso en ciencias básicas, requieren física. En el caso de la Universidad del Cauca se ofrecen Ciencias Naturales, pero no se especifica qué incluyen. En el caso de las matemáticas, tan sólo cuatro programas no incluyen historia o epistemología de las matemáticas, todos incluyen varios cursos en ciencias sociales y humanas y ocho tienen alguna aproximación a la comunicación escrita. En el caso de la Nacional, el programa no especifica cursos diferentes a los disciplinares.

Finalmente, existen cinco programas de Geología en el país. Los cinco incluyen matemáticas, cuatro química, y tres biología y física. Es llamativo que los geólogos reconozcan la importancia de la biología y probablemente su inclusión como seres humanos dentro de ella. Es un poco desconcertante que ninguno se aproxime a su historia o epistemología y que sólo dos incluyan ciencias sociales y humanas dentro de su plan de estudios.

Esta visión bastante completa de los programas de ciencias muestra que, en general, se cumple parcialmente con el requisito de que todos los estudiantes tengan cursos de fundamentación en las otras ciencias básicas. Trece programas de biología cumplen completamente con la Resolución en este aspecto mientras que ninguno de los programas de física, geología, matemáticas o química lo hace. Prácticamente todos los programas incluyen matemáticas y la mayoría también incluyen física. Por consiguiente, parecería que lo único común a todos los programas es que tienen matemáticas y física.

Llama la atención que la mayoría de los programas incluyen algún curso en la historia o la

epistemología de su disciplina. Esta también es una característica casi general a todos los programas. Es preocupante, sin embargo, que sean muy pocos los programas que incluyen lectura, interpretación y redacción de literatura científica. Este, que debería ser un rasgo común en todos los programas de ciencias, brilla por su ausencia. En relación con las ciencias sociales y humanidades, prácticamente todos los programas ofrecen una o más asignaturas. Sin embargo, con la excepción de ética, ética profesional y constitución, los nombres de las asignaturas van desde lo absolutamente general: humanidades I y II, hasta nominaciones que reflejan el espíritu mismo de la universidad que lo ofrece. Precisamente por esto, en el diseño de los ECAES en el 2005, los profesores del país decidieron no incluir estos aspectos como parte de los componentes de la prueba, ya que no hay homogeneidad en su aplicación o inclusión en los currícula.

Algunas de las carreras en ciencias han sido legalmente reglamentadas. Es el caso de la biología (ley 22 de 1984), la geología (ley 9ª de 1974) y la química (ley 53 de 1975). Estas leyes son primordialmente de tipo gremial y tienen por fin reservar para los egresados un determinado campo de acción que podría ser llenado por otros. Sin embargo, la ley del geólogo es explícita en lo que es objeto del ejercicio laboral del geólogo, los puestos que puede ocupar y los conceptos que puede rendir, mientras que la ley del biólogo es mucho más general y sólo identifica los conceptos en materia de impacto ambiental que puede rendir, sin perjuicio de que otros profesionales lo puedan hacer también. No existen leyes que regulen el ejercicio de la física o de las matemáticas,

## **2.4.2 PROGRAMAS DE CIENCIAS EN ESTADOS UNIDOS**

Una revisión de los diferentes programas muestra claramente que la base de los planes de estudio estadounidenses en ciencias es su flexibilidad. Generalmente sólo se exige el curso general para los estudiantes de cada disciplina. El plan de estudios de ahí en adelante es individualizado y a los estudiantes se les exige que tomen uno o dos cursos de los diferentes niveles, uno o varios laboratorios de niveles diferentes, pero sin exigir que el requisito se llene con una asignatura en particular. La educación de pregrado se divide en cuatro niveles: *freshman*, *sophomore*, *junior* y *senior* y los cursos relacionados con estos niveles frecuentemente son 100, 200, 300 y 400, aunque en algunas universidades se utilizan códigos diferentes y aún, como en Harvard, existen requisitos de medios cursos. En la mayoría de los programas no es requisito hacer investigación, aunque en los así llamados cursos de honor, la investigación de pregrado es una exigencia.

Para obtener el título es necesario haber cumplido con un requisito general de 120 créditos, los cuales se cubren en cuatro años. De estos créditos, la mitad debe ser de la disciplina, el 25% de una disciplina afín y el resto, de materias que le interesen al estudiante. En conclusión podemos aseverar que a diferencia de los planes de estudios de las carreras de ciencias en Colombia, las carreras de ciencias de las universidades norteamericanas se caracterizan por su flexibilidad total y la opción que tienen los estudiantes de armar sus propios programas partiendo del gran número de asignaturas que se ofrecen a partir del nivel de *sophomore*, siempre eso sí respetando el número de créditos de materias de cada nivel y del total de créditos de la disciplina y de la disciplina complementaria.

Es muy interesante resaltar que en algunos programas, por ejemplo, los de la Universidad de California en Berkeley, se especifican los *outcomes* o competencias de conocimiento, habilidades y satisfacción personal obtenidas a través de tomar las asignaturas del “*core*”, es decir, de las asignaturas de la profesión.

- *Knowledge-Based*  
*All our graduates will be able to:*
  - *Master a broad set of chemical knowledge concerning the fundamentals in the basic areas of the discipline (organic, inorganic, analytical, physical and biological chemistry).*
  - *Solve problems competently by identifying the essential parts of a problem and formulating a strategy for solving the problem. They will be able to rationally estimate the solution to a problem, apply appropriate techniques to arrive at a solution, test the correctness of the solution, and interpret their results.*
  - *Use computers in data acquisition and processing and use available software as a tool in data analysis.*
  - *Employ modern library search tools to locate and retrieve scientific information about a topic, chemical, chemical technique, or an issue relating to chemistry.*
  
- *Performance/Skills-Based*  
*All our graduates will demonstrate the ability to:*
  - *Understand the objective of their chemical experiments, properly carry out the experiments, and appropriately record and analyze the results.*
  - *Use standard laboratory equipment, modern instrumentation, and classical techniques to carry out experiments.*
  - *Know and follow the proper procedures and regulations for safe handling and use of chemicals.*
  - *Communicate the concepts and results of their laboratory experiments through effective writing and oral communication skills.*
  
- *Affective*  
*All graduates will be able to:*
  - *Successfully pursue their career objectives in advanced education in professional and/or graduate schools, in a scientific career in government or industry, in a teaching career in the school systems, or in a related career following graduation.*

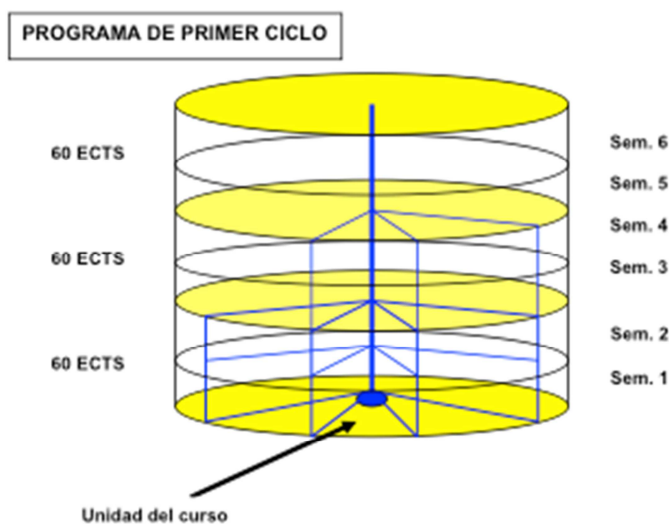
Una visión completa de los planes de estudio en una sola universidad de prestigio, la Universidad de Harvard, en las cinco áreas: biología, física, ciencias de la tierra, matemáticas y química, aparece en el anexo 2.

