



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOSÓFICAS**

**LA ADQUISICIÓN DE CULTURA CIENTÍFICA (BIOLÓGICA) EN  
ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
DOCTOR EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA**

**Línea Comunicación de la Ciencia**

**PRESENTA**

**M. EN C. LUZ DEL CARMEN COLMENERO ROLÓN**

**DIRECTORA: DRA. MARÍA DEL CARMEN SÁNCHEZ MORA**



Facultad de Filosofía  
y Letras

**MÉXICO, D. F.**

**2011**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
INTRODUCCIÓN	1
<b>CAPÍTULO 1.</b>	
<b>CONCEPTO DE CIENCIA, CULTURA Y CULTURA CIENTÍFICA</b>	<b>12</b>
1.1. Ciencia y Cultura	12
1. 2 Concepto de Cultura Científica y Alfabetización Científica	16
1.3 Educación Científica y Cultura Científica	20
1.4 Adquisición de Cultura Científica a través de la Educación Formal, No Formal e Informal	22
1.4.1 La Cultura Científica Promovida por la Educación Formal	23
1.4.2 La Cultura Científica Promovida por la Educación no Formal e Informal	25
<b>CAPÍTULO 2.</b>	
<b>CONCEPTUALIZACIÓN DE INDICADORES Y COMPETENCIAS CIENTÍFICAS</b>	<b>27</b>
2. 1 Tipificación de Indicadores	27
2.2. Tipificación de conocimientos y competencias científicas	30
2.2.1 Papel de las Ideas previas	30
2.2.2 La resolución de Problemas	32
2.2.3 Pensamiento crítico	34
2.3 Conceptualización y evaluación de competencias científicas	36
<b>CAPÍTULO 3.</b>	
<b>MARCO TEÓRICO DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA</b>	<b>38</b>
3.1 Presentación	38
3.2 Disciplinas biológicas consideradas	40
3.3 Características de las competencias científicas	41
<b>CAPÍTULO 4.</b>	
<b>CONSTRUCCIÓN Y APLICACIÓN DEL INSTRUMENTO METODOLÓGICO</b>	<b>46</b>
Metodología General del Trabajo	46
4.1 Características del Plan y Programas de Estudio de la ENP y del CCH	48
4.1.1 Planes de Estudios de la ENP y del CCH	48
4.1.2 Programas de Estudio del CCH y de la ENP	48
4.1.3 Propósitos y metas de ambos modelos educativos	49
4.2 Elaboración del Instrumento Metodológico	50
4.2.1 Pruebas piloto diseñadas	50
4.2.2 Pruebas piloto de manejo de conceptos y su aplicación para la resolución de preguntas	51

4.2.3 Prueba Aplicada en la Facultad de Ciencias y la Facultad de Ingeniería de la UNAM	53
<b>CAPÍTULO 5.</b>	
<b>ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LA PRUEBA</b>	<b>57</b>
5.1 Características de las Poblaciones de Estudio	57
5.1.1 Población de la Facultad de Ciencias, UNAM	57
5.1.1 Población de la Facultad de Ingeniería, UNAM	57
5.2 Análisis Comparativo entre las dos Poblaciones de Estudiantes	58
5.2.1 Resultados y Análisis de la Prueba con Base en las Competencias	62
5.2.2 Comparación entre los sistemas de bachillerato de la UNAM	66
<b>CAPÍTULO 6.</b>	
<b>DISCUSIÓN GENERAL</b>	<b>67</b>
6.1 Diseño y construcción de la prueba	67
6.2 Aplicación de la prueba	70
6.3 Factores que definen y evalúan la cultura científica	73
6.3.1 El papel de la educación	73
6.3.2 La cultura científica como un factor de desarrollo y avance educativo	75
<b>CAPÍTULO 7.</b>	
<b>CONCLUSIONES Y APORTACIONES DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>79</b>
7.1 Relativo a la prueba desarrollada	80
7.2 Relativo a los resultados de las pruebas aplicadas	81
7.3 Relativo al papel de la educación formal y no formal	82
7.4 Relativo a la cultura científica como un factor de desarrollo y avance educativo	83
<b>COMENTARIO FINAL</b>	<b>86</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA</b>	<b>88</b>
<b>APÉNDICES</b>	
<b>APÉNDICE I. PRUEBAS PILOTO</b>	
<b>APÉNDICE 2. PLANES Y PROGRAMAS DE ESTUDIO</b>	
<b>APÉNDICE 3. PRUEBA APLICADA</b>	
<b>APÉNDICE 4. GRÁFICAS</b>	
<b>APÉNDICE 5. PRUEBAS DE HIPÓTESIS</b>	

## AGRADECIMIENTOS

Realizar una tesis doctoral no es un trabajo fácil porque está implícito la búsqueda y organización de mucha información e implica la ayuda de muchas personas. Me resulta difícil mencionar a cada una de ellas; pero a aquellas que me apoyaron en forma indirecta, les agradezco su intervención y paciencia.

A las personas que me apoyaron directamente quiero dejar constancia:

A mi tutora Dra. María del Carmen Sánchez Mora por haber confiado en mí y darme su tiempo.

A mi Comité Tutoral, Dra. Laura Luz Suárez y López Guazo, Dra. Luisa Fernanda Rico Mansard, Dra. Rosaura Ruíz Gutiérrez y Dra. Alicia Castillo Alvarez por sus enriquecedoras sugerencias.

A Ernesto por su infinita paciencia, por motivarme a seguir adelante y por ser como es.

A mis hijos, Carolina y David, y a mi pequeño nieto por tenerlos cerca.

A todos mis seres queridos y amigos que me dieron su compañía y aliento para seguir adelante, les debo que este trabajo haya llegado a su fin y que pueda plasmar mi sincero agradecimiento.

## RESUMEN

La cultura científica nos da una visión de la ciencia que recupera sus aspectos valiosos sin cegarse a los dilemas con que se enfrenta, como serían los riesgos de algunas aplicaciones tecnológicas. De esta reflexión surgieron las preguntas rectoras de esta investigación: ¿han adquirido los estudiantes de educación media superior una cultura científica (biológica)?, ¿por qué es importante adquirir una cultura científica?, ¿cómo valorar la cultura científica adquirida?

La presente investigación hace una amplia descripción de la importancia de adquirir cultura científica y de los indicadores que se han utilizado para su valoración en la educación formal. Así mismo propone un instrumento metodológico para determinar si los estudiantes de educación media superior han adquirido cultura científica biológica que les permita comprender, evaluar e interpretar procesos y hechos científicos que conforman su realidad y la visión de la sociedad a la que pertenecen.

Se hizo un análisis amplio sobre la importancia de adquirir una cultura científica y las posibles formas de valorarla con el fin de desarrollar la propuesta metodológica que se aplicó a estudiantes que ingresaron al primer semestre de la carrera de biología en la Facultad de Ciencias y en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Se describieron las competencias científicas que constituyeron los indicadores de cultura científica para el campo de la biología, específicamente de las disciplinas biológicas de evolución, genética y ecología. Este marco metodológico consideró el contexto educativo y el social, porque proporcionan tanto los conocimientos y el desarrollo de capacidades cognitivas, como la percepción y valoración de la ciencia y la cultura por parte de la sociedad.

Se plantea como hipótesis de investigación que la cultura científica biológica se adquiere fundamentalmente en la escuela, la cual se complementa con los conocimientos y habilidades adquiridas a través de la educación no formal e informal, que incluye los medios de comunicación y las experiencias de la vida cotidiana, respectivamente.

La metodología propuesta resalta cómo la educación media superior le ha dado mayor importancia al conocimiento declarativo o conceptual (biológico) que al procedimental que incluye el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico, interpretativo, analítico y crítico, ya que se obtuvo un menor dominio de estas habilidades por los estudiantes en general, con relación al conceptual. Los resultados confirman que tanto los estudiantes evaluados pertenecientes a la Facultad de Ciencias y a la Facultad de Ingeniería, lograron adquirir cultura científica biológica, en términos de desarrollo de competencias científicas, pero con un nivel mayor los de la Facultad de Ciencias. Se explican estas diferencias porque es significativamente mayor la información científica biológica obtenida, a través del bachillerato, por los estudiantes de la Facultad de Ciencias, además estar involucrado los intereses particulares al elegir una carrera.

Los resultados obtenidos validan la hipótesis planteada respecto a que la educación escolarizada tiene un papel primordial para el logro de competencias científicas y, por lo tanto, en la adquisición de cultura científica. Así mismo se comprueba que hay una relación directa entre el conocimiento declarativo y el procedimental, ya que a mayor comprensión de conocimientos conceptuales, mayor habilidad para aplicar estos conocimientos y mayor capacidad para resolver planteamientos o problemas de índole científico.

Se considera que el campo de investigación sobre la forma de valorar la cultura científica debe seguirse explorando, así como lo referente a si la cultura científica adquirida, mediante la educación formal, permite el desarrollo de competencias científicas y actitudes para lograr que el estudiante sea propositivo y actúe de manera crítica ante una situación, sea capaz de involucrarse en las alternativas que se propongan sobre un tema científico, y tomar decisiones viables y fundamentadas.

También se recomienda explorar otras alternativas de valorar la cultura científica que incluyan el aspecto actitudinal que no se consideró en la propuesta metodológica, ya que las pruebas que se han desarrollado presentan siempre un viso de subjetividad que no es medible. Sin embargo, es importante trabajar más sobre este aspecto que está implícito en el concepto de cultura científica planteado y que se manifiesta en la forma de proceder ante el conocimiento y la investigación científica.

## INTRODUCCIÓN

A partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en 1992 y conocida como Primera Cumbre de la Tierra, se hace un reclamo a los educadores para que la sociedad en su conjunto (incluidos los jóvenes) adquieran una correcta percepción de cuál es la situación mundial en términos ambientales y su participación en la toma de decisiones fundamentadas, como lo resaltan Edwards *et al* (2001) y Gil *et al* (2003), lo que corresponde al desarrollo de una alfabetización científica. Como señalan Hicks y Holden (1995: 186) "si los estudiantes han de llegar a ser ciudadanos y ciudadanas responsables, es preciso que se les proporcione ocasiones para analizar los problemas globales que caracterizan esa situación de emergencia planetaria y considerar las posibles soluciones", capacidades que se relacionan con el desarrollo de una cultura científica.

Así mismo se reconoce cómo la alfabetización científica se convirtió en una exigencia urgente y en un factor esencial del desarrollo de las personas. Así se afirma, por ejemplo, en los estándares nacionales de ciencia y educación, auspiciados por el Consejo Nacional de Investigaciones de los Estados Unidos (1996), que "en un mundo repleto de productos de la indagación científica la alfabetización científica se ha convertido en una necesidad para todos: todos requerimos utilizar la información científica para abordar opciones que se plantean cada día; necesitamos ser capaces de implicarnos en discusiones públicas acerca de asuntos importantes que se relacionan con la ciencia y la tecnología; y también merecemos compartir la emoción y la realización personal que puede producir la comprensión del mundo natural" (citado en Fourez, *et al*, 1997:34).

A finales de la década de los noventa se reitera su importancia en la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI: Un nuevo compromiso, auspiciada por la UNESCO y el Consejo Internacional para la Ciencia, donde se declara que "para que un país esté en condiciones de atender a las necesidades fundamentales de su población, la enseñanza de las ciencias y la tecnología es un imperativo estratégico (...). Hoy más que nunca es necesario fomentar y difundir la alfabetización científica en todos los sectores de la sociedad, (...) a fin de mejorar la participación de los ciudadanos en la adopción de decisiones relativas a la aplicaciones de los nuevos conocimientos" (UNESCO-ICSU, 1999a). También se plantea que el fortalecimiento del papel de la ciencia en pro de un mundo más equitativo, próspero y sostenible requiere un compromiso a largo plazo de todas las partes interesadas, sean del sector público o privado y por ello es importante que:

a) En el siglo XXI la ciencia debe convertirse en un bien compartido solidariamente en beneficio de todos los pueblos, porque la ciencia constituye un poderoso instrumento para comprender los fenómenos naturales y sociales, y desempeñará probablemente un papel aún más importante en el futuro

a medida que se conozca mejor la complejidad creciente de las relaciones que existen entre la sociedad y el medio natural,

b) Hay una necesidad cada vez mayor de conocimientos científicos para la toma de decisiones, teniendo presente en particular la influencia que la ciencia ha de ejercer en la formulación de políticas y reglamentaciones,

c) El acceso al saber científico, desde una edad muy temprana, forma parte del derecho a la educación que tienen todos los hombres y mujeres, y la enseñanza de la ciencia es fundamental para la plena realización del ser humano, para crear una capacidad científica endógena y para contar con ciudadanos activos e informados,

d) La revolución de la información y la comunicación ofrece medios nuevos y más eficaces para intercambiar los conocimientos científicos y hacer progresar la educación y la investigación,

e) Es importante para la investigación y la enseñanza científica el acceso libre y completo a la información y los datos de dominio público,

f) La labor científica y el uso del saber científico deben respetar y preservar todas las formas de vida y los sistemas de sustentación de la vida de nuestro planeta.