### **2.4.3 PROGRAMAS DE CIENCIAS EN EL ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR**

A partir de la Declaración de Bologna (1999) se dispararon una serie de procesos en la Comunidad Económica Europea para asegurar bases comunes que permitieran intercambios

efectivos entre los países miembros. Dentro de estas iniciativas una de las más interesantes fue la propuesta del Espacio Común Europeo de Educación Superior y se echó a andar un proceso de poner al día las instituciones de educación superior para “sintonizarlas” (*tuning*) con las condiciones sociales y económicas del mundo actual y particularmente de la Comunidad Europea de Naciones. Este proyecto recibió por esto el nombre de TUNING y tuvo en cuenta la introducción en Europa del sistema de tres ciclos: pregrado, maestría y doctorado que se ha consolidado en Estados Unidos y en países como el nuestro.

Los programas de pregrado tanto en Colombia como en Estados Unidos se estructuran alrededor de asignaturas, mientras que a partir del proceso de Bologna, se exige que los programas europeos se estructuren en función de los resultados esperados del aprendizaje, formulados en términos de competencias. Se fijó como plazo el año 2010 para que los programas se acomoden a esta directiva. Los programas de pregrado o de primer ciclo se constituyen así:



ECTS: *European Credit Transfer and Accumulation System* (Créditos europeos; ver 2.3)

El modelo presupone una progresión en la obtención de resultados del aprendizaje expresados en términos de competencias. Cada unidad del curso desempeña una función en el plan de estudios global. El modelo distingue tres períodos de 60 créditos, que a su vez se subdividen en dos. Esta es la manera más tradicional de cursar un programa: semestre por semestre. No obstante, el modelo muestra también que son posibles otras opciones. Así, por ejemplo, un alumno puede estudiar en profundidad sólo una parte del programa, cursando dos unidades (o trozos) en sentido vertical siempre que los prerrequisitos (condiciones de ingreso) de dicha unidad lo permitan. Cabe, pues, imaginarse a un alumno estudiando una lengua y centrándose primero en su adquisición, para a continuación concentrarse en literatura o lingüística, aunque el orden oficial del programa pueda ser diferente. El modelo muestra asimismo que es posible hacer que unidades separadas que en otro contexto se seguirían unas a otras encajen en el programa de estudio sobre la base de su previo reconocimiento.

En el proyecto TUNING sólo se tuvieron en cuenta los programas de física, geología,

matemáticas y química entre los de ciencias naturales. Por razones que no conocemos, biología no fue incluido en el proyecto europeo, ni tampoco en el proceso de su contraparte latinoamericana.

Dentro del proceso TUNING se han establecido unos descriptores de competencias que se pueden aplicar en todos los casos (descriptores de Dublin). Estos descriptores son: A) Conocimiento y entendimiento; B) Aplicación del Conocimiento y del Entendimiento; C) Capacidad de emitir juicios; D) Habilidades comunicativas y E) Habilidades de aprendizaje.

En el caso de la física las competencias que se espera tenga el graduado de pregrado son las que aparecen en la tabla siguiente, que se han tomado sin traducirlas del folleto original *Teaching, Learning and Assessment – Physics*.

ORDEN DE IMPORTANCIA	NOMBRE CORTO	DESCRIPCION DE LA COMPETENCIA	DESCRIPTOR DE DUBLIN
1	<i>Problem solving skills</i>	<i>be able to evaluate clearly the orders of magnitude in situations which are physically different, but show analogies, thus allowing the use of known solutions in new problems</i>	B
2	<i>Theoretical understanding</i>	<i>have a good understanding of the most important physical theories (logical and mathematical structure, experimental support, described physical phenomena)</i>	A
3	<i>Mathematical skills</i>	<i>be able to understand and master the use of the most commonly used mathematical and numerical methods</i>	A-B
4	<i>Deep knowledge</i>	<i>have a deep knowledge of the foundations of modern physics, say quantum theory, etc .</i>	A
5	<i>Experimental skills</i>	<i>have become familiar with most important experimental methods and be able to perform experiments independently, as well as to describe, analyse and critically evaluate experimental data</i>	B
6	<i>Modelling &amp; Problem solving</i>	<i>be able to identify the essentials of a process / situation and to</i>	B

	<i>skills</i>	<i>set up a working model of the same; be able to perform the required approximations; i.e. critical thinking to construct physical models</i>	
7	<i>Prob. solving and computer skills</i>	<i>be able to perform calculations independently, even when a small PC or a large computer is needed, including the development of software programmes</i>	B
8	<i>Physics culture</i>	<i>be familiar with the most important areas of physics and with those approaches, which span many areas in physics</i>	A
9	<i>Basic &amp; Applied Research</i>	<i>acquire an understanding of the nature and ways of physics research and of how physics research is applicable to many fields other than physics, e.g. engineering; be able to design experimental and/or theoretical procedures for: (i) solving current problems in academic or industrial research; (ii) improving the existing results</i>	A-B-C
10	<i>Literature search</i>	<i>be able to search for and use physical and other technical literature, as well as any other sources of information relevant to research work and technical project development. Good knowledge of technical English is required.</i>	E
11	<i>Learning ability</i>	<i>be able to enter new fields through independent study</i>	E
12	<i>Modelling</i>	<i>be able to adapt available models to new experimental data</i>	B
13	<i>Human / professional skills</i>	<i>be able to develop a personal sense of responsibility, given the free choice of elective/optional courses; be able to gain professional flexibility through the wide spectrum of scientific</i>	A-B

		<i>techniques offered in the curriculum</i>	
14	<i>Absolute standards</i>	<i>have become familiar with “the work of genius”, i.e. with the variety and delight of physical discoveries and theories, thus developing an awareness of the highest standards</i>	A-C
15	<i>Ethical awareness (relevant to physics)</i>	<i>be able to understand the socially related problems that confront the profession and to comprehend the ethical characteristics of research and of the professional activity in physics and its responsibility to protect public health and the environment</i>	C
16	<i>Foreign Language skills (relevant to physics)</i>	<i>Have improved command of foreign languages through participation in courses taught in foreign language: i.e. study abroad via exchange programmes, and recognition of credits at foreign universities or research centres</i>	D
17	<i>Specific Communication Skills</i>	<i>be able to work in an interdisciplinary team; be able to present one's own research or literature search results to professional as well as to lay audiences</i>	D

Nótese que la competencia más importante es la de resolver problemas, particularmente en relación con diferenciar magnitudes. Le siguen el entendimiento de los aspectos teóricos de la física, las competencias matemáticas y el conocimiento de las grandes teorías. Un aspecto importante es que puede haber dos vías para hacer física en pregrado: una que corresponde a las ciencias naturales y las matemáticas en la que el estudiante estudia todas las ciencias con énfasis en la física, y la otra, hacer física pura. La diferencia entre las dos tiene que ver con los contenidos del plan de estudios. Los contenidos de los planes de estudio de las diferentes universidades y países permiten establecer un “core” de matemáticas, física clásica y física moderna.

En el caso de la Geología el pregrado incluye mineralogía, petrología, geología sedimentaria, recursos geológicos, geología estructural, tectónica, paleontología y estratigrafía, así como otras asignaturas afines. Desde el punto de vista más general, se desarrollan cuatro competencias generales propias de los egresados: 1) visión espacio-

temporal (4 dimensiones) de los procesos geológicos; 2) la habilidad de integrar la evidencia de campo y de laboratorio con la teoría; 3) una conciencia de los procesos del medio ambiente que se llevan a cabo en nuestro tiempo y 4) un entendimiento profundo de la necesidad de al mismo tiempo explotar y conservar los recursos de la tierra.

En el siguiente cuadro aparecen tanto las competencias específicas como las genéricas de la Geología:

<b><i>Key Subject Specific Competences</i></b>	<b><i>Key Generic Competences Consultation process with stakeholders</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Show a broad knowledge and understanding of the essential features, processes, history and materials of System Earth.</i></li> <li>• <i>Recognize the applications and responsibilities of Earth Science and its role in society.</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Work both independently and in a team</i></li> <li>• <i>Basic general knowledge</i></li> <li>• <i>Grounding in basic knowledge of the profession</i></li> <li>• </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Show adequate knowledge of other disciplines relevant to Earth Science.</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Oral and written communication in your native language</i></li> <li>• <i>Knowledge of a second language</i></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Independently analyze earth materials in the field and laboratory and to describe, analyse, document and report the results.</i></li> <li>• <i>Be able to reason in large-scale spatial and, or temporal frameworks</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Elementary computing skills</i></li> <li>• <i>Information management skills</i></li> <li>• <i>Awareness of safety</i></li> <li>• <i>Ability to communicate Earth Science issues with the wider society</i></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>The application of simple quantitative methods to Earth systems.</i></li> </ul>	

En cuanto a Matemáticas, el proyecto TUNING describe las siguientes como Competencias Clave:

- Habilidad para concebir una prueba
- Habilidad para modelar matemáticamente una situación y
- Habilidad para resolver problemas usando herramientas matemáticas.

En cuanto a los descriptores del pregrado, se espera que un estudiante de matemáticas sea capaz de

- Mostrar conocimiento y comprensión de los conceptos, principios, teorías y resultados básicos de las matemáticas;
- Comprender y explicar el significado de aseveraciones complejas usando el lenguaje y los símbolos matemáticos;
- Demostrar habilidad en razonamiento, manipulación y cálculo matemático;
- Construir pruebas rigurosas;
- Demostrar dominio de los diferentes métodos de prueba matemática.



Finalmente, en cuanto a los egresados del pregrado en Química, se espera hayan adquirido durante el pregrado las siguientes competencias genéricas:

- Capacidad de aplicar el conocimiento a la práctica
- Manejo del tiempo y de la planeación
- Comunicación oral y escrita en el lenguaje materno
- Conocimiento de otro idioma europeo
- Capacidad de análisis y síntesis
- Capacidad de aprender
- Habilidad para recoger u analizar información de diferentes fuentes
- Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones
- Solución de problemas
- Capacidad de tomar decisiones
- Capacidad de trabajar en equipo
- Capacidad de trabajo autónomo
- Compromiso ético.

Como se puede observar, además de las competencias cognitivas, todos los egresados de carreras de ciencias deben demostrar unas competencias genéricas entre las que sobresalen tener conocimientos básicos suficientes de la disciplina, capacidad de obtener y manejar información, capacidad de resolver problemas y capacidad de utilizar las herramientas propias de la disciplina a diferentes niveles de la vida real.

### 3. ¿QUÉ SON COMPETENCIAS?

Cuando se trata de evaluar las competencias de los egresados de programas de educación superior, la primera pregunta que nos debemos hacer es: ¿qué son las competencias? De hecho, existen muchas acepciones para el término “competencia” y lo importante es definir cuál o cuáles de esas acepciones mejor describen el resultado de la Educación Superior.

El Diccionario de la Real Academia de la Lengua, entre otras acepciones, trae la siguiente: “Pericia, aptitud, idoneidad para hacer algo o intervenir en un asunto determinado”. Esta acepción tiene tres componentes: pericia, definida por el mismo diccionario como “Sabiduría, práctica, experiencia y habilidad en una ciencia o arte”, aptitud, “Capacidad y disposición para el buen desempeño o ejercicio de un negocio, de una industria, de un arte” e idoneidad que implica que se es “adecuado y apropiado para algo”. De estas definiciones se deduce que para adquirir cualquier competencia se requiere “sabiduría”, es decir conocimiento apropiado y capacidad de usarlo inteligentemente, “práctica” que permite mejorar continuamente el desempeño, “habilidad” que tiene que ver con el uso adecuado y oportuno del conocimiento y de las herramientas necesarias para obtener un propósito, “aptitud” para el desempeño e idoneidad para afrontar y resolver problemas.

Es interesante la definición de competencias que se encuentra en *Wikipedia, the free*

*Encyclopedia*<sup>3</sup>: “Competencia es un requisito estandarizado que debe tener un individuo para llevar a cabo un trabajo específico. Involucra una combinación de conocimiento, habilidades y comportamientos utilizados para mejorar el rendimiento”. “En términos más generales, competencia es el estado o calidad de estar adecuado y bien calificado y de tener la habilidad de llevar a cabo un papel específico” Esta definición parece la acepción más utilizada actualmente de competencia y tiene que ver con empleabilidad y con trabajo.

Parecería que fue David McClelland quien introdujo la noción de competencia en el mundo del trabajo como parte de sus estudios sobre la motivación de los individuos y cómo desarrollarla<sup>4</sup>. Sin embargo, Mike Brown hablando de las competencias que se deben adquirir en el sitio de trabajo, sostiene que el concepto de competencia es mucho más antiguo y se originó a principios del Siglo XX. Dice Brown: “El uso del término “competencia” apareció por primera vez en los albores de la década de 1960 en los Estados Unidos, ligado a la efectividad del desempeño de los maestros. Sin embargo, este enfoque basado en competencias debe su desarrollo histórico al movimiento “educación por objetivos”. De esta manera, se puede decir que el entrenamiento por objetivos se remonta al siglo pasado. Esta historia quiere decir que el diseño e implementación corriente de entrenamiento por competencias con el que nos hemos familiarizado, representa la quinta generación del entrenamiento por objetivos/competencias<sup>5</sup>”.