Un logro importante de los expertos reunidos en dicha Conferencia Internacional, fue que consideraron necesario fomentar y difundir conocimientos científicos básicos en todos los sectores y niveles educativos de la sociedad, a fin de mejorar la participación de los ciudadanos en la toma de decisiones relativas a la aplicación de los nuevos conocimientos. Y advierten en la importancia que tienen las escuelas de educación media superior y universidades en la promoción y la modernización de la enseñanza de la ciencia y su coordinación en todos los niveles del ciclo educativo.

Por su parte, el Grupo de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CSIC) de la Universidad de Oviedo, España, cuenta con un Observatorio de Cultura Científica donde diversos investigadores discuten temas y reflexionan sobre el papel de la cultura científica (Muñoz, 2002). Con este mismo enfoque el Proyecto Iberoamericano de “Indicadores de Percepción Pública, Cultura Científica y Participación Ciudadana” de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) y la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT) en el 2003 sugirieron la necesidad de fomentar la cultura científica con base en cuatro argumentos básicos:

a) El *argumento pragmático* señala que las personas necesitan una comprensión de la ciencia para manejarse en su vida cotidiana, en una sociedad cada vez más dependiente del desarrollo científico.

b) El *argumento democrático* considera que las personas necesitan una comprensión de la ciencia para relacionarse con los temas complejos de la investigación científica que confrontan a los ciudadanos de las democracias modernas.

c) El *argumento cultural* se basa en que la ciencia forma parte de la herencia cultural y tiene influencia profunda sobre la visión del mundo y del lugar de la humanidad en él; a su vez, que la ciencia



es necesaria para comprender la cultura, y que el conocimiento de los objetos y fenómenos del mundo que nos rodea es un recurso para el regocijo y la plenitud de los individuos.

d) *El argumento económico* parte de que es necesario contar con una fuerza de trabajo con suficiente cultura científica para una sólida y floreciente economía en la mayoría de los países.

Hacia principios del presente siglo, el Comité Científico de la Comunidad Autónoma de Andalucía, España elaboró un documento titulado “Educación y Cultura Científica” que enfatiza el carácter cultural de la ciencia, el hecho de que se trate de una construcción social y su importancia en la vida cotidiana. Este documento deja claro que la ciencia en la actualidad impregna casi todas nuestras acciones, nuestros hábitos y tareas; determina conversaciones, acontecimientos y es argumento de desarrollo y de bienestar. Además se concibe a la alfabetización científica como un proceso mediante el cual recibimos, a través de la educación, conocimientos científicos y actitudes que nos permiten interpretar la realidad y dotarnos de argumentos válidos para exponer puntos de vista y participar en la toma de decisiones (Comité Científico, 2005).

Por su parte la Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe (OREAL) de la UNESCO elaboró en el 2005 el texto denominado *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?*, donde se hace una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años. Este documento contribuye a las iniciativas de la Década de la Educación para el Desarrollo Sustentable declarado por Naciones Unidas (2005-2014) y describe el importante papel que tiene la educación escolarizada en el proceso de integrar a los jóvenes en una cultura científica que permita la adquisición de conocimientos, habilidades y actitudes que logren tener una posición responsable en la sociedad que forman parte (OREAL-UNESCO, 2005).

En la actualidad se considera que la cultura científica, que comprende la integración del conocimiento científico a la cultura, depende de que los diversos actores que ocupan posiciones diversas no solo sean “letrados” o expertos en ciencia sino que usen, apliquen el espíritu científico y perciban su integración al colectivo que hace y transforma la ciencia. Esto significa, como bien lo dice López Beltrán (2005), que tanto los maestros, los ingenieros que calibran los aparatos, los técnicos que venden o compran insumos para la investigación, los editores que ponen en orden los esquemas de los artículos, los consumidores de las promesas de investigación, y muchos otros, conforman el sistema en que la ciencia se hace de manera colectiva. Además, como lo señala Bonfil (2005), la cultura científica nos da una visión de la ciencia que recupera sus aspectos valiosos sin cegarse a los dilemas con que se enfrenta, como serían los riesgos de algunas aplicaciones o su posible mal uso.

De esta reflexión de manera inmediata surge la pregunta *¿por qué es importante que cualquier ciudadano conozca la ciencia, la tenga a su alcance y posea una cultura científica?* Muchas son las justificaciones que se han planteado al respecto, Bonfil (2005) menciona algunas de ellas en su libro *la ciencia por gusto*: “Hay quienes dicen que sin un manejo de los conceptos básicos de la ciencia y la

capacidad para ejercer un pensamiento científico o sea racional, una persona no puede considerarse educada. También algunos piensan que sólo con una población científicamente ilustrada podrán países como los latinoamericanos dejar el subdesarrollo. Otros afirman que la ciencia puede ser peligrosa por lo que no puede dejarse en manos de los científicos, y que para poder responsabilizarnos de ella, todos los ciudadanos tenemos que comprender qué es la ciencia, al menos a nivel general” (2005:100).

La presente investigación analiza si se adquiere una cultura científica en el ámbito educativo y repercute en el ámbito social, y si se percibe como una necesidad de la sociedad contemporánea para comprender, evaluar e interpretar procesos y hechos científicos que conforman nuestra realidad y el mundo en el que vivimos; para ello toma en cuenta los siguientes postulados:

1. La ciencia supone una indudable contribución a la formación del espíritu crítico, necesario para la toma de decisiones fundamentadas en torno a problemas de actualidad y con serias implicaciones éticas (Gil y Vilches, 2004).
2. Es importante generar una educación científica para satisfacer una necesidad humana de ampliar la visión del universo, al ayudar a comprender fenómenos que durante milenios asombraron a los seres humanos, como es el caso de la lluvia de estrellas. Se hace énfasis en la capacidad de la ciencia, como "fuente de placer" que permite disfrutar de eventos de la naturaleza y conocer por qué se generan, lo que remarcaría el enfoque más conveniente de una educación científica para todos (Fensham, 2002b).
3. El aprendizaje de las ciencias en la educación media y media superior se concibe, hoy en día, como un proceso de investigación orientada, que permite a los alumnos participar de manera colectiva en la aventura de enfrentar problemas relevantes y construir los conocimientos científicos. Con ello se pretende favorecer a una cierta inmersión en la cultura científica, fundamental para los jóvenes críticos que habrán de participar en la toma de decisiones (Solbes y Vilches, 2001).
4. La didáctica de las ciencias debe estar dirigida, esencialmente, a promover en los estudiantes un trabajo de investigación y de innovación de situaciones problemáticas relevantes para la construcción de conocimientos científicos, susceptibles de satisfacer determinadas necesidades de la sociedad y la participación en la toma de decisiones. Este proceso de enseñanza-aprendizaje debe contemplarse como una actividad abierta y creativa, debidamente orientada por el profesor e inspirada en el trabajo de científicos (Gil *et al.*, 1999).

Esta investigación considera que las posiciones o enfoques acerca de la ciencia, mencionadas con anterioridad, son de tomarse en cuenta para justificar la importancia de adquirir una cultura científica, pero además enfatiza en la necesidad de combatir el desconocimiento y la ignorancia acerca de procesos y principios de la ciencia misma, para tener un papel significativo como individuo inmerso en una sociedad que hace uso de la ciencia de manera cotidiana. Y plantea que la cultura científica proviene, en buena parte, del paso que tienen los estudiantes por la escuela obligatoria reglamentada, por lo que

surge la pregunta ¿qué características tiene la cultura científica adquirida a través de la educación formal (sin dejar a un lado la intervención de la educación no formal e informal) por la población estudiantil conformada por jóvenes de educación media superior y qué papel desempeña en su entorno social?

Por ello el estudio aquí presentado hace un análisis amplio y detallado para determinar si los estudiantes de educación media superior, o sea de bachillerato, adquieren una cultura científica a través de la educación formal, fundamentalmente lo relativo al ámbito de las ciencias biológicas; sin embargo no ignora la cultura científica que se adquiere fuera de la escuela, a través de la educación no formal e informal. De manera que la investigación se enfocó a responder fundamentalmente las siguientes preguntas: ¿han adquirido los estudiantes de educación media superior una cultura científica (biológica)?, ¿por qué es importante adquirir una cultura científica?, ¿cómo medir la cultura científica adquirida? Para lograr responder estas preguntas se desarrollaron los siguientes objetivos:

1. Descripción de la importancia de adquirir una cultura científica.
2. Identificación y conceptualización de los indicadores que permiten valorar la cultura científica adquirida por medios educativos formales, a partir del concepto de cultura científica utilizado como base en el trabajo de investigación.
3. Diseño de una propuesta metodológico para determinar la cultura científica biológica adquirida en estudiantes de educación media superior.
4. Valoración del papel de la educación formal en la adquisición de cultura científica (biológica).
5. Aportación de información respecto a la importancia de la cultura científica desde el punto de vista educativo y social.

La presente investigación considera el enfoque educativo, porque proporciona los conocimientos que deben adquirir los estudiantes, a través de métodos de enseñanza-aprendizaje, para lograr desarrollar sus capacidades cognitivas y habilidades que les permite analizar e interpretar el mundo natural que los rodea; el enfoque social, porque se relaciona con la comprensión, evaluación y posibilidades de aprovechamiento de la ciencia y la cultura por parte de la sociedad, en términos de la sociedad del conocimiento, como lo señala Olivé (2007).

Bajo este marco de referencia se plantea como hipótesis que la cultura científica biológica se adquiere fundamentalmente en la escuela, la cual se complementa con los conocimientos y habilidades adquiridas a través de la educación no formal e informal, que incluye los medios de comunicación y las experiencias de la vida cotidiana, respectivamente, ya que no se puede negar que los jóvenes están "inmersos" en un ámbito social y cultural que los posibilita a adquirir cierta "cultura científica" a través de medios extraescolares. Pero se considera que es a través del trabajo escolar, o sea mediante la educación formal, donde se aclara, organiza, sistematiza o, en su caso, "se desecha" la información

adquirida a través de otros medios educativos, para lograr "hacer conciencia" y aplicar adecuadamente los conocimientos adquiridos en el ámbito científico-biológico.

Se justifica la importancia de realizar una investigación enfocada a valorar la cultura científica porque se considera un factor esencial para el desarrollo de las personas, como bien lo señalan Solbes y Vilches (2001) y porque en la sociedad moderna actual "necesitamos utilizar la información científica para realizar opciones que se plantean cada día" (Fourez *et al*, 1997). También se toma como argumento lo establecido en la Declaración de Budapest sobre la Ciencia y el uso del saber científico (UNESCO-ICSU, 1999b), que enfatiza la necesidad de fomentar y difundir la cultura científica en las diversas culturas y sectores de la sociedad, a fin de mejorar la participación de los ciudadanos en la adopción de decisiones relativas a las aplicaciones de los nuevos conocimientos.

Otro argumento decisivo a favor de adquirir una cultura científica, es el hecho de que cada vez más estamos viviendo lo que Bybee (1991) señala como "emergencia planetaria", que lleva a involucrarnos en los acontecimientos que ocurren a nivel mundial e incluso tomar una posición. Es decir, la cultura científica no sólo no constituye un "mito irrealizable" como dice Shamos (1995), sino que se impone como una dimensión esencial de la cultura que debe tener el ciudadano, aun cuando existe el prejuicio de que "la mayoría de la población es incapaz de acceder a los conocimientos científicos, que exigen un alto nivel cognitivo", lo que implica, obviamente, reservarlos a una pequeña élite. Hoy en día ya no puede concebirse la resistencia histórica de los privilegiados a la extensión de la cultura y a la generalización de la educación, como, lo declaran enfáticamente Gil y Vilches (2001).

Así mismo esta investigación hace énfasis de la importancia de adquirir una cultura científica mediante la educación escolarizada, porque hace accesible a la ciencia y permite que los futuros profesionistas, sean o no científicos, no tengan una imagen deformada de la ciencia como lo plantean los movimientos anti-ciencia que aún existen, señalados de manera puntual por Gil y Vilches (2004) sino, por el contrario, se haga hincapié en la percepción de la ciencia que genera beneficios a la sociedad, sin dejar de señalar las implicaciones del mal uso de la investigación científica y de los problemas que se pueden generar de ello. Se les enseñe que la ciencia constituye un poderoso instrumento para comprender los fenómenos naturales y sociales, y que desempeña un papel muy importante a medida que se conoce mejor la complejidad creciente de las relaciones que existen entre la sociedad y el medio natural.

También este estudio justifica la enseñanza de la ciencia porque se considera fundamental para la realización del ser humano y para contar con ciudadanos activos e informados, como lo resaltan Acevedo y colaboradores (2005). Estos aspectos claramente se han mencionado por diversos autores, del ámbito educativo y de la divulgación científica, quienes consideran necesario fomentar la comprensión y comunicación de los conocimientos científicos en todos los sectores de la sociedad, fundamentalmente en el ámbito educativo, a fin de mejorar la participación activa en la toma de

decisiones relativas a la aplicación de los conocimientos científicos (Pérez-Tamayo, 1989; Bybee, 1997; Edwards *et al*, 2001; Gil-Pérez *et al*, 2003).

En la primera parte del estudio se hace la discusión referente a la metodología desarrollada; la segunda parte lo relativo a los resultados obtenidos de la aplicación de dicha metodología y, en la última parte lo que corresponde al papel de la educación formal en la adquisición de la cultura científica, al de la educación científica como herramienta necesaria para adquirirla y las repercusiones de la cultura científica en el ámbito educativo y social.