De acuerdo con Brown, estas generaciones fueron: La primera que reflejó los avances en el desarrollo y aplicación de la gerencia “científica” para entrenar y hacer eficiente el trabajo de hombres sacados de sus labores de campo para convertirlos en obreros de la industria que soportó la primera guerra mundial. La segunda generación de competencias tuvo lugar en los Estados Unidos entre 1920 y 1930 y aplicó las teorías de Washburne y Morrison que desarrollaron por separado programas de entrenamiento basados en el concepto de dominar y llegar a ser maestros en unas competencias determinadas independientemente del tiempo requerido para lograrlo. La tercera generación se da durante la segunda guerra mundial y se basa en la psicología y el conductivismo particularmente de Skinner. Fue muy exitosa en las fuerzas armadas. La cuarta generación tiene lugar en los años de la década de 1960 y es precisamente entonces cuando aparece la palabra “competencias” como tal. Se asocia con esta generación el desarrollo de objetivos conductuales ligados a estándares definidos mínimos de desempeño aceptables y del uso de las herramientas necesarias para ejecutar una labor específica. La quinta generación representa la situación actual en la cual la competencia se mide por los “outcomes”, es decir, por los productos del entrenamiento. Los currícula basados en competencias describen los estándares y los productos esperados al terminar el entrenamiento.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD), organización que recientemente recibió a Chile entre sus miembros y a la que Colombia ha solicitado admisión, así sea como observadora, formuló hace poco un proyecto para la Definición y Selección de Competencias (DeSeCo) en el que trató de identificar aquellas habilidades

---

<sup>3</sup>[http://en.wikipedia.org/wiki/Competence\\_\(human\\_resources\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Competence_(human_resources))

<sup>4</sup>Raven, J. (2001). The McClelland/McBer Competency Models. Chapter 15 in J. Raven & J. Stephenson (Eds.), *Competence in the Learning Society*. New York: Peter Lang

<sup>5</sup>Brown, M. 1994. “An introduction to the discourse on Competency-Based Training (CPT)” en *A Collection of Readings Related to Competency Based Training – Curriculum and Competencies*. Deaking University, Victoria, Australia. pp.9-11.

básicas necesarias para una vida exitosa en una sociedad que funciona bien. En este sentido definen que competencia se refiere a conseguir un alto grado de integración entre las capacidades individuales y los objetivos sociales más amplios que un individuo persigue.

Desde que en marzo de 2000 el Consejo Europeo de Lisboa definiera como meta estratégica para la Unión Europea el convertirse en “la economía basada en el conocimiento más competitiva y dinámica del mundo, capaz de mantener un crecimiento económico sustentable con más y mejores empleos y mayor coherencia social” se pidió a los Estados de la Unión que definieran las nuevas habilidades básicas a ser obtenidas a través de entrenamiento a lo largo de la vida que cubre TICs, cultura tecnológica, lenguas extranjeras y destrezas sociales y empresariales.

El informe conjunto de 2010 del Consejo y de la Comisión sobre la puesta en práctica del programa de trabajo “Educación y Formación 2010” de la Unión Europea identifica así las competencias claves para el aprendizaje a lo largo de la vida<sup>6</sup>: “El marco europeo de competencias clave para el aprendizaje permanente identifica y define ocho competencias clave necesarias para la plena realización personal, la ciudadanía activa, la cohesión social y la empleabilidad en la sociedad del conocimiento: 1) comunicación en la lengua materna; 2) comunicación en lenguas extranjeras; 3) competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología; 4) competencia digital; 5) aprender a aprender; 6) competencias sociales y cívicas; 7) sentido de la iniciativa y espíritu de empresa; 8) conciencia y expresión culturales. La educación y formación iniciales deben ofrecer a los jóvenes, incluso a los más desfavorecidos, los medios para desarrollar sus competencias clave de forma que estén preparados para aprender en el futuro y para la vida laboral. Todos los adultos deben poder beneficiarse, mediante la educación y la formación, de oportunidades concretas para mejorar y actualizar sus competencias clave a lo largo de su vida.”

La Comisión de la Unión Europea define así las competencias claves: “Las competencias clave representan un paquete transferible de conocimientos, habilidades y actitudes que todos los individuos requieren para su satisfacción y desarrollo personal, inclusión y empleo. Estas se deben haber desarrollado al finalizar el período de formación formal obligatoria y deben constituirse en el fundamento para obtención de nuevo conocimiento como parte de aprendizaje a lo largo de la vida”

Las ocho competencias clave son<sup>7</sup>:

- La comunicación en la lengua materna, que es la habilidad para expresar e interpretar conceptos, pensamientos, sentimientos, hechos y opiniones de forma oral y escrita (escuchar, hablar, leer y escribir), y para interactuar lingüísticamente de una manera adecuada y creativa en todos los posibles contextos sociales y culturales.
- La comunicación en lenguas extranjeras, que implica, además de las mismas competencias básicas de la comunicación en lengua materna, la mediación y comprensión intercultural. El grado de dominio depende de varios factores y de las capacidades de

---

<sup>6</sup><http://ec.europa.eu/education/policies/2010/doc/basicframe.pdf>

<sup>7</sup>[http://europa.eu/legislation\\_summaries/education\\_training\\_youth/lifelong\\_learning/c11090\\_es.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/education_training_youth/lifelong_learning/c11090_es.htm)

escuchar, hablar, leer y escribir.

- La competencia matemática y las competencias básicas en ciencia y tecnología. La competencia matemática es la capacidad de desarrollar y aplicar un razonamiento matemático para resolver problemas diversos de la vida cotidiana, haciendo hincapié en el razonamiento, la actividad y los conocimientos. Las competencias básicas en ciencia y tecnología remiten al dominio, la utilización y la aplicación de conocimientos y metodología empleados para explicar la naturaleza. Por ello, entrañan una comprensión de los cambios ligados a la actividad humana y la responsabilidad de cada individuo como ciudadano.
- La competencia digital, que conlleva un uso seguro y crítico de las tecnologías de la sociedad de la información (TSI) y, por tanto, el dominio de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).
- Aprender a aprender, competencia vinculada al aprendizaje, a la capacidad de emprender y organizar un aprendizaje ya sea individualmente o en grupos, según las necesidades propias del individuo, así como a ser conscientes de los métodos y determinar las oportunidades disponibles.
- Las competencias sociales y cívicas. La competencia social remite a las competencias personales, interpersonales e interculturales, así como a todas las formas de comportamiento de un individuo para participar de manera eficaz y constructiva en la vida social y profesional. Esta competencia se corresponde con el bienestar personal y colectivo. La comprensión de los códigos de conducta y de las costumbres de los distintos entornos en los que el individuo se desarrolla es fundamental. Un individuo puede asegurarse una participación cívica, activa y democrática gracias a estas competencias cívicas, especialmente a través del conocimiento de las nociones y las estructuras sociales y políticas (democracia, justicia, igualdad, ciudadanía y derechos civiles).
- El sentido de la iniciativa y el espíritu de empresa, que consiste en la habilidad de transformar las ideas en actos y que está relacionado con la creatividad, la innovación y la asunción de riesgos, así como con la habilidad para planificar y gestionar proyectos con el fin de alcanzar objetivos. Las personas son conscientes del contexto en el que se sitúa su trabajo y pueden aprovechar las ocasiones que se les presenten. El sentido de la iniciativa y el espíritu de empresa son el fundamento para la adquisición de cualificaciones y conocimientos específicos necesarios para aquellos que crean algún tipo de actividad social o comercial o que contribuyen a ella. Dicho espíritu debería comportar asimismo una concienciación sobre los valores éticos y fomentar la buena gobernanza.
- La conciencia y la expresión culturales, que suponen la conciencia de la importancia de la expresión creativa de ideas, experiencias y emociones a través de distintos medios (la música, las artes escénicas, la literatura y las artes plásticas).