La investigación se concibe como un estudio exploratorio en la fase inicial y explicativo en la fase terminal, según la clasificación de Hernández-Sampieri y colaboradores (2003), ya que en la primera etapa de la investigación se hace una descripción de la población estudiantil estudiada en términos exploratorios para posteriormente explicar mediante un análisis estadístico los resultados obtenidos al aplicar el instrumento metodológico.

La población de estudio seleccionada para la primera fase exploratoria comprendió a los estudiantes que egresaron del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM, Plantel Sur en el ciclo 2009-1. Se seleccionó este bachillerato porque cuenta con una población importante de estudiantes de educación media superior, cuya educación formal en el área de las ciencias biológicas ha sido significativa, ya que el plan de estudios establece dos cursos obligatorios de biología; Biología I y Biología II, y dos cursos optativos de biología; Biología III y Biología IV. Para la fase terminal del estudio, de tipo explicativo y analítico, se eligió una muestra de la población de estudiantes de primer ingreso de la carrera de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM del ciclo escolar 2009-2, y de estudiantes de primer ingreso de la Facultad de Ingeniería de la UNAM del ciclo escolar 2011-1, con el fin de comparar los resultados obtenidos con los de la Facultad de Ciencias.

Esta comparación se hizo con la finalidad de obtener datos respecto a los niveles de cultura científica adquirida por estudiantes que ingresaron a carreras de distintas áreas de conocimiento: el área de ciencias químico-biológicas (estudiantes de la Facultad de Ciencias- carrera de Biología) y el área físico-matemáticas (estudiantes de la Facultad de Ingeniería). Así mismo como en ambas Facultades la mayor parte de los estudiantes provienen de los bachilleratos de la UNAM, ya sea del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) o de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) se hicieron comparaciones entre los resultados obtenidos respecto al nivel de cultura científica adquirida por los estudiantes de ambos sistemas educativos.

El marco teórico desarrollado en el estudio logró justificar la necesidad de valorar si los jóvenes estudiantes de educación media superior han adquirido una cultura científica (biológica), considerando su aprendizaje para resolver problemas concretos y lograr identificar o atender algunas de las necesidades de la sociedad a la que pertenecen, utilizando sus conocimientos científicos y el desarrollo de

capacidades científicas. Para ello se requirió desarrollar una propuesta metodológica que fuera capaz de medir el nivel de cultura científica adquirida mediante la educación formal recibida en el bachillerato (que es una etapa formativa por antonomasia), sin dejar de tomar en cuenta que los jóvenes estudiantes obtienen un bagaje de información del ámbito científico por otros medios extraescolares.

La propuesta metodológica se diseñó de manera que permitiera valorar los conocimientos conceptuales biológicos adquiridos por los estudiantes, cómo los aplican y utilizan para la resolución de problemas, y su capacidad para evaluar e interpretar la información científica generada, de manera que tomó en cuenta básicamente el conocimiento declarativo y el procedimental relativo al campo de la Biología. Para ello se elaboraron dos competencias científicas que corresponden a los indicadores de cultura científica: la competencia relativa a la comprensión y manejo de conocimientos conceptuales de evolución, genética y ecología, y la competencia enfocada a las capacidades o habilidades desarrolladas para aplicar e interpretar dichos conocimientos y conclusiones derivadas de la investigación científica para resolver problemas del ámbito biológico. La prueba desarrollada permitió medir el nivel de dominio de ambas competencias con base en una codificación de 1 a 5, siendo la mayor calificación de 5 para quien logró desarrollar de manera completa y eficiente ambas competencias.

El aspecto actitudinal no se valoró a través de este instrumento metodológico, ya que se consideró el planteamiento que se hace en los planes y programas de estudio del bachillerato en nuestro país, particularmente el bachillerato de la UNAM de donde proceden la mayoría de los estudiantes a quienes se les aplicó la prueba desarrollada, ya que en dichos planes y programas se establecen estrategias y parámetros bien definidos para valorar la obtención de conocimientos conceptuales y habilidades, pero no para la parte actitudinal, de manera que no se tiene un referente que permita medir el comportamiento, intereses personal, emotividad o rasgos de la personalidad.

Los resultados de la investigación resaltan la importancia de adquirir una cultura científica para entender las repercusiones del conocimiento científico desde un punto de vista educativo, social y filosófico, que ha dado lugar a notables innovaciones benéficas para la humanidad pero también enfoques “equivocados” que han repercutido en la sociedad y en nuestra forma de percibir el mundo.

Los temas relevantes que considera la propuesta metodológica para valorar la comprensión, aplicación e interpretación de los conocimientos científicos (biológicos) y de la investigación científica fueron: la cruce de individuos con fenotipos diferentes para obtener variedades “mejores” de uso comestible; la prevención de enfermedades contagiosas por el conocimiento de sus agentes y formas de propagación; la posibilidad de presentar una enfermedad hereditaria, y cómo influye en la esperanza de vida; el desarrollo de la ingeniería genética para lograr individuos con características diferentes, que pudieran ser usadas con fines comerciales; el tratamiento de enfermedades con especies vegetales modificados genéticamente; la utilización de técnicas especializadas utilizando el ADN para conocer

líneas de parentesco o para la identificación de cadáveres en el área criminalística; las investigaciones que permiten mitigar o solucionar problemas ambientales; y sobre las repercusiones de fenómenos climáticos mundiales como es el cambio climático; lo relativo a la producción agrícola que podría atender las crecientes necesidades de la población, y el desmesurado uso de plaguicidas o herbicidas para el mejoramiento de cultivos de interés comestible.

También se hizo hincapié en la necesidad de una formación científica que permita a la ciudadanía participar en la toma de decisiones, en asuntos que se relacionan con la ciencia, tomando en cuenta el punto de vista de autores como Gil y Vilches (2004) quienes establecen que la finalidad primordial de la enseñanza de las ciencias, y consecuentemente la adquisición de una cultura científica, es educar científicamente a los estudiantes para que sean conscientes de los problemas del mundo y de su posibilidad de actuar sobre los mismos al tomar decisiones e inclusive de su capacidad de modificar situaciones que hayan sido aceptadas por un importante sector de la sociedad.

Por otra parte, la propuesta metodológica diseñada permitió medir el nivel de cultura científica adquirida por los estudiantes de bachillerato, tanto los que ingresaron a la carrera de biología en la Facultad de Ciencias, como los que ingresaron a la Facultad de Ingeniería, resaltando que ambas poblaciones estudiadas fueron capaces de desarrollar las competencias científicas utilizadas como indicadores de cultura científica, pero con un nivel de significancia mayor los estudiantes de la Facultad de Ciencias que los de la Facultad de Ingeniería.

Así mismo esta metodología resalta cómo en la educación media superior se le ha dado mayor importancia al conocimiento declarativo o conceptual (biológico) que al procedimental que incluye el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico, interpretativo, analítico y crítico, ya que se obtuvo un menor dominio de estas habilidades por los estudiantes en general, con relación al conceptual, particularmente en la población estudiantil proveniente de la Facultad de Ingeniería. Sin embargo, los estudiantes evaluados logran adquirir un nivel adecuado de cultura científica, en términos de desarrollo de competencias científicas.

Se considera que el campo de investigación sobre la forma de valorar la cultura científica debe seguirse explorando, así como lo referente a si la cultura científica adquirida, mediante la educación formal, permite el desarrollo de competencias científicas y actitudes para lograr que el estudiante sea propositivo y actúe de manera crítica ante una situación, sea capaz de involucrarse en las alternativas que se propongan sobre un tema científico, y tomar decisiones viables y fundamentadas.

La presente investigación se enfocó a resolver qué aspectos del ámbito biológico son indispensables para adquirir una cultura científica (biológica), lo cual restringió el estudio a un ámbito de las ciencias que no siempre es posible generalizar. Sin embargo, se considera que el uso de competencias científicas genéricas son confiables para medir la cultura científica en cualquier ámbito de

la ciencia, ya que incluyen no sólo conceptos o términos científicos sobre una disciplina en particular, sino que constituyen las habilidades y aptitudes claves para lograr procesos de pensamiento inductivo, deductivo y analítico, de razonamiento lógico, que permiten discriminar las respuestas o conclusiones correctas de los incorrectos con una base científica, comprender la distinción entre observación e inferencia, distinguir las conclusiones científicas de las que no lo son y lograr comprender la interacción entre ciencia y sociedad, incluyendo el aspecto ético o moral.

También se recomienda explorar otras alternativas de valorar la cultura científica que incluyan el aspecto actitudinal que no se consideró en la propuesta metodológica; aunque se hizo hincapié de la dificultad de valorar la parte emotiva, ya que las pruebas que se han logrado desarrollar presentan siempre un viso de subjetividad, lo que permite hacer una correcta y precisa interpretación, ya que se emplean preferentemente preguntas abiertas o de respuesta múltiple que induce, a la persona que se está evaluando, a cometer “faltas” de apreciación objetivas o reales que respondan claramente o de forma fehaciente lo que se le pregunta, y que esté acorde con sus valores, emociones, conducta o personalidad. Sin embargo, es importante trabajar más sobre este aspecto que está implícito en el concepto de cultura científica planteado y que se manifiesta en la forma de proceder ante el conocimiento y la investigación científica.

### **Estructura del Trabajo**

El desarrollo de esta investigación está plasmado en siete capítulos. El capítulo primero comprende la descripción del concepto de ciencia y de cultura para tener un concepto de cultura científica, considerando los diferentes enfoques y definiciones que se han dado por diversos autores de ciencia y cultura, y la utilidad o beneficios que aporta el contar con una formación científica. Así mismo se revisa la relación entre educación científica y cultura científica, y la aportación a éstas, de la educación formal, no formal e informal.

El capítulo segundo está enfocado a la conceptualización de los indicadores para medir la cultura científica en el ámbito de la educación formal, a partir del concepto de cultura científica planteado en el primer capítulo de la tesis. En este caso los indicadores comprenden las competencias científicas desarrolladas relacionadas con la comprensión y aplicación de conceptos biológicos, y a la evaluación e interpretación de conclusiones científicas y de la investigación científica. Ambas competencias se tomarán como un punto de referencia para medir la cultura científica adquirida por los estudiantes en términos cuantitativos.

El capítulo tercero comprende la base teórica para el diseño de la propuesta metodológica mediante competencias científicas desarrolladas para valorar la cultura científica adquirida por la población estudiantil de educación media superior. Este capítulo también comprende el marco conceptual que respalda el instrumento metodológico para medir la cultura científica, a través de las competencias



científicas en términos de conocimientos conceptuales adquiridos, sus capacidades y habilidades para hacer uso de ellos y para la resolución de problemas y la toma de decisiones fundamentadas en la investigación científica.

El capítulo cuarto corresponde a la descripción de la metodología general del trabajo, que incluye la construcción y aplicación de la prueba a las poblaciones muestreadas provenientes de la Facultad de Ciencias y de la Facultad de Ingeniería. Con respecto al diseño de la prueba se explica su objetivo, como está constituida y la forma de evaluarla, y se desglosan las preguntas que la conforman y su relación con las competencias científicas desarrolladas.

El capítulo quinto incluye el análisis de los resultados obtenidos, a través de análisis estadísticos, elaboración de tablas y gráficas que describen el comportamiento de las poblaciones estudiadas, que permitan explicar la significancia de los resultados en términos de la hipótesis de investigación planteada, y de las competencias desarrolladas que son la base del concepto de cultura científica establecido en este trabajo.

En el capítulo sexto se hace una discusión amplia enfocada en tres vertientes: a) la metodología desarrollada para medir la cultura científica biológica basada en competencias científicas, resaltando los indicadores que se utilizaron para diseñar la prueba; b) lo relacionado con la aplicación de dicha metodología en poblaciones de estudiantes de educación media superior con distinto nivel de conocimientos biológicos y sistemas educativos y c) lo que corresponde a la adquisición de la cultura científica en términos del papel de la educación formal, del valor que tiene la educación científica como herramienta fundamental para adquirirla y de las repercusiones de la cultura científica en el ámbito social.

En el capítulo séptimo se desarrollan de manera puntual las conclusiones del trabajo de cada uno de los puntos abordados en la discusión. También se describen las aportaciones derivadas de esta investigación que enlazan la parte filosófica con la educativa y social, para resolver una problemática actual y de gran envergadura, la carencia de una cultura científica, que comprenda tanto la comprensión y aplicación de los conocimientos, como el desarrollo de habilidades y actitudes que permitan entender nuestra vinculación con el mundo y ser participantes en la toma de decisiones de nuestra sociedad.

---

## PRIMER CAPÍTULO. CONCEPTOS DE CIENCIA, CULTURA Y CULTURA CIENTÍFICA

### 1.1. Ciencia y Cultura

Es pertinente definir qué entendemos por ciencia y por cultura, para establecer sus relaciones internas y poder comprender el concepto de cultura científica. Autores como Ruy Pérez Tamayo en su libro *Cómo acercarse a la ciencia* (1989) describe tres visiones de la ciencia. La visión mesiánica, que considera a la ciencia como portadora de soluciones a todos los problemas nacionales y mundiales, incluyendo los de salud, tecnología, economía, nutrición y política. La visión utilitarista que consiste en pensar que la ciencia es valiosa sólo en tanto produzca bienes de utilidad práctica para la sociedad. La visión cultural que busca retribuir a la sociedad haciendo que la ciencia se integre a la cultura. Según este autor mucha de la imagen que se tiene de la ciencia depende de nuestro bagaje cultural y del lugar que le damos en nuestra sociedad. De manera que la ciencia debe de ser pública para tener un papel en los asuntos sociales, políticos y legales; universal, para que permita su acceso equitativo y entendimiento público; imaginativa, para la exploración de todos los aspectos del mundo natural; autocrítica, para validarla por medio de la experimentación y el debate; desinteresada, para la producción de conocimiento por su propio valor.

Para Tamayo el papel no instrumental de la ciencia, como órgano de la sociedad civil, es un elemento esencial de una democracia plural, lo que concuerda con Ziman (2005: 5) cuando señala que “la ciencia es una gran institución en nuestra sociedad, un elemento fundamental del orden social y componente de nuestra cultura”. Este autor puntualiza que el lugar de la ciencia en la sociedad está establecido, de alguna manera, por las instituciones, como la escuela, en la que consciente o inconscientemente se determinan las actitudes sociales. Además de ser una gran institución de nuestra sociedad y un elemento fundamental del orden social y componente esencial de nuestra cultura. Además propone que las actitudes públicas hacia la ciencia son parte de la cultura que tiene la gente; de allí que los contextos educativos y religiosos tienen significativa influencia en cómo el público percibe al conocimiento; es decir estas actitudes públicas hacia la ciencia dependen del papel social que ésta juega. También reconoce que la ciencia enriquece la sociedad con su conocimiento general influyente y digno de confianza, puesto que actualmente mucha gente tienen concepciones más realistas de los orígenes humanos, sus condiciones y capacidades, inclusive aquellos que públicamente rechazan los descubrimientos en evolución, genética, psicología, antropología y sociología, lo que demuestra lo importante que son estos conocimientos para las concepciones que tienen de sí mismo (Ziman, 2005:6).

Por su parte Luis Villoro (2004: 222) considera que la ciencia “consiste en un conjunto de saberes compartibles por una comunidad epistémica (científica) determinada”. De manera que la ciencia es un conjunto de saberes que se comparten entre las personas. Este autor señala que la “ciencia es un

instrumento universal” y “no hace acepción de personas”, es decir, puede servir a todas las personas para cualquier fin que se proponga de acuerdo a la realidad que conciban.

Otra concepción de la ciencia que es compatible con la corriente denominada constructivismo que parte de la responsabilidad del sujeto sobre su propio proceso de aprendizaje: es decir la experiencia personal basada en los conocimientos previos, a semejanza de una construcción edificada a partir de su cimientos; y que la ciencia no debe considerarse como un cuerpo acabado de conocimientos, sino un proceso de construcción de conocimientos e interpretaciones (Fourez, 2004). Esta percepción de la ciencia la deja muy clara Villoro (2004) cuando dice que la ciencia no establece fines particulares, sino que permite proveer los medios adecuados para cualquier fin particular. Además este autor sugiere que todo el que desee tener acceso a la ciencia debe someterse a una educación científica y a un entrenamiento adecuado para poder juzgar la objetividad de las razones científicas. Es decir cualquier persona puede alcanzar el saber científico con someterse a la enseñanza científica adecuada y tener la capacidad intelectual para aprender. Pero en ocasiones a través de la educación se plantean preguntas que la ciencia aún no tiene respuesta, lo que deja claro que la ciencia no es capaz de responder a todas las preguntas.

Por su parte Olivé (2000) considera que más que definir a la ciencia hay que hacer la pregunta “¿qué es la ciencia?” pero no en términos de una pregunta científica, lo que no significa que los científicos tengan nada que decir para responderla, sino que implica que quienquiera que intente responderla, científicos de formación o no, tienen que “reflexionar sobre lo que hacen los científicos, sobre cómo lo hacen, sobre los resultados que obtienen y sobre cómo está condicionado todo ello. Es decir, según este autor, para responder a esta pregunta debe analizarse cómo se hace la ciencia, qué produce, y cómo se hace lo que se hace y cómo se produce lo que se produce.

Además plantea que para responder ¿qué es la ciencia? deben considerarse varios aspectos: Uno de ellos es lo que él denomina “desde dentro de la ciencia”, lo que corresponde a la “imagen científica” y el otro problema “viene desde fuera de la ciencia” y se refiere a preguntas sobre el conocimiento científico que se ha planteado la filosofía (imagen filosófica). Hay además una tercera imagen de la ciencia, se trata de la “imagen pública”. Esta imagen se forma en gran medida por la labor profesional de los medios de comunicación y particularmente por los medios de comunicación de la ciencia. “Es la que permite a una persona o ciudadano poder tomar una decisión responsable al entender, al menos en cierto nivel, qué es la ciencia” (Olivé, 2000: 16).

Esta forma de concebir la imagen pública de la ciencia se ajusta a un planteamiento generalizado sobre el papel de la ciencia en la sociedad de acuerdo a dos aspectos (Godin y Gringas, 2000): a) como un cuerpo de métodos conceptuales y experimentales que permiten la investigación de objetos pertenecientes al mundo natural o social, y b) como el cuerpo de conocimientos derivados de estas investigaciones.

Por su parte Marcelino Cereijido (2004) en su libro *¿Por qué no tenemos ciencia?* describe la ciencia como un “sistema complejo” que comprende diversos aspectos: inteligencia, lógica, inconsciente, receptividad de la sociedad hacia las nuevas ideas y muchos otros factores de distinta naturaleza, con diversas dinámicas, puntos de vista y situaciones. Esto se ajusta claramente a la pregunta de ¿para que queremos ciencia?, ya que si a un estudiante sólo se le enseña a recolectar datos y no se le transmite el contexto filosófico y esencial en que se asienta el conocimiento, seguirá utilizando los datos de manera desligada y tendrá dudas cuando se le hable de evolución, creacionismo o cualquier otra forma de explicar el origen de las especies.

Por ello es interesante, en este análisis sobre la ciencia y su correspondencia con la cultura, tomar en cuenta la propuesta que hace Cereijido en dicho libro, ya que considera a “la ciencia un producto de la cultura y la cultura un producto del ser humano”, y señala que el producto principal de la ciencia es “su propia forma de conocer el mundo, es lo que los científicos y sus sociedades consiguieron hacer con ellos mismos”.

La ciencia necesita apoyarse en postulados que no sólo se consideran válidos mientras no se demuestren que están equivocados. Esta práctica la va convirtiendo en un instrumento universal y democratizador lo que significa que la ciencia se basa en principios que están abiertos a la objeción de cualquiera y que tienen una función social. La imagen pública de la ciencia es la que tomará en cuenta esta investigación, considerando que en la actualidad se reconoce el poder de la ciencia y su impacto en el mundo.

Esta idea ya había sido respaldada por Thomas Kuhn (1971) en su libro *La estructura de las revoluciones científicas* donde señala que la ciencia es un fenómeno eminentemente social en un sentido doble: por un lado, porque tiene una estructura comunitaria y, por otro lado, porque su desarrollo no se da al margen de la sociedad en cuyo interior se despliegan las comunidades científicas. Por eso en la actualidad es un hecho que el conocimiento científico (la ciencia) y sus aplicaciones afectan la vida social de todos. Esto se liga perfectamente con la necesidad de obtener una educación científica “para todos” que nos lleve a la adquisición de una cultura científica.

Considerando los conceptos de ciencia anteriormente señalados por diversos autores y lo propuesto por Cereijido (2004: 21) que “la ciencia es un producto de la cultura y la cultura es un producto del ser humano”, se puede resumir que “la ciencia es un instrumento universal y democrático (porque es accesible a todos), que comprende un conjunto de conocimientos organizados, y en proceso de construcción, que son compartibles y tienen una función social. Un ejemplo que reconoce este vínculo entre ciencia y cultura, es el surgimiento de áreas como la bioética, y los debates al interior de las ciencias biológicas en torno a la conservación de la biodiversidad o acerca de los genes pueden ser patentados y por quién, han conducido a los científicos y al público a discusiones sobre las políticas de la ciencia.

Por otra parte, para entender el concepto de “cultura” y relacionarlo con el concepto de ciencia, es necesario reconocer que el término cultura es muy amplio, ya que para configurarse necesita de un sinfín de elementos. Las nuevas corrientes de la sociología y la antropología enfocan a la cultura en un sentido social y se refieren a los diversos aspectos de la vida en las sociedades, como bien lo señala Harris (1998). De manera general el *Diccionario del Español Actual* define a la cultura como: a) conjunto de conocimientos adquiridos por la persona que permiten desarrollar el sentido crítico y el juicio; b) instrucción o conjunto de conocimientos no especializados que se supone debe poseer toda persona educada, y c) conjunto de modos de vida, conocimientos y grado de desarrollo de una colectividad humana o de una época (Seco, *et al*, 1999).

Por su parte la UNESCO considera a la cultura como “el conjunto de todas las formas de vida y expresiones de una sociedad determinada”. Como tal incluye costumbres, prácticas, códigos, normas y reglas de la manera de ser, vestirse, religión, rituales, normas de comportamiento y sistemas de creencias. También considera que la cultura es toda la información y las habilidades que posee el ser humano, y por ello el concepto de cultura tiene un doble enfoque: antropológico y social (UNESCO, 1982).

Este punto se relaciona directamente con el enfoque de la ciencia, antes mencionado, respecto a que el conocimiento permite explicar la realidad y afecta al individuo, en tanto le permite tomar sus propias decisiones. Esta definición es compatible con la concepción de Malinowski (1944) respecto a que es una “herencia social” como concepto clave de la cultura con un enfoque antropológico, y señala que la cultura incluye los artefactos, bienes, procedimientos técnicos, ideas, hábitos y valores heredados, de manera que la organización social no puede comprenderse verdaderamente excepto como una parte de la cultura.

Marvin Harris (1998) deja claro que la capacidad humana para la cultura es un resultado de los procesos evolutivos biológicos, de los cuales el de mayor importancia es la selección natural. Así el tamaño, la anatomía y la fisiología del cerebro son resultados de la evolución biológica, en cambio la ciencia es un producto de la cultura, y la cultura es un producto del ser humano, que es a su vez un producto de la evolución biológica (Cerejido, 2004).

Retomando diversas ideas y enfoques del concepto de cultura se considera en este trabajo a la cultura como “un conjunto de prácticas humanas, que incluyen las científicas, artísticas, económicas, religiosas, y expresiones de una sociedad determinada, que comprende conocimientos, creencias, capacidades y hábitos adquiridos mediante la transmisión de información adquirida a través de un aprendizaje social”.

Es evidente que hay una relación estrecha entre ciencia y cultura, ya que la ciencia es uno de los campos culturales que conoce los procesos mediante los cuales cambia la cultura, y éstos no pueden entenderse sin una comprensión clara de la naturaleza de la cultura. Es por ello importante dejar claro

que la cultura, al igual que la ciencia, es producto del aprendizaje social y no de la herencia biológica.

Además se defiende la idea de que la ciencia si tiene consecuencias culturales más allá de sus aplicaciones tecnológicas y las relativas a un descubrimiento o logro científico; puesto que lo más importante son las consecuencias para la gente común, de lo que lee acerca de la ciencia o acerca de sus resultados, porque pueden ir más lejos que sólo sus creencias acerca de lo que son resultados científicos válidos (Olivé, 2007). Esto significa que la ciencia forma parte de la cultura, y la cultura científica está en el centro del debate que se lleva a cabo en la sociedad contemporánea. Si la ciencia se considera un logro de la humanidad, entonces la cultura científica es una combinación de conocimientos, habilidades y actitudes que se adquiere a través de las actividades escolares en buena parte y mediante los medios masivos de comunicación. Una habilidad que se utiliza en el trabajo, en el hogar, en la vida cotidiana, y es necesaria para crecer y crear. Es una actitud que se expresa en el análisis crítico ante el cambio y el comportamiento (Gregory y Miller, 1998).

## **1. 2 Concepto de Cultura Científica y Alfabetización Científica.**

Esta asociación de ideas y enfoques respecto a lo que comprende la ciencia y la cultura, permite elaborar un concepto de “cultura científica”, que sea relevante para los fines de esta investigación y concuerde con la percepción de cultura en el ámbito antropológico-social, antes mencionada, y de Mosterin (1993) que la traduce como “información transmitida por aprendizaje social”, es decir por herencia social, lo que implica la capacidad de transmitir información mediante mecanismos de aprendizaje social.

Por ello la cultura científica debe entenderse como las prácticas sociales de diferente tipo: económicas, sociales, culturales, médicas, comunicativas, etc., se ven afectadas por las prácticas propiamente científicas y por sus resultados. Se puede decir entonces que la expresión “cultura científica” se refiere, por un lado, a los conjuntos de representaciones (creencias, conocimientos, teorías, modelos), normas, reglas, valores y pautas de conducta que tienen los agentes (investigadores) de los sistemas científicos, y que son indispensables para que funciones el sistema, y, por otro lado, a los conjuntos de esos mismos elementos que son relevantes para la comprensión, la evaluación y las posibilidades de aprovechamiento de la ciencia por parte de la sociedad, de un pueblo o de ciertos grupos sociales (Olivé, 2007).