Estas competencias clave son interdependientes y, para cada una de ellas, se hace hincapié en la reflexión crítica, la creatividad, la iniciativa, la resolución de problemas, la evaluación de riesgos, la toma de decisiones y la gestión constructiva de los sentimientos”.

En muchos países europeos la formación para los oficios también está normalizada por entidades gubernamentales similares al SENA. Pero la formación académica de nivel superior no está estructurada con base en competencias laborales. En su lugar, se han definido competencias genéricas y específicas para un grupo de profesiones dentro del

proyecto Tuning, según se lee en uno de los documentos que recogen sus resultados<sup>8</sup>:

*“Tuning distingue entre resultados del aprendizaje y competencias con el fin de diferenciar los distintos papeles de los actores más importantes: el cuerpo docente y los estudiantes. Los resultados del aprendizaje propios de un proceso de aprendizaje son formulados por los profesores - preferentemente implicando a representantes de los estudiantes en el proceso - basándose en las aportaciones de partes interesadas externas e internas. Las competencias las adquiere o desarrolla el estudiante a lo largo del proceso de aprendizaje. En otras palabras:*

- *Los resultados del aprendizaje son formulaciones de lo que el estudiante debe conocer, comprender o ser capaz de demostrar tras la finalización del proceso de aprendizaje. Pueden estar referidos a una sola unidad o módulo del curso o a un período de estudios, por ejemplo un programa de primer, segundo o tercer ciclo. Los resultados del aprendizaje especifican los requisitos mínimos para la concesión de un crédito.*
- *Las competencias representan una combinación dinámica de conocimientos, comprensión, habilidades y capacidades. La promoción de estas competencias es el objeto de los programas educativos. Las competencias cobran forma en varias unidades de curso y son evaluadas en diferentes etapas.”*

En cuanto a competencias: *“Tuning distingue tres tipos de competencias genéricas: a) Competencias instrumentales: capacidades cognitivas, metodológicas, tecnológicas y lingüísticas; b) Competencias interpersonales: capacidades individuales tales como habilidades sociales (interacción y cooperación sociales); c) Competencias sistémicas: capacidades y habilidades relacionadas con sistemas globales (combinación de comprensión, sensibilidad y conocimientos; para ello es preciso adquirir previamente competencias instrumentales e interpersonales).”*

De varias publicaciones sobre los resultados de Tuning, hemos extractado las siguientes consideraciones:

En la reflexión sobre los perfiles académicos y profesionales, las competencias emergen como elementos integradores capaces de seleccionar entre una amplia gama de posibilidades, los conocimientos apropiados para determinados fines.

Las tendencias son procesos complejos y a veces discontinuos cuyos efectos en los individuos sufren variaciones. Sin embargo, la tendencia de dirigirnos hacia una «sociedad del aprendizaje» ha sido aceptada ampliamente y se halla consolidada desde hace algún tiempo. Esto supone el desplazamiento de una educación centrada en la enseñanza hacia una educación centrada en el aprendizaje. Al reflexionar sobre los diferentes aspectos que caracterizan esta tendencia, se hace evidente la relevancia del enfoque de las competencias. El paradigma anterior suponía un énfasis en la adquisición y transmisión del conocimiento. Los elementos incluidos en el cambio de este paradigma son: una educación centrada en el estudiante, el cambiante papel del educador, una nueva definición de objetivos, el cambio

---

<sup>8</sup> Ver <http://tuning.unideusto.org/tuningeu/index.php>

en el enfoque de las actividades educativas, el cambio de énfasis del suministro de información (*input*) a los resultados de aprendizaje (*output*) y un cambio en la organización del aprendizaje. Más adelante comentaremos cada uno de estos elementos.

El interés en el desarrollo de las competencias en los programas educativos corresponde a un enfoque de la educación fundamentalmente centrado en el estudiante y su capacidad de aprender, que exige de éste más protagonismo y cuotas más altas de compromiso puesto que es él, el estudiante, quien debe desarrollar la capacidad de acceder a la información original, manipularla y evaluarla en una gran variedad de formas (biblioteca, profesores, Internet, etc.).

Lo expresado anteriormente se relaciona explícitamente con el cambiante papel del profesor que de ser la persona que estructuraba el proceso de aprendizaje, el protagonista principal en la enseñanza y articulación de conceptos clave, así como el supervisor y director del trabajo de los estudiantes cuyos conocimientos evaluaba, pasa a ser, en la visión centrada en el estudiante, un acompañante en el proceso de aprender, que ayuda al que estudia a alcanzar ciertas competencias. Si bien el papel del profesor continúa siendo crítico, se desplaza cada vez más hacia el de un consejero, orientador y motivador que señala la importancia y lugar de las áreas del conocimiento, la comprensión y capacidad necesarias para aplicar ese conocimiento, que relaciona éste con los perfiles que deben lograrse y las necesidades que deben satisfacerse, con los intereses personales, las lagunas de conocimiento y las capacidades individuales, la selección crítica de materiales y fuentes, la organización de situaciones de aprendizaje, etc.

El énfasis en el hecho de que el estudiante debe adquirir una competencia particular o una serie de ellas afecta también la transparencia en la definición de objetivos que se fijan para un determinado programa, puesto que añade indicadores con alta probabilidad de medición, a la vez que hace esos objetivos más dinámicos teniendo en cuenta las necesidades de la sociedad y del mercado de trabajo. Además, este desplazamiento de incorporación de conocimientos a resultados del aprendizaje se refleja en la evaluación del estudiante, que de estar centrada en el conocimiento como referencia dominante, y a veces única, pasa a incluir una evaluación basada en las competencias, capacidades y procesos estrechamente relacionadas con el trabajo y las actividades que conducen al progreso del estudiante y a su articulación con los perfiles profesionales definidos con anterioridad. Todo esto muestra una gran riqueza de estrategias de evaluación (portafolio, trabajo de tutoría, trabajo de curso, etc.) así como la consideración del aprendizaje de situaciones (*situational learning*).