Será más avanzada una cultura científica en la medida en que las prácticas cotidianas sean más dependientes de las prácticas científicas, en cuestiones tales como las formas de resolver cierto tipo de problemas, de tomar decisiones y de juzgarlas como correctas o incorrectas o como adecuadas o inadecuadas. Por ello algo importante a determinar para medir la cultura científica es el grado en que la toma de decisiones en las prácticas de la vida cotidiana está influida por las prácticas científicas. Así cultura científica debe entenderse como “el aprendizaje de los miembros de una sociedad que les permita comprender el potencial de la ciencia para la solución de ciertos problemas” (Olivé, 2007: 160).

En este mismo sentido se considera que la cultura científica puede ser definida como el conocimiento que uno requiere para comprender los asuntos públicos relacionados con alguna área de conocimiento científico, que consiste en una mezcla de hechos, vocabulario, conceptos, historia y filosofía; además de tres razones para tener un cierto dominio sobre temas del ámbito científico: una cívica (para el debate público), una estética (para apreciar el aspecto artístico del mundo y la naturaleza) y una intelectual (Hanzen y Trefil, 1993).

Este enfoque y forma de conceptualizar la cultura científica incluye un aspecto que ha sido poco atendido referente a la disposición de los ciudadanos para participar, lo que dependerá tanto de la cultura que tengan como de su concepción acerca de la ciencia y de estar claros de su papel ante la sociedad. Por ello es recurrente el planteamiento de que la adquisición de una cultura científica se ha convertido en una exigencia urgente, en un factor esencial del desarrollo de las personas y de los pueblos.

Por otra parte como bien lo señala Martín-Díaz (2002), es necesaria una alfabetización científica para lograr que la población sea capaz de comprender, interpretar y actuar sobre la sociedad, lo que significa participar activa y de manera responsable sobre los problemas del mundo, con la conciencia de que es posible cambiar la sociedad en que vivimos, y que no todo está determinado desde un punto de vista biológico, económico y tecnológico. Así podemos hablar de alfabetización científica práctica, que permite utilizar los conocimientos en la vida diaria con el fin de mejorar las condiciones de vida, el conocimiento de nosotros mismos. La alfabetización científica cívica, que está dirigida a que todas las personas puedan intervenir socialmente, con criterio científico, en decisiones políticas. Y la alfabetización científica cultural, relacionada con el significado de la ciencia y tecnología y su incidencia en la configuración social.

Tomando en cuenta el marco teórico que plantea como la cultura científica nos da una visión de la ciencia que recupera sus aspectos valiosos sin cegarse a los dilemas con que nos enfrenta, y sobre los riesgos de algunas de sus aplicaciones o su posible mal uso, entonces surge la pregunta ¿por qué es importante que los estudiantes conozcan la ciencia, la tengan a su alcance y posean una cultura científica? Las justificaciones son muchas para Bonfil (2005): Una justificación es que sin un manejo de los conceptos básicos de la ciencia y la capacidad para ejercer un pensamiento científico (racional), una persona no puede considerarse educada. Otra razón es que sólo con una población científicamente ilustrada podrán los países latinoamericanos -como es México- dejar el subdesarrollo (Cerejido, 2004).

Por ello se plantea en esta investigación que la cultura científica y la percepción pública de la ciencia se encuentran estrechamente asociados, por lo que su tratamiento conjunto conducirá al análisis y evaluación más adecuada de la cultura científica de una parte de nuestra sociedad, en este caso la población estudiantil. Esta forma de concebir la cultura científica parte de que el aprendizaje de la ciencia ocurre en el ámbito formal e informal, y que la educación científica formal se relaciona con las instituciones educativas, mientras que la informal comúnmente se agrupa en lo denominados "public

awareness of science" (PAS) y "public understanding of science" (PUS), que corresponde a "tener conciencia de la ciencia" y la "comprensión pública de la ciencia", respectivamente.

Según Gilbert, Stockmayer y Garnett (citados en Burns, *et al*, 2003) la importancia o utilidad pública de la ciencia como un "tipo de actitudes positivas hacia la ciencia que se evidencian por una serie de posturas y conductas intencionadas". Mientras que el entendimiento público de la ciencia según "The House of Lords" (citado por Burns *et al*, 2003) lo define como una comprensión de temas científicos por los no expertos, que aunque no incluye la comprensión de todas las ramas de la ciencia, incluye la comprensión de los métodos científicos, la importancia y la utilidad de los avances científicos y sus implicaciones. En este sentido Millar (1996) propone tres aspectos para la comprensión de la ciencia por la sociedad de manera más precisa: a) lo referente al contenido de la ciencia; b) lo relativo a los métodos o procesos de la ciencia, y c) lo que corresponde a los factores sociales. Con ello este autor pone en evidencia la importancia que tiene la ciencia para la sociedad y, que es indiscutible el papel que tiene la sociedad para el desarrollo de la ciencia. Otros autores utilizan los términos conceptual, procedimental y afectiva o actitudinal para describir de manera comparable lo tres aspectos señalados por Millar, relativos a la comprensión e interés de la sociedad por la ciencia, (Vázquez y Manassero, 1997; Manassero y Vázquez, 2001; Acevedo *et al*, 2005).

Hoy en día queda claro que nos encontramos frente a un amplio reconocimiento de la necesidad de una cultura científica, término adoptado por la UNESCO (Burns *et al*, 2003), que corresponde a *literacia científica* o "scientific literacy" en las culturas anglo-sajonas. Aunque esté término se expresa de manera indistinta con *alfabetización científica*, expresión utilizada en la actualidad en las culturas francófonas. Es decir, la mayoría de los países europeos usan las palabras "scientific culture" (culture scientifique) para describir el campo de conocimiento referido como "public understanding of science" en el Reino Unido y en los Estados Unidos de Norteamérica como "scientific literacy". Según Shamos (1995) la interpretación de la cultura científica ha cambiado a través de los años, enfocándose hacia la habilidad de leer y comprender artículos relacionados con la ciencia, enfatizando en los de actualidad, y entender y aplicar los principios científicos en la vida cotidiana. Este autor deja ver de manera clara que el significado del término *cultura científica* ("*scientific literacy*") en ocasiones no es muy claro debido a su naturaleza dinámica y porque carece de definición. Por otra parte Shen (1975) propone tres categorías:

- 1) Cultura científica práctica, que corresponde al conocimiento científico aplicado para resolver problemas prácticos.
- 2) Cultura científica cívica, relacionada con el interés de los ciudadanos por la ciencia y de los aspectos más representativos de ella y de uso común, así como de su utilidad en los procesos democráticos en una sociedad cada vez más tecnificada.
- 3) Cultura científica cultural, que comprende una apreciación de la ciencia como uno gran avance de la



humanidad y que forma parte de nuestra cultura.

De manera resumida la cultura científica se considera un elemento educativo que se adquiere mediante un proceso formal preferentemente y se complementa con la educación no formal e informal, que es transformable y da como resultado un aprendizaje de vocabulario científico, además de su comprensión y entendimiento del conocimiento científico, el cual confronta al ciudadano común a la aplicabilidad efectiva de este conocimiento. Esto es, la cultura científica se refiere al conjunto amplio de conocimientos, que exige un cierto nivel de cultura, particularmente en ciencias, además del desarrollo de capacidades o competencias que permiten al individuo escoger, decidir y actuar en su entorno social, además de afrontar los diversos aspectos de su vida cotidiana, o sea una cultura capaz de influir en las actitudes y en las experiencias de la ciudadanía. Esto explica porque la cultura científica no se puede definir considerando simplemente los aprendizajes que obtenemos sólo en la escuela de manera rutinaria derivados de una educación formal (Shen, 1975).

La definición de cultura científica antes planteada está en concordancia con lo señalado por Gregory y Miller (1998: 218): "la cultura científica es una combinación de conocimientos, habilidades y actitudes. Un conocimiento que se adquiere en las actividades escolares. Una habilidad que se utiliza en el sitio de trabajo, en el hogar, en la vida cotidiana, y es necesario para crecer y crear. Es una actitud que se expresa en el análisis y el comportamiento crítico ante el cambio, y se manifiesta en las acciones y elecciones que hacemos". Por ello estos autores enfatizan que la cultura científica es un valor formativo esencial para nuestra identidad individual y colectiva. Es así como este concepto se relaciona con el propósito de la educación científica, que es incentivar el desarrollo de una ciudadanía culta, capaz de usar los recursos intelectuales para crear un ambiente favorable al desarrollo del hombre, con el fin de que las personas desarrollen una percepción correcta de la ciencia y que comprendan que su papel y posición forma parte de nuestra cultura común. Donde el conocimiento científico es un elemento de acción en su contexto social.

Por su parte Reid y Hodson (1989) proponen que una educación dirigida hacia una cultura científica básica debería contener lo siguiente: conocimientos de la ciencia; aplicaciones del conocimiento científico; habilidades y tácticas de la ciencia; resolución de problemas; interacción con la tecnología; cuestiones socio-económico-políticas y ético-morales en la ciencia y la tecnología; historia y desarrollo de la ciencia; estudio de la naturaleza de la ciencia y la práctica científica.

Lo anteriormente señalado remarca la importancia de preparar a los estudiantes para tomar decisiones relacionadas con asuntos sociocientíficos, hecho que fue reconocido y presentado en las propuestas educacionales de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (American Association for the Advancement of Science, AAAS), la Academia Nacional de Ciencias (National Academy of Sciences, NAS) y la Fundación Nacional de la Ciencia (National Science Foundation, NSF y la Declaración sobre Ciencia y Uso del Conocimiento Científico (Declaration on Science and use of

Scientific Knowledge (citados en Burns *et al*, 2003 y Negrete, 2008).

Por todo lo anteriormente mencionado en esta investigación se utilizará, como propuesta de referencia y de discusión para desarrollar el instrumento metodológico, el concepto de *cultura científica* acorde con lo señalado por Gregory y Miller (1998), referido como las capacidades que adquiere un estudiante en términos de conocimientos, habilidades y actitudes que son necesarias para crecer y decidir; donde los conocimientos se adquieren preferentemente a través de las actividades escolares; las habilidades se utilizan en el sitio de trabajo, en el hogar y en la vida cotidiana, y las actitudes se expresa en el análisis y el comportamiento crítico ante el cambio, y se manifiesta en las acciones y elecciones que hacemos. Además lo señalado por el Informe de la Ciencia del Siglo XXI, que surgió de las recomendaciones del Informe Más Allá del Año 2000 (citado en Millar y Osborne, 1998); “la adquisición del conocimiento y las destrezas científicas requeridas para tener un papel activo en una sociedad donde la ciencia (y la tecnología) moldean en gran medida nuestras vidas”.

### **1.3 Educación Científica y Cultura Científica**

Una de las finalidades de la educación científica es el logro de una cultura científica como herramienta que favorece la inserción de los estudiantes en un mundo donde los conocimientos científicos son parte del lenguaje y de las actividades cotidianas. La educación científica es una actividad que se desarrolla en instituciones sociales como son las escuelas (Echeverría, 1995). Las finalidades de esta educación, en este ámbito, han variado a lo largo del tiempo, desde una función casi exclusivamente orientada a la preparación de futuros científicos, hasta otra más reciente que pretende la alfabetización científica, la comprensión pública de la ciencia o popularización y la extensión de la cultura científica (y tecnológica) a todas las personas. Aunque se puede decir que aún está lejano el día en que la ciencia sea parte integral de la cultura popular de nuestro país, se debe insistir en el valor de las ideas científicas para la formación del pensamiento ordenado y crítico, y en el valor de la ciencia para construir una sociedad mejor (De la Peña, 2005).

En este sentido la Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe (OREAL, 2002) ha desarrollado un intenso trabajo en torno a la problemática de la enseñanza de las ciencias ya que se requiere mejorar la situación de la educación científica en el sistema formal y la adquisición de una cultura científica.

Por su parte, la Declaración de Budapest sobre la “Ciencia y el Uso del Saber Científico” hace el compromiso de que se “otorgue la educación científica a todos, y se fomente y difunda la cultura científica en todas las culturas y en todos los sectores de la sociedad, con el fin de mejorar la participación de los ciudadanos en la toma de decisiones relativas a la aplicación de los nuevos conocimientos (UNESCO, 1999). En este documento se enfatiza que la naturaleza de la ciencia constituye un contenido innovador y central del currículo de la educación científica orientado a la educación científica para todas las personas.

Este concepto engloba una diversidad de aspectos sobre qué es la ciencia, su funcionamiento interno y externo, como construye y desarrolla el conocimiento que produce, los métodos que usa para validar el conocimiento, los valores de las actividades científicas, la naturaleza de la comunidad científica, las relaciones de la sociedad con el sistema científico y al progreso de la sociedad.

No hay que olvidar que la ciencia se ha considerado como parte esencial de la educación y de la cultura prácticamente en todo el mundo. De acuerdo con Polpli (1999), la ciencia se ha convertido en una parte fundamental del patrimonio de la humanidad, y por lo tanto parte de nuestra cultura general. Y que todos debemos estar informados acerca de la ciencia ella, entre otras cosas porque muchas decisiones de la política pública involucran a la ciencia (1999:124). También se menciona que en la actualidad, una democracia saludable necesita un público con una comprensión amplia de las principales ideas científicas, que aprecie el valor de la ciencia y su contribución a nuestra cultura, que pueda participar con un juicio crítico e informado en los asuntos y discusiones que involucren al conocimiento científico (“House of Lords”, 2000, citado en Negrete, 2008)

Las cuestiones de naturaleza de la ciencia constituyen hoy uno de los elementos centrales e innovadores de la cultura científica para todas las personas y, por ello, se configuran como un aspecto esencial del currículo de ciencias que promueve la educación científica. Por ello se asume que uno de los objetivos más importantes de la enseñanza obligatoria de las ciencias es que los estudiantes de educación de nivel medio y medio superior lleguen a adquirir una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia (Matthews, 1994), y en los últimos años se ha considerado como uno de los componentes esenciales de la cultura científica para todas las personas (Reid y Hodson, 1993).

Es claro para los educadores o investigadores del área educativa, que la educación científica en los grados obligatorios, como es la educación media superior, va dirigida a estudiantes de edades e intereses muy diferentes y su objetivo debe ser más formativo que intelectual o académico. De tal forma que el tipo de conocimientos adquiridos deben ser adecuados y correctos para hacer válida la forma en que se introduce la naturaleza de la ciencia en la cultura científica que se espera hayan desarrollado. Esto se traduce que para funcionar los estudiantes como ciudadanos responsables e informados, necesitan cierto conocimiento acerca de diversos temas científicos ligados con nuestra vida cotidiana, los cuales en buena medida se adquieren en las aulas.

En este sentido Goung (1998) considera que el contenido de un programa de educación en ciencia debe estar estructurado de tal manera que su objetivo sea habilitar al estudiante en el dominio de un mundo científico-tecnológico. Los estudiantes deben contar con la información necesaria para entender y dar solución a todo aquello que la ciencia y la tecnología afecta en su vida cotidiana. Esto incluye, por ejemplo, comprender como la nutrición influye en la salud corporal, como la capacidad reproductiva está relacionada con el embarazo, y muchos conocimientos más que deben constituir la formación integral del estudiante.

Este se relaciona con lo que se ha denominado “universalizar la educación científica”, que se entiende como el goce generado por las construcciones científicas que amplía nuestra visión del universo, ayudando a comprender fenómenos que durante milenios asombraron a los seres humanos, contribuyendo a la liberación de numerosos prejuicios y transmitiéndonos la emoción de apasionantes desafíos. Para Fensham (2002b), esta capacidad de la ciencia, como "fuente de placer", para "sorprender y maravillar", señalaría la orientación más conveniente de una educación científica para todos, dejando de lado cualquier pretensión de no preparar a la ciudadanía para participar en la toma de decisiones, y desmitificar al saber científico, que sólo postula la actividad científica exclusivamente como labor en beneficio de la sociedad.

Aunque se ha hecho referencia a una corriente de pensamiento que cuestiona el papel democratizador de la educación científica y se ha cuestionado directa y de manera explícita que el conocimiento científico, al ser susceptible de orientar la toma de decisiones, exige una profundización que sólo es accesible a los especialistas (Fensham, 2002a), el argumento "democrático" es, quizás, el más utilizado por quienes reclaman la alfabetización científica y tecnológica como una componente básica de la educación ciudadana, como lo explican de manera clara autores como Fourez *et al* (1997; Bybee (1997) y DeBoer (2000). Sin embargo, hay que decir que en la actualidad, aunque se perfilan avances científicos sin precedentes, aún hace falta un debate democrático vigoroso y bien fundado sobre la aplicación del saber científico. Por ello se ha planteado que para hacer frente a los problemas éticos, sociales, culturales y ambientales es indispensable intensificar los esfuerzos interdisciplinarios recurriendo a las ciencias naturales (Fernández *et al.*, 2002) y la adquisición de una cultura científica.

La idea de que al ciudadano, y en particular a los jóvenes en edad escolar, deben de proporcionarles en la escuela conocimientos científico básicos para sobrevivir en el mundo, surgen las preguntas de ¿cuánta ciencia y de qué tipo? Para responder estas preguntas Polpli (1999) analiza tres diferentes programas de educación en ciencia que se han desarrollado en Estados Unidos de Norteamérica “Science for All Americans” (La ciencia para todos los estadounidenses); “Towards Scientific Literacy” (Hacia el dominio de los temas científicos), y “Minimum Science for Everybody” (El mínimo de ciencia para todos). El objetivo importante en los tres programas es desarrollar una actitud de cuestionamiento y búsqueda; además reflejan la preocupación de relacionar estrechamente a la ciencia y sus conceptos con los fenómenos del mundo real, ya que consideran de gran importancia que la cultura científica no debe centrarse exclusivamente en la información científica que los investigadores generan, sino también en los asuntos de interés general que afecta su vida cotidiana.

#### **1.4 Adquisición de Cultura Científica a través de la Educación Formal, No Formal e Informal**

Se propone que la escuela como agente socializador garantiza el acceso de toda la ciudadanía a la cultura científica en condiciones idóneas. Sin embargo la educación no se limita a la escolaridad, ya que

no debemos descartar o restar importancia a otras prácticas, espacios y escenarios sociales que son tanto o más importantes para la formación de las personas. Éstas, como miembros de una sociedad, aprenden las claves de su cultura no sólo en la escuela sino en diversos espacios, procesos, instituciones, relaciones personales, recibiendo mensajes y propuestas, elaborando códigos e interpretando normas sociales. También abarcan creencias, valores, saberes, habilidades, aptitudes y sentimientos.

La modalidad educativa no formal no es menos importante que la escuela en la formación de los sujetos, como bien lo dice Reyes (2000: ): la educación no formal es importante porque integra lo que la escuela tarda o nunca llega a incorporar a sus programas y lo que los medios de comunicación ocultan o distorsionan. Es por ello que es importante dejar claro las diferentes formas que utiliza el proceso educativo dado que, en ocasiones, existe confusiones o ambigüedades entre los términos educación formal y la educación no formal e informal.

Según Hamadache (1991) la educación formal corresponde a la educación escolarizada, se presenta estructurada y se desarrolla en contextos propios, ya sea escuelas, universidades, institutos, se encuentra ligada a un currículo bien definido, es cronológicamente escalonada y se encuentra bajo la orientación de técnicos profesionalizados y especializados. La *educación no formal* incluye la educación extra-escolar, esto es toda la actividad educativa organizada fuera del sistema de educación formal y destinada a alcanzar fines educativos identificables en grupos definidos.. Es decir es la educación sistemática, planificada y evaluada, pero no jerárquica, que puede llevarse en las instituciones escolares y en ámbitos abiertos y rurales (Sánchez-Mora, 2003).

Según Maarschalk (1988) la educación informal es la que se efectúa en el día a día de cada individuo, ya sea con familia, vecinos, trabajo, televisión entre otros. Sin embargo, a pesar de promover el desarrollo de competencias, actitudes y valores, resulta de una educación no programable, no estructurada y dependiente del medio que nos rodea (Hamadache, 1991). Es decir es el proceso que dura toda la vida y en el que las personas adquieren y acumulan conocimientos, capacidades y actitudes de las experiencias diarias y del contacto con su medio. La educación formal y no formal presentan la cualidad de ser procesos educativos organizados, coordinados y sistematizados, mientras que no sucede con la educación informal Sin embargo para evitar confusiones entre las tres modalidades se sugiere considerar un concepto central, el de la intencionalidad. Se plantea que una actividad educativa intencional correspondería a la modalidad formal o no formal, y las que carecen de esta intencionalidad entrarían en el ámbito de la educación informal.

#### **1.4.1 La Cultura Científica Promovida por la Educación Formal**

Se considera que la escuela garantiza el acceso de toda la ciudadanía a la cultura científica en condiciones idóneas, es decir, contribuye a que los estudiantes se percaten de la importancia social de la

ciencia, en su doble vertiente básica y aplicada. Pero a pesar de este ámbito, la cultura científica no tiene una presencia activa en la conciencia de los ciudadanos, entre ellos los escolares, de nuestra sociedad y de las sociedades de nuestro entorno. Este acceso a la información puede darse en distintos ámbitos, pero debe quedar claro que uno de los contextos donde se debe facilitar una formación científica básica a las personas en este terreno es en la escuela. La escuela debe afrontar el reto de proporcionar a cada estudiante la formación científica básica necesaria para desenvolverse en un mundo como el actual y escoger, entre la gran cantidad de información disponible, la más adecuada a sus necesidades, intereses, valores, etc. Es decir, el papel de la escuela como instrumento para orientar y formar culturalmente a las personas, refuerza considerablemente y justifica la importancia que deben tener las enseñanzas científicas en la currícula, con unos contenidos y un enfoque que permitan conseguir los fines anteriormente señalados (Membiola, 1997; 2001). Aunque no se puede dejar a un lado la información científica que manejan los escolares, que procede de las múltiples y diversas oportunidades que les brinda el contexto extraescolar (Sánchez Mora, 2004).

Comprender la ciencia no puede reducirse al saber enciclopédico de sus principales hechos, conceptos y principios, como ha defendido la enseñanza tradicional. Por ello en los últimos años y en el marco de la educación científica, el objetivo de lograr una adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia ha amplificado su importancia por considerarse central para una cultura científica de todos los ciudadanos (Alters, 1997a; Moreno, 2000). El objetivo de la educación científica formal no debería ser adoctrinar desde una posición epistemológica particular, sino más bien presentar los diversos puntos de vista sobre cada cuestión y estimular el interés de someter a un escrutinio crítico e independiente las posibles respuestas alternativas, como lo señala Alters (1997b: 42): “el interés por la ciencia es un valor consolidado para la educación científica formal, pero no debe considerarse un valor absoluto ni excluyente, de modo que no debería ser un argumento para excluir de la educación científica aquellos temas de naturaleza de la ciencia donde no haya acuerdo y que, por ello, sean más polémicos y controvertidos. Sino, por el contrario, es importante que haya una cierta dosis de desacuerdo ya que resulta saludable para la formación del espíritu crítico y la independencia intelectual de ciudadanos y futuros científicos”.

Además hay que considerar lo que bien señala Savater en su libro *El valor de educar* (2006: 114) “los planes de enseñanza general tienden a reforzar los conocimientos científicos o técnicos a los que se supone una utilidad práctica inmediata, es decir una directa aplicación laboral. La innovación permanente, lo recién descubierto o lo que da paso a la tecnología del futuro gozan del mayor prestigio, mientras que la rememoración del pasado o las grandes teorías especulativas suenan un tanto a pérdida de tiempo” (2006: 114). Así mismo este autor menciona en dicha obra la importancia de que el profesor de bachillerato no puede nunca olvidar que su obligación es mostrar en cada asignatura un panorama general y un método de trabajo a estudiantes que en su mayoría no volverán a interesarse

profesionalmente por esos temas.

La educación formal de las ciencias no debe limitarse a informar los hechos y las teorías esenciales, sino lo relativo a los caminos metodológicos por lo que se llegó a ellos. Cada ciencia tiene su propia lógica epistemológica que favorece el avance de la investigación en ese campo, pero es bien sabido que esa lógica casi nunca coincide y en muchos casos difiere de la lógica pedagógica que debe seguirse para iniciar a los principiantes en su aprendizaje. Por ello se considera que a veces es más aceptable enseñar ciencia desde teorías que ya no están totalmente vigentes pero que son más comprensibles o más estimulantes para quienes comienzan. Es decir, lo importante es que el profesor fomente las pasiones intelectuales y sea capaz de abrir el apetito cognoscitivo del alumno, no agobiarlo e impresionarlo (Savater, 2006).

#### **1.4.2 La Cultura Científica Promovida por la Educación no Formal e Informal**

Es la actualidad los medios de comunicación se han convertido en una pieza fundamental para la transmisión del conocimiento científico al público y para la configuración de una cultura científica en la sociedad. Gregory y Miller (1998) en su libro "Science in public" mencionan que "los museos científicos y los medios de comunicación han sustituido, prácticamente de forma exclusiva, la diversificación de las muchas fuentes de información que alimentaron los primeros días de la transmisión del conocimiento científico en siglos anteriores".

Existen pocos estudios sobre cómo los medios de comunicación transmiten temas científicos a la sociedad, pero hay diversos trabajos que determinan que los medios de comunicación trivializan en exceso la información científica y tienden a convertir las noticias científicas en un espectáculo. Sin embargo, el crecimiento de la información científica en los medios de comunicación, ha ido en paralelo con el interés que demuestra el público por todos los temas que tienen que ver con la innovación, el descubrimiento, nuevas terapias, políticas sanitarias, cura de enfermedades, mejoras al ambiente, etc., lo que ha repercutido de manera positiva en la cultura científica.

Es evidente que la presencia de los medios de comunicación en México, el interés subjetivo de la opinión pública y la gran difusión de las investigaciones científicas por medio de las revistas que tienen un amplio público, y que buscan una notoriedad mediática que redunde en la propia revista, como es el caso de las revistas "Muy Interesante", "Conozca Más" "Más Allá", "Quo", entre otras, motivan una generación de explicaciones, muchas de ellas no confiables, respecto a las soluciones que la ciencia ha dado sobre todo en relación con la medicina, la salud, el impacto del hombre sobre el medio, el uso de la ingeniería genética, investigaciones sobre el origen del Universo, los avances de las neurociencias, el uso de drogas, la sexualidad humana, etc.