La relevancia en el contexto de la Convención de Salamanca se refiere especialmente a la capacidad de acceder al empleo, lo cual tiene que reflejarse de diferentes maneras en los currículos «dependiendo de si las competencias que se adquieren son para acceder al empleo después de la primera o segunda titulación». La capacidad de acceder al empleo, en la perspectiva de la educación continua se considera fortalecida a través de enfoques diversos y de perfiles de asignaturas, la flexibilidad de programas con puntos múltiples de entrada y salida y el desarrollo de las competencias genéricas.

De hecho, la relación entre la reflexión y trabajo sobre competencias y empleo es muy antigua. Los inicios de esta relación se remontan a la búsqueda de una manera confiable de

predecir el éxito en el mundo laboral, saliéndose de las medidas de inteligencia, personalidad y conocimientos. Este énfasis sobre el desempeño en el lugar de trabajo sigue considerándose de vital importancia.

Desde la perspectiva del Proyecto Tuning, los resultados de aprendizaje van más allá del empleo para incluir también las demandas y patrones que la comunidad académica ha establecido en relación con determinadas cualificaciones. Pero el empleo sigue siendo un elemento importante; en este contexto las competencias y destrezas pueden relacionarse mejor y preparar a los graduados para la solución de problemas cruciales en el mundo laboral en una sociedad en permanente transformación. Este es uno de los temas que exige un análisis riguroso que abra paso a la revisión constante de programas y unidades.

La consideración de educación para el empleo debe ir en paralelo a la concepción de una educación para la ciudadanía responsable, que incluya la necesidad de desarrollarse como persona y ser capaz de afrontar responsabilidades sociales. Para ello, de acuerdo al informe de seguimiento del Consejo sobre la Convención de Lisboa, se debe facilitar el acceso de todos los ciudadanos a la educación.

En el Proyecto Tuning el concepto de las competencias trata de seguir un enfoque integrador, considerando las capacidades por medio de una dinámica combinación de atributos que juntos permiten un desempeño competente como parte del producto final de un proceso educativo lo cual enlaza con el trabajo realizado en educación superior. Como aparece en la primera línea de la cita sobre competencias genéricas y específicas para un grupo de profesiones dentro del proyecto Tuning que aparece más arriba, las competencias y las destrezas se entienden como conocer y comprender (conocimiento teórico de un campo académico, la capacidad de conocer y comprender), saber cómo actuar (la aplicación práctica y operativa del conocimiento a ciertas situaciones), saber cómo ser (los valores como parte integrante de la forma de percibir a los otros y vivir en un contexto social). Las competencias representan una combinación de atributos (con respecto al conocimiento y sus aplicaciones, aptitudes, destrezas y responsabilidades) que describen el nivel o grado de suficiencia con que una persona es capaz de desempeñarlos.

En este contexto, el poseer una competencia o conjunto de competencias significa que una persona, al manifestar una cierta capacidad o destreza o al desempeñar una tarea, puede demostrar que la realiza de forma tal que permita evaluar el grado de realización de la misma. Las competencias pueden ser verificadas y evaluadas, esto quiere decir que una persona corriente ni posee ni carece de una competencia en términos absolutos, pero la domina en cierto grado, de modo que las competencias pueden situarse en un continuo.

#### **4. COMPETENCIA CIENTIFICA**

Para Aristóteles existe un tipo de conocimiento, que es el verificable, a través de cualquier método de verificación que llama episteme. Existe otro tipo de conocimiento, doxa, que es realmente opinión y por tanto no verificable. Para los latinos, episteme se tradujo como scientia, del verbo *scio*, *scire*, conocer, mientras que doxa se tradujo como dogma y de alguna forma estas traducciones han pasado a los idiomas occidentales: ciencia, cientia, science, etc. Precisamente la sílaba sci está incluida en muchas palabras tales como

disciplina, discipline, es decir, en aquellos constructos que se basan en el conocimiento. El conocimiento verificable, formalizado a través del sistema educativo, constituye la base de la competencia científica.

La competencia científica parecería ser un atributo común a los seres humanos que se desarrolla con la edad, la experiencia y la escolarización. De acuerdo con Zimmerman<sup>9</sup>, quien hizo una amplia revisión de la literatura acerca del desarrollo psicoevolutivo de los niños desde el jardín infantil hasta el octavo grado, la competencia científica incluye las habilidades de pensamiento que involucran la indagación, la experimentación, la evaluación de la evidencia, la inferencia y la argumentación, que propician el cambio conceptual y la comprensión científica.

De acuerdo con Pisa 2006, la competencia científica “hace referencia a los conocimientos científicos de un individuo y al uso de ese conocimiento para identificar problemas, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basadas en pruebas sobre cuestiones relacionadas con la ciencia. Asimismo, comporta la comprensión de los rasgos característicos de la ciencia, entendida como un método del conocimiento y la investigación humanas, la percepción del modo en que la ciencia y la tecnología conforman nuestro entorno material, intelectual y cultural, y la disposición a implicarse en asuntos relacionados con la ciencia y con las ideas de la ciencia como un ciudadano reflexivo”.

Las competencias concretas que se encuentran en el núcleo mismo de esta definición de competencia científica, así como las acciones que pueden ser evaluadas son:

#### Identificación de preguntas científicas

- Reconocer aquellas preguntas que son posibles de investigar científicamente
- Identificar palabras claves para la búsqueda de información científica.
- Reconocer aspectos fundamentales de la investigación científica.

#### Explicación científica de fenómenos

- Aplicar el conocimiento de la ciencia en una determinada situación.
- Describir o interpretar fenómenos científicamente y predecir cambios.
- Identificar descripciones, explicaciones y predicciones apropiadas.

#### Uso de la evidencia científica

---

<sup>9</sup> Zimmerman, C. 2005. The Development of Scientific Reasoning Skills: What Psychologists Contribute to an Understanding of Elementary Science Learning. Final Draft of a Report to the National Research Council Committee on Science Learning Kindergarten through Eighth Grade. [http://www7.nationalacademies.org/bose/Corinne\\_Zimmerman\\_Final\\_Paper.pdf](http://www7.nationalacademies.org/bose/Corinne_Zimmerman_Final_Paper.pdf) Consultado 6 de noviembre de 2010.



- Interpretar la evidencia científica y sacar y comunicar conclusiones.
- Identificar las presunciones, evidencia y razonamiento detrás de las conclusiones.
- Reflexionar sobre las implicaciones sociales de los desarrollos científicos y tecnológicos.

Es importante recalcar el concepto de que la competencia científica es un atributo del ser humano que se desarrolla desde el nacimiento, pero que tiene diferentes niveles de desarrollo en la medida en que el individuo progresa del preescolar a la educación superior y continúa desarrollándose a lo largo de la vida, particularmente en los científicos profesionales, es decir, aquellos que han terminado su formación de postgrado. A pesar de que la competencia científica sea un atributo de todos los humanos, es necesario distinguir entre aquellas competencias científicas que todos los estudiantes deben haber adquirido al terminar la educación media, como se definió para el caso de la Comunidad Económica Europea, la que todos los estudiantes universitarios deben haber adquirido al terminar sus carreras y que se explora en las pruebas genéricas de SABER PRO y las propias de los científicos, en nuestro caso, de los estudiantes de las carreras de ciencias próximos a completarlas y que se evalúan en las pruebas SABER PRO específicas para las carreras de ciencias.

Carlos Augusto Hernández expresa esta idea con gran lucidez<sup>10</sup>: *“Cuando se habla de “competencias científicas” se hace referencia a la capacidad de establecer un cierto tipo de relación con las ciencias. La relación que los científicos de profesión tienen con las ciencias no es la misma que establecen con ellas quienes no están directamente comprometidos con la producción de los conocimientos sobre la naturaleza o la sociedad.*

*El tema de las competencias científicas podría desarrollarse en dos horizontes de análisis: el que se refiere a las competencias científicas requeridas para hacer ciencia y el que se refiere a las competencias científicas que sería deseable desarrollar en todos los ciudadanos, independientemente de la tarea social que desempeñarán. Sin duda las competencias que caracterizan a unos y a otros no son excluyentes y tienen muchos elementos comunes, pero el segundo tipo de competencias interesa especialmente a la educación básica y media porque tiene relación con la vida de todos los ciudadanos.*

*Si se piensa en la relación que los científicos establecen con la ciencia que construyen y enseñan, las competencias científicas serán las capacidades que les permiten desempeñarse productivamente en su campo y ser reconocidos por sus colegas de trabajo. Estaríamos hablando de las competencias necesarias para hacer ciencia, para resolver problemas y construir representaciones elaboradas de tipos de fenómenos o de acontecimientos en el campo de investigación en el cual se desempeña el científico. Estas competencias tendrían que inferirse del análisis de la práctica específica de producción de conocimientos, aunque algunas de ellas serían transversales a distintos campos”.*

---

<sup>10</sup> Hernández, C.H. ¿QUÉ SON LAS “COMPETENCIAS CIENTÍFICAS”, Foro Educativo Nacional. 2005. 30 pp. [http://www.cneq.unam.mx/cursos\\_diplomados/diplomados/medio\\_superior/qr\\_fisica/03\\_mat/mod01/archivos/competencias-cientificas-sesion4.pdf](http://www.cneq.unam.mx/cursos_diplomados/diplomados/medio_superior/qr_fisica/03_mat/mod01/archivos/competencias-cientificas-sesion4.pdf)

Desde que el hombre desarrolló la capacidad de pensar y de hacerse preguntas, hay algunas trascendentales que fueron abocadas primero por los así llamados filósofos, es decir, aquellas personas interesadas en llegar a diferentes estados de sabiduría, es decir, de conocimiento. La primera de ellas que fue trabajada por los filósofos de Mileto era precisamente de qué está constituido el mundo que nos rodea. Esta es la pregunta básica que se ha constituido en el objeto mismo de la investigación científica hasta nuestros días.

Hasta hace pocos años existió un paradigma de investigación científica que, dentro del marco del positivismo, buscó las condiciones experimentales para manipular una sola variable, manteniendo constantes hasta donde fuera posible, las otras variables. Esta metodología que Gibbons<sup>11</sup> ha llamado el modo uno de la ciencia, está siendo cambiado por otro modelo, la ciencia modo dos, en el que se trata de observar todas las variables que puedan causar diferentes efectos relacionados para observar, estudiar y manipular un fenómeno complejo.

La construcción del conocimiento verificable parte de la observación por parte de nuestros sentidos, con o sin ayuda de aparatos que los extienden, tales como en el caso de la visión, el telescopio y el microscopio. Nuestros sentidos perciben todo tipo de información que para que tenga sentido debe ser ordenada y jerarquizada. Este es el primer paso en la adquisición de conocimiento y constituye un tipo de investigación válido y necesario.

Un segundo nivel de construcción es la pregunta ¿por qué? de un fenómeno observado. La búsqueda de una respuesta involucra claramente la formulación de una hipótesis y su validación o falsación a través de un método experimental o de pensamiento lógico cuando lo primero es imposible. La mayor parte de la investigación en el mundo, sea en el modo uno o el modo dos de hacer ciencia, pertenece a este nivel.

Un tercer nivel es el que responde a la pregunta ¿para qué? Esta pregunta no se la hacen sólo los científicos sino que está en la mente de los políticos y los que establecen las políticas públicas. Un caso claro es la ley 1286 de 2009 de Ciencia, Tecnología e Innovación que le da un valor económico a la ciencia y la tecnología y acepta que ellas, junto con la innovación, constituyen el factor primordial del desarrollo económico. Al reconocer este nivel de conocimiento, el científico tiene que buscar una justificación social y económica a la investigación que emprenda y al conocimiento que genere. De alguna manera esta pregunta no debería tener que ver con las ciencias básicas cuya utilidad no es inmediata, pero sin las cuales no es posible el desarrollo de la ciencia misma y de la sociedad. Mientras que Estados Unidos, la Unión Europea y los gigantes asiáticos reconocen que la ciencia básica tiene utilidad en sí misma, lo mismo no se puede decir de nuestras políticas en ciencia y tecnología.

El objeto de la ciencia es obtener conocimiento verificable acerca de los fenómenos naturales del mundo en el que vivimos, tendremos que aceptar que existe una manera

---

<sup>11</sup> Gibbons, Michael; Camille Limoges, Helga Nowotny, Simon Schwartzman, Peter Scott, & Martin Trow (1994). *The new production of knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies*. London: Sage.

generalmente aceptada para hacerlo, que se puede dividir en tres grandes procesos que pueden estar concatenados o que pueden desarrollarse en forma independiente. Estos grandes procesos son a) recolección y jerarquización de información; b) formulación de hipótesis y diseño de mecanismos para validarlas y c) formulación de conclusiones válidas.

La recolección de información tiene varios aspectos que deben ser tenidos en cuenta: qué tipo de información se debe recolectar; qué herramientas, instrumentos o procesos se deben usar; cómo se debe agrupar la información; cómo se debe jerarquizar la información; qué herramientas matemáticas deben usarse para expresar la información; qué pruebas estadísticas deben usarse para validar la calidad de la información obtenida, etc.

En el caso de formulación de hipótesis y de diseño de mecanismos para validarlas es necesario tener clara una pregunta de investigación; debe saberse formular una hipótesis que explique o resuelva la pregunta de investigación; debe formularse un objetivo general claro y una serie de objetivos específicos a resolver; debe formularse claramente la metodología para validar cada uno de los objetivos específicos propuestos; debe haber claridad acerca de los procesos experimentales y los instrumentos a utilizar; debe haber claridad acerca del tamaño de la muestra para que los resultados tengan validez estadística; debe haber claridad sobre los métodos estadísticos que aseguren la validez de los resultados; debe haber claridad acerca de los métodos matemáticos para expresar los resultados, etc.