Un ejemplo concreto de ello lo constituye el abuso que los medios realizan de los avances en el conocimiento genético, producto de las investigaciones que se publican continuamente en estas revistas

sobre el descubrimiento del “gen de” que “influye en” y “produce la”, con el consiguiente impacto del público que recibe tales informaciones, que por un lado crea falsas expectativas de curación y por otro hacer triviales determinados descubrimientos científicos.

Por otro lado la educación no formal e informal que se obtiene a través de las prácticas escolares y de los visitantes a sitios como los museos dejan ver la importancia que tienen como promotores de la cultura científica al diseñarse con objetivos y metas claras. Un ejemplo de ello lo reseña Sánchez-Mora (2004) en su texto *Los museos de ciencia*, promotores de la cultura científica donde señala que de acuerdo a Hernández (1997) los museos tienen una función primordial que apunta al encuentro directo con el público, donde la divulgación, el carácter educativo y el sentido lúdico forman parte de su esencia y sentido común. Se parte del supuesto de que el valor educativo es intrínseco al museo y que se debe manifestar en todas sus funciones y actividades, mismas que deben ser accesibles a todos.

Esta misión educativa no se contrapone por el hecho de que el museo diseñe programas concretos para visitantes en edad escolar obligatoria, porque tiene la capacidad de promover el aprendizaje en condiciones diferentes a las escolares. Esto se confirma ya que las investigaciones muestran que los estudiantes presentan una actitud más participativa en un ambiente educativo no formal, como es el museo, que en un ambiente escolar. Es por ello que la autora señala que la “evolución de las doctrinas educativas han llevado a considerar otras maneras de adquirir una cultura científica” (Sánchez-Mora, 2004).

Una de estas maneras de adquirirla es a través de la educación informal, que es la educación que dura toda la vida y que no necesariamente tiene una intencionalidad o pretende buscar un aprendizaje particular (Tourinán *et al*, 1992, citado en Sánchez-Mora, 2004). También podría equipararse a la divulgación de la ciencia por su carácter propiciador de una cultura científica y porque la recepción de sus mensajes no necesariamente implica una voluntad de aprendizaje. Por ello el museo puede tener un importante papel educativo y aculturador para la sociedad, y ser un apoyo para los profesores y otros educadores en el aprendizaje de los programas escolares (Sánchez-Mora, 2004).



---

## SEGUNDO CAPÍTULO. CONCEPTUALIZACIÓN DE INDICADORES Y COMPETENCIAS CIENTÍFICAS

### 2.1 Tipificación de indicadores

En los últimos treinta años los problemas relativos a la percepción pública de la ciencia y la “cultura científica” se han convertido en objeto del interés de las instituciones académicas y educativas. El denominador común de estas propuestas sustenta la importancia crucial de que el público esté informado, conozca y comprenda la ciencia, que sea participe de los logros científicos y que esté en condiciones de discutir los dilemas que la investigación científica plantea (Gil y Vilches, 2004).

Ante este panorama se considera necesario diseñar instrumentos para medir los niveles de percepción pública y cultura científica a través de indicadores que pongan de relieve tal asociación, con el fin de valorar que tan “científicamente culta” se encuentra la población estudiantil en nuestro país. Se han considerado tres ejes correspondientes al tipo de relaciones que la sociedad establece con la ciencia y el sistema científico (OEI/RICYT, 2003).

Un primer eje es el interés, que contempla los indicadores mediante los cuales se intenta captar la importancia relativa que la sociedad otorga a la investigación científica. El segundo eje es el conocimiento, que corresponde a los indicadores utilizados para examinar el nivel de competencias que se tiene sobre la ciencia y la naturaleza de la investigación científica. El tercer eje que incluye las actitudes y comprende dos aspectos: por un lado las actitudes de la sociedad respecto al financiamiento público de la investigación y, al mismo tiempo, la confianza en la comunidad científica; y, por otro lado, la percepción sobre los beneficios y riesgos de la ciencia.

La elaboración de estos indicadores tiene como referencia la base metodológica y el aparato conceptual desarrollado de forma pionera por la “National Science Foundation” (NSF, 2002); institución estadounidense cuyo carácter y relevancia en la elaboración de indicadores de cultura científica es reconocida como referente sobre este tema.

Los indicadores de interés y conocimiento, abarcan cuatro aspectos: a) el interés del público en temas de ciencia presentes en la agenda social: nuevos descubrimientos científicos, contaminación ambiental, productos transgénicos, etc. b) el nivel de auto valoración que el público hace sobre sus conocimientos en ciencia; c) la comprensión del público sobre ciencia y tecnología. También se considera la comprensión de términos y conceptos científicos, y la comprensión de la naturaleza de la investigación científica, d) el nivel de atención del público respecto a las políticas de ciencia, incluye el “público atento” o sea los individuos que se consideran “muy interesados” y “muy bien informados” sobre determinada área de política científica y, al mismo tiempo, son lectores regulares de un diario o revista relevantes a nivel nacional.

Los indicadores de actitudes, se formulan sobre las siguientes bases: a) las opiniones del público

respecto de las promesas o beneficios de la investigación científica y las reservas o perjuicios que pueda ocasionar la misma; b) las posturas del público respecto del uso de la ciencia; c) la percepción del público respecto a diferentes temas clave de la agenda sociopolítica: energía nuclear, transgénicos, exploración espacial, armas químicas, etcétera, y estudios de caso sobre actitudes públicas, por ejemplo biotecnología e ingeniería genética; d) el nivel de confianza en ciertas instituciones de la comunidad científica, y e) las actitudes del público en general, científicos, legisladores y políticos hacia las promesas de la ciencia.

El aspecto actitudinal en la educación científica (y tecnológica) ha sido revisado por diversos autores que señalan que en el proceso de aprendizaje se deben considerar las partes emocionales, e informan de la gran influencia que tiene sobre la educación un bagaje de constructos no observables directamente, como son la motivación, actitudes, intereses, inteligencia emocional, atención, persistencia, etcétera, relacionados todos ellos con lo que se podría llamar la experiencia afectiva, individual y subjetiva de las personas en los procesos de aprendizaje (Vázquez y Manassero, 2007; Bisquerra, 2000; Goleman, 1996).

También autores como Olivé (2007) han señalado que para el diseño y construcción de los indicadores de cultura científica se tomen en cuenta los siguientes criterios (Olivé, 2007):

- 1.- Los resultados que arrojen los indicadores deben permitir la identificación de la concepción de la ciencia que prevalece dentro del sector cuya percepción se está midiendo.
- 2.- En la construcción de indicadores se debe considerar que ni la ciencia ni el sistema científico son entidades monolíticas, sino que son el resultado de las prácticas y representaciones de muchos sectores sociales.
- 3.- La construcción de indicadores sobre ciencia depende de la representación de la ciencia que tengan los sectores involucrados en la construcción de esos indicadores.
- 4.- Se debe considerar que hay diferentes representaciones de la ciencia por parte de las comunidades científicas y los sectores de ciudadanos no expertos. Es decir, hay diversas formas de entender qué es la ciencia, qué produce y cómo lo produce; cuál es su valor social y cultural;
- 5.- Las representaciones de la ciencia incluyen las objetivas, que son perceptibles desde cualquier punto de vista dentro de una cultura moderna; las subjetivas, que son constitutivas de la ciencia, o sea constituyen aspectos de la ciencia perceptibles únicamente desde el punto de vista de los científicos, y las ideológicas, que corresponden a intereses particulares y que son susceptibles de crítica nacional.
- 6.- Los indicadores deben permitir detectar si hay conciencia de cambios en la forma de vida de la gente. Inducidos por los sistemas científicos, cuáles cambios son posibles a corto, mediano y largo plazo, y cuáles cambios son deseables y éticamente aceptables por los ciudadanos.
- 7.- Los indicadores de cultura científica deben permitir detectar las prácticas mediante las cuales se desarrolla la forma de vida de la gente (hábitos, artefactos, forma de tomar decisiones, etc.), y las

creencias que la gente tiene respecto de sus prácticas.

8.- Detectar a través de los indicadores cómo los diferentes sectores sociales conciben su participación en la preservación, transformación y desarrollo de la cultura científica.

Esta investigación se enfoca a valorar la cultura científica biológica adquirida por los estudiantes de educación media superior, tomando en consideración lo que corresponde al conocimiento declarativo: conocimientos conceptuales del campo de la biología adquiridos principalmente a través de la educación formal, y el procedimental, que se refiere a las capacidades y habilidades científicas para aplicar e interpretar fenómenos biológicos, y del papel de la investigación científica en este campo de la ciencia ante la sociedad y que impacta en la vida cotidiana.

Es decir, la propuesta metodológica no incluye valorar el aspecto actitudinal mencionado anteriormente, aún cuando se considera una parte importante de la cultura científica. Las razones por las cuales no se hace esta valoración es porque no se pudieron desarrollar indicadores confiables que valoraran la parte emocional y conductual de los estudiantes de bachillerato, ya que los planes y programas de estudio desarrollados en este nivel educativo se enfocan a evaluar el conocimiento declarativo y procedimental a través de estrategias bien definidas de enseñanza-aprendizaje, que respaldan claramente los contenidos y perfiles de egreso de las asignaturas de biología. Sin embargo el aspecto actitudinal, aunque se plantea como parte formativa del estudiante de educación media superior, no se resuelve a través de estrategias bien definidas, como en el caso del conocimiento conceptual y del desarrollo de capacidades, lo que representa un campo difícil de enfrentar sin que haya dudas con respecto a si las respuestas obtenidas son realmente el punto de vista o la opinión del sujeto participante. Inclusive las preguntas abiertas no permiten valorar con certeza si la respuesta es válida, ya que se tiene la experiencia de que las personas evaluadas contestan lo que consideran “deben contestar” y no lo que realmente piensan o está acorde con su comportamiento o forma de actuar (Vázquez y Manassero, 2007; Sánchez-Mora, 2010, comunicación personal).

Por estas razones el presente estudio se enfoca al diseño de una metodología que valore el conocimiento conceptual y procedimental a través de indicadores basados en competencias científicas, dirigidas a la comprensión de conceptos científicos biológicos, la aplicación de estos conceptos y la evaluación e interpretación de la investigación científica. Esta manera de enfocar la cultura científica biológica, permite valorar el desarrollo de competencias científicas de manera clara y precisa, como son relacionar el conocimiento cotidiano con el conocimiento biológico que se construye en el aula (e incluso en los medios informales), la capacidad de discriminar los conocimientos correctos de los erróneos sobre temas biológicos. Así mismo el desarrollo de capacidades que les permite interpretar fenómenos de la naturaleza, comprender mensajes científicos y utilizar criterios propios, es decir hacer uso de los conocimientos y habilidades adquiridas para la resolución de problemas de su entorno social y que se presentan en la vida cotidiana, relacionados con el ámbito biológico.

Para la construcción de los indicadores de cultura científica que constituyen la propuesta metodológica, se tomó en cuenta lo planteado por el Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (PISA, siglas en inglés) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) aplicados en el 2000 y 2006, que considera la competencia científica como “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” (OCDE/PISA: marco teórico), que en términos generales comprende lo que se ha postulado como cultura científica por diversos autores interesados en el tema (Bybee, 1997; Miller, 1998; Fensham, 2000; Burns *et al*, 2003). A su vez incluye la comprensión de los rasgos característicos de la ciencia, entendida como una forma de conocimiento y de la investigación científica desarrollada, del modo en que se percibe la ciencia y la tecnología que conforma nuestro entorno material, intelectual y cultural, y la disposición de la persona a implicarse en asuntos relacionados con la ciencia y con las ideas de la ciencia (Godin y Gingras, 2000).

## **2.2. Tipificación de conocimientos y competencias científicas**

### **2.2.1 Papel de las Ideas previas**

De acuerdo con la corriente constructivista es importante que en el proceso de enseñanza-aprendizaje se considere el papel que desempeñan las ideas previas de los estudiantes en la adquisición de los conocimientos, ya que las considera como el elemento clave que condiciona los aprendizajes posteriores (Millar, 1989). Por ello se desarrolló en las dos últimas décadas del siglo XX una línea de investigación sobre las ideas previas o concepciones alternativas, las cuales son, presumiblemente, consecuencia y resultado de las experiencias previas de los estudiantes, generando una importante cantidad de resultados (Duit, 2006; Hierrezuelo y Montero, 1988; Pozo *et al.*, 1991).

Aunque estos autores manifiestan diversas posturas, lo que no se puede dejar a un lado es que los humanos estamos capacitados para adquirir conocimientos en diversas circunstancias, aún cuando no sea esta nuestra intención. Lo que es importante conocer es qué tanta de esta información es parte o conforma la cultura científica, en una disciplina tan amplia y compleja como es la Biología. Y como bien lo señala Gastón Bachelard desde los años cuarenta del siglo XX cuando acuñó el concepto de obstáculo epistemológico que ahora se denomina preconcepción o idea previa, y señala en su libro *La formación del espíritu científico* que “toda cultura científica debe comenzar por una catarsis intelectual. Queda luego la tarea más difícil: poner a la cultura científica en estado de movilización permanente, reemplazar el saber cerrado y estático por un conocimiento abierto y dinámico, dialectizar todas las variables experimentales, dar finalmente a la razón motivos para evolucionar” (2007: 21).