Finalmente, en cuanto a formulación de conclusiones es necesario que se demuestre la congruencia entre la información recolectada, los métodos para obtenerla y los objetivos planteados; debe demostrarse la capacidad de acceder y comprender la literatura científica particularmente en relación con la pregunta o preguntas de investigación; debe haber claridad de la manera como se contrastan los resultados obtenidos personalmente y lo generalmente aceptado por la comunidad científica; debe existir la capacidad de aplicar las conclusiones obtenidas a situaciones nuevas relacionadas, etc.

En resumen, se propone que competencia científica es aquella que ha logrado un individuo a un determinado nivel de su experiencia escolar (primaria, secundaria, pregrado, posgrado) y que le hace capaz de observar los fenómenos naturales o situaciones problemáticas; organizar, jerarquizar y ponderar las observaciones; hacerse preguntas acerca de la naturaleza de un fenómeno en particular (el qué), de la manera como se desarrolla (el cómo) y las condiciones temporales y circunstanciales en las que sucede (el cuándo y el dónde).

En el caso específico de los egresados de las carreras de ciencias, deben, adicionalmente, haber adquirido las competencias generales para hacer ciencia, es decir, adquirir información en forma sistemática, (Indagación), proponer modelos que expliquen el fenómeno y que puedan ser sujetos a experimentación o demostración para comprobar su validez (Modelación) y comunicar racionalmente sus hallazgos, derivar conclusiones y debatir efectivamente con sus pares (Comunicación Científica).

## **5. POBLACIÓN OBJETIVO:**

De acuerdo con la reglamentación de las pruebas SABER PRO, la población objetivo de esta prueba son los estudiantes de las carreras de Biología, Física, Geología, Matemáticas y Química, que han cursado y aprobado al menos el 75% de los créditos de su plan de estudios. Proponemos incluir en la población objetivo a los estudiantes de Astronomía, Ecología, Estadística, Microbiología.

## **6. COMPETENCIAS A EVALUAR:**

La competencia científica tal como se ha definido se puede desglosar o analizar en varias competencias específicas. Para efectos de su evaluación proponemos las siguientes competencias específicas:

### **A. INDAGACIÓN**

Capacidad para reconocer los atributos que identifican el conocimiento científico. Capacidad para observar, reconocer y clasificar características en los fenómenos, sean estos naturales o entes abstractos; para abstraer; para plantearse preguntas acerca de la naturaleza de estos (el qué), de la manera lógica como se desarrolla (el cómo) y las condiciones de tiempo y espacio en las que suceden (el cuándo y el dónde); para proponer hipótesis referentes a posibles generalizaciones relacionadas con las características percibidas y a posibles respuestas a las preguntas a través de una metodología científica

### **B. MODELACIÓN**

Capacidad para proponer y validar representaciones adecuadas de situaciones o fenómenos para explicarlos, generar predicciones y contrastarlas a través de herramientas matemáticas, estadísticas y tecnológicas.

### **C. COMUNICACIÓN CIENTÍFICA**

Capacidad para comunicar sus hallazgos y conclusiones, y argumentar a través de informes o textos de carácter científico.

## **7. COMPONENTES A EVALUAR**

Para efectos de la evaluación, para cada una de las competencias específicas se han definido los siguientes componentes:

## **A. INDAGACIÓN**

### **A.1 COMPRENSIÓN DE LOS RASGOS CARACTERÍSTICOS DE LA CIENCIA**

Capacidad de reconocer los atributos que identifican el conocimiento científico.

### **A.2 PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO CIENTÍFICO**

Capacidad de plantear y resolver problemas abordables mediante metodologías científicas.

## **B. MODELACION**

### **B.1 USO DE PROCEDIMIENTOS, HERRAMIENTAS MATEMATICAS O TECNOLOGICAS**

Capacidad de identificar y utilizar conocimientos básicos en matemáticas, procedimientos, herramientas y modelos propios del quehacer científico para la resolución de problemas contextualizados.

### **B.2 APLICACIÓN Y CONSTRUCCION DE MODELOS**

Capacidad de proponer, utilizar y validar representaciones conceptuales y/o matemáticas de situaciones o fenómenos acordes a un propósito científico.

## **C. COMUNICACIÓN CIENTÍFICA**

### **C.1 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y ELABORACION DE CONCLUSIONES**

Capacidad para analizar los resultados de la indagación y modelación, evaluar esos resultados a la luz del conocimiento, plantear posibles explicaciones y derivar conclusiones.

### **C.2 ESTRUCTURACIÓN DE TEXTOS CIENTÍFICOS**

Capacidad de presentar los resultados de su trabajo con las especificaciones aceptadas por la comunidad científica.

A su vez, para cada uno de estos componentes se han establecido unas afirmaciones que se deben evaluar a través de evidencias y tareas. Estas últimas han sido elaboradas por miembros de la comunidad científica y serán utilizadas como guía para la construcción de las preguntas específicas de la prueba.

Estas relaciones aparecen en la tabla siguiente hasta el nivel de afirmación:

INDAGACIÓN	MODELACIÓN	COMUNICACIÓN CIENTÍFICA
<p><b>Comprensión de los rasgos característicos de la Ciencia</b></p> <p>Conoce los atributos que identifican el conocimiento científico, es decir, que es lógico, verificable, reproducible, sistemático, universal, comunicable, y dinámico.</p>	<p><b>Uso de procedimientos, herramientas matemáticas o tecnológicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Usa herramientas matemáticas para el análisis y la resolución de problemas contextualizados en dominios disciplinares.</li> <li>▪ Usa correctamente herramientas tecnológicas o técnicas apropiadas.</li> <li>▪ Reconoce procedimientos aceptados por la comunidad científica y los aplica en los contextos adecuados.</li> </ul>	<p><b>Interpretación de resultados y elaboración de conclusiones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interpreta los resultados de un trabajo científico, reconoce relaciones entre esos resultados y obtiene conclusiones a partir de ellos.</li> <li>▪ Usa la literatura científica y los resultados para sustentar las conclusiones de una investigación.</li> <li>▪ Elabora explicaciones y argumentos válidos en el lenguaje científico</li> <li>▪ Analiza resultados de investigaciones utilizando comprensivamente herramientas conceptuales o tecnológicas.</li> </ul>
<p><b>Planificación del trabajo científico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realiza observaciones y las emplea en la formulación de preguntas y problemas de investigación a partir de contextos específicos.</li> <li>• Reconoce hipótesis coherentes con las preguntas de investigación planteadas.</li> <li>• Plantea diseños metodológicos apropiados de acuerdo con los objetivos de investigación.</li> <li>• Plantea diseños metodológicos apropiados de acuerdo con los objetivos de investigación.</li> </ul>	<p><b>Aplicación y construcción de modelos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reconoce las características de los modelos en las diferentes disciplinas de las ciencias exactas y naturales</li> <li>▪ Identifica modelos para estudiar un problema específico de investigación.</li> <li>▪ Utiliza modelos en diferentes contextos.</li> <li>▪ Reconoce herramientas para evaluar modelos.</li> </ul>	<p><b>Estructuración de textos científicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Comunica los resultados usando el lenguaje propio de la ciencia.</li> <li>▪ Estructura en forma coherente las diferentes partes que componen un informe científico.</li> </ul>