Es claro que las experiencias con el mundo físico y natural son especialmente interesantes para la enseñanza de las ciencias, porque yendo más allá del diagnóstico de ideas previas, permiten integrar las experiencias previas de los estudiantes en las actividades del aula. Además, proporcionan conocimientos empíricos de la naturaleza, relevantes para los aprendizajes propios de la disciplina, y diseñan el pensamiento que condiciona el uso de las estrategias cognitivas y de aprendizaje en Ciencia y Tecnología (Campanario y Otero, 2000).

Las investigaciones sobre este campo constatan que estas ideas existen en estudiantes de todas las edades; se repiten y se reiteran en diversos contextos históricos y culturales. Frecuentemente son opuestas al conocimiento científico y, sobre todo, muy resistentes al cambio, de modo que, en ocasiones, obstaculizan el aprendizaje científico escolar. Las ideas previas actúan como verdaderas teorías implícitas o concepciones alternativas a las teorías científicas establecidas en el currículo escolar y, por ello, constituyen un criterio epistemológico importante para el aprendizaje de la ciencia. Las ideas previas son el desafío más importante para la didáctica de las ciencias, y la atención a ellas se ha convertido en un lugar común de las propuestas escolares didácticas y organizativas en la enseñanza de las ciencias (Reid y Hodson, 1993).

Sin embargo, el escaso éxito de las diversas metodologías didácticas propuestas para superar las ideas previas en el aula (p. e. el conflicto cognitivo), así como algunas críticas realizadas desde una perspectiva más general y teórica al constructivismo, como filosofía y teoría general del aprendizaje, han contribuido a replantear de manera más realista algunas metas educativas (Millar, 1989). Aunque se ha señalado que las ideas previas no tienen otro origen que no sea la experiencia cotidiana de los estudiantes adquirida en el desarrollo del proceso educativo, donde están implicadas habilidades cognitivas, pero también, y sobre todo, procedimentales y afectivas (Preece, 1984).

En las últimas décadas han sido muchos los trabajos que, tanto desde una perspectiva teórica como desde una perspectiva experimental, han intentado explicar los factores que inciden en el aprendizaje de las ciencias. Gran parte de la literatura se ha ocupado de la identificación, explicación y mejora de las dificultades de los estudiantes en la comprensión de conceptos científicos. En esta literatura se pone en evidencia la barrera que supone el conocimiento previo del alumno, sus pre-concepciones, en el proceso de conceptualización científica como lo describen varios autores dedicados a identificar el papel de las ideas previas en el aprendizaje formal (Hierrezuelo y Montero, 1988; Wandersee et al., 1994; West y Pines, 1985).

Sin embargo otras investigaciones han revelado que el conocimiento previo de los alumnos está relacionado con los niveles de pensamiento complejos, como es la resolución de problemas (Lawson, 1983; Lee *et al*, 1996). Dichos autores han dado soporte a los postulados de la teoría de la asimilación de Ausubel (Ausubel *et al*, 1978), a su vez revisada y puesta en práctica por Novak (1988a; 1988b; 1991), que señala el papel primordial que tiene el conocimiento previo en los procesos cognitivos involucrados

en el aprendizaje significativo.

Además se conoce que una vez que se ha alcanzado el nivel de operaciones formales los sujetos son capaces de pensar de manera hipotético-deductiva, buscar relaciones entre variables, controlar variables, utilizar modelos científicos y resolver problemas (Solaz-Portolés y Sanjosé, 2006). Esto es, las operaciones mentales no se limitan al campo de los datos inmediatos sino que, por el contrario, los hechos reales inmediatos entran a formar parte de un subconjunto de lo posible. De manera que se esperaría que una vez que se ha alcanzado una cierta madurez en el proceso cognitivo se logra aplicar los conocimientos adquiridos para resolver problemas, como lo señalan Solaz-Portolés y Sanjosé (2008).

### **2.2.2 La resolución de Problemas**

Si partimos que la resolución de problemas es una de las mejores maneras de evaluar conocimientos y habilidades adquiridas, que conforma la cultura científica, entonces esta capacidad de resolver problemas también está conectada con las capacidades cognitivas de reflexión, análisis e interrelación que se logran obtener al desarrollar un pensamiento crítico.

Así mismo si tomamos en cuenta lo señalado por Lawson (1983) y Lee y colaboradores (1996; 2001) que consideran la resolución de problemas como variable predictiva del rendimiento, entonces a través de esta variable se puede medir la aptitud para conectar la información del problema con la que se dispone en la estructura cognitiva y la pericia para procesar (comprender, analizar, interpretar) la información que suministra el enunciado del problema.

Así los estudios realizados sobre este asunto (Kempa, 1991; Novak, 1991; Neto, 1991; Johnstone *et al*, 1993) han identificado que los estudiantes que mejor resuelven los problemas son los que tienen las siguientes características:

1. Mayor conocimiento previo sobre la materia del problema.
2. Más habilidad de razonamiento formal.
3. Más cantidad de conceptos y de relaciones entre ellos (sobre la materia del problema) en la memoria a largo plazo, es decir más conocimiento conceptual.
4. Más capacidad de memoria a corto plazo (memoria de trabajo, operativa, inmediata o funcional).
5. Mayor aptitud para procesar la información del enunciado del problema y para encajarla dentro de los esquemas de conocimiento.
6. Mejores estrategias de estudio que comporten un procesamiento más profundo de la información presentada.

En el trabajo de Solaz-Portolés y SanJosé-López (2008), se identifica que de estas seis variables, la mayor contribución a la resolución de problemas lo aporta el conocimiento conceptual o declarativo, seguido de estrategias de estudio y conocimiento previo. Se destaca entonces el papel relevante del

conocimiento conceptual en la resolución de problemas, ya que es el elemento de mayor peso estadístico. Esta relación entre conocimiento conceptual y resolución de problemas es congruente con los estudios de Entwistle y Ramsden (1983) Kempa (1986) y Novak (1988b), donde se resaltan la importancia de la cantidad de conceptos y estructuras proposicionales para abordar con eficacia la resolución de problemas.

Así mismo están acordes con los resultados obtenidos por Ferguson-Hessler y De Jong (1990) y los de Chi y colaboradores (1982), al mostrar que los esquemas de conocimiento instalados en la memoria a largo plazo de los sujetos "expertos" (con conocimientos), están mejor organizados y estructurados y contienen más conceptos. Y con los resultados generados por Lang Da Silveira y colaboradores (1992) donde se señala que el dominio de los conceptos es una condición *sine qua non* para poder aplicarlos correctamente en la resolución de problemas.

Mayer (1998), por su parte, propone un modelo cognitivo para explicar la resolución de problemas. Este modelo cognitivo puede resumirse en dos pasos principales: traducción e integración del problema, y planificación y ejecución de la solución. En el primer paso, se requiere que el solucionador transforme la información del enunciado, de acuerdo con el conocimiento disponible, en un modelo (representación) mental. El segundo paso, en el que se perfila una estrategia de resolución del problema, depende de la transformación eficaz del problema en un correcto modelo mental. Durante la planificación de la resolución se debe ensamblar la información proporcionada por el problema (lo que incluye aquello que se nos pide en el problema) con la que se encuentra almacenada en la memoria de trabajo en los esquemas de conocimiento previo. Si no se puede efectuar el ensamblaje no se obtiene una estrategia de resolución.

Los trabajos de Santamaría y colaboradores (1996) y García-Madruga y colaboradores (2002), son dos muestras de investigaciones en el área de la ciencia cognitiva que han puesto de manifiesto la importancia de los modelos o representaciones mentales en el razonamiento humano. Más en concreto, en dichos estudios se destaca la potencialidad de la teoría de modelos mentales propuesta por Johnson-Laird (1990; 2000), basada en el supuesto de que la mente construye modelos internos del mundo externo y que usa estos modelos para razonar y tomar decisiones, una de las características del pensamiento crítico. Acorde con ese autor, Anderson (1995) considera a los modelos mentales como la síntesis del conocimiento declarativo. Además señala que es necesario recordar que el conocimiento declarativo es el saber qué, es decir, se refiere al contenido específico o conocimiento factual dentro de una disciplina o dominio, e incluye hechos, conceptos y principios, como los que se pretende valorar en el ámbito de las ciencias biológicas. Por ello dicho autor afirma que para resolver problemas es necesario hacer funcionar y reestructurar modelos mentales, y para ello es preciso desarrollar una sólida base de conocimiento conceptual o declarativo. Así mismo la capacidad de desarrollar modelos mentales resulta clave para tener éxito en la resolución de problemas que es una de las metas del pensamiento crítico.

### **2.2.3 Pensamiento crítico**

Tomando en cuenta la concepción de cultura científica planteado en esta investigación, que considera la capacidad para que los estudiantes relacionen los problemas prácticos de índole científico con su vida cotidiana, de opinar sobre temas científicos que afectan a la sociedad a la que pertenecen, de juzgar los argumentos de los otros y tener una postura respecto a algún problema o situación particular, es necesario que hayan adquirido ciertas habilidades o competencias, ya que de esta manera aprenden a analizar la información, resuelven problemas y toman decisiones.

En este sentido, una persona que ha desarrollado un pensamiento crítico es alguien que utiliza criterios específicos para evaluar razonamientos y tomar decisiones. En otras palabras, la persona comprende el asunto y evalúa los argumentos subyacentes para sacar conclusiones (Distler, 1998). Esta concepción de cultura científica hace hincapié en la aplicación de los aprendizajes a situaciones reales de vida y sostiene que si los estudiantes entienden cómo es su proceso de aprendizaje, pueden transferir lo que aprenden a su vida cotidiana. Algunos ejemplos pueden encontrarse en Brandsford y Stain (2000) y Sternberg (1985).

No existe consenso en cuanto a la definición de pensamiento crítico. De hecho, las definiciones se han ido construyendo de acuerdo con los enfoques filosóficos, psicológicos y educacionales. Al hablar del enfoque educacional se hace referencia a un enfoque ecléctico que, por lo general, propone una gran variedad de tareas y métodos de investigación y de indagación. En ese sentido, quien trabaja con un modelo educativo aplica destrezas de aprendizaje jerárquicamente dentro del salón de clases y motiva a sus estudiantes a avanzar hacia niveles de pensamiento de orden superior. Por ejemplo, determinar el uso de una fórmula y cómo evaluar los resultados en una lección de álgebra implica que los estudiantes tomen decisiones, y la toma de decisiones es un nivel de pensamiento de orden superior (Sormunen y Chalupa, 1994).

Para la mayoría de los investigadores y expertos en el área, el pensamiento crítico implica niveles de pensamiento superior donde el rol de los profesores ha sido considerado central en este proceso. El pensamiento crítico se ha relacionado con el juicio reflexivo, la resolución de problemas, el pensamiento lógico, la toma de decisiones, aspectos que se quiere debiera obtener cuando se adquiere una cultura científica.

El pensamiento crítico se ha caracterizado como un proceso cognitivo intencional y autorregulado, donde las actitudes, los valores e inclinaciones de una persona también se han considerado como variables que afectan el pensamiento crítico, como afectaría nuestra manera de ver las cosas del mundo de acuerdo a la cultura científica que adquirimos. Por lo tanto, la disposición hacia el pensamiento crítico es una fuente importante de influencia en los estudiantes, que debería ser considerada, junto con el diseño de objetivos y tareas, para ayudarlos en el desarrollo y mejora de sus procesos de pensamiento de orden superior.



Es decir la noción de pensamiento crítico es un concepto multidimensional que involucra varios elementos: intelectuales (razonamiento), psicológicos (autoconciencia y disposiciones), sociológicos (contexto socio-histórico) y éticos (moral y valores) (Guzmán y Sánchez Escobedo, 2006). Se puede considerar que todos estos aspectos se logran obtener de alguna manera cuando se adquirimos conciencia de lo que pasa a nuestro alrededor, contamos con información, la utilizamos y sabemos aplicar, es decir cuando hemos logrado adquirir una cultura científica crítica.

Por su parte Brookfield (1987) ha argumentado que las habilidades de pensamiento crítico son vitales para llegar a ser una persona plenamente desarrollada. El pensamiento crítico se ha relacionado, frecuentemente, con el uso de herramientas cognitivas que permiten aumentar la posibilidad de alcanzar un cierto resultado deseable. Se le ha descrito como un proceso intencionado de pensamiento que está orientado al logro de una meta, como el tipo de pensamiento que se utiliza en la resolución de problemas, la toma de decisiones, el análisis y las inferencias lógicas.

La sugerencia es que el estudiante al involucrarse activamente en su aprendizaje, en lugar de ser un receptor pasivo de la información, se puede llegar a convertir en una persona crítica. Además, este autor argumenta que la habilidad de pensar críticamente es crucial para entender nuestras relaciones interpersonales, imaginar maneras de organizarse en el trabajo de manera alternativa o más productiva, y convertirse en personas políticamente cultas.

Autores como Laskey y Gibson (1997) afirman que el pensamiento crítico es un proceso complejo que hace referencia a una repertorio de actividades cognitivas que actúan de manera conjunta, y que incluyen habilidades cognitivas, tales como: resolución de problemas, pensamiento lógico, perspectiva y percepción de ideas; análisis, evaluación y toma de decisiones. Este enfoque de Laskey y Gibson (1997) está basado en la taxonomía de Bloom (1990) y se centra en una serie de pasos ordenados que guían al profesor para el desarrollo y fomento del pensamiento crítico.

En resumen los autores mencionados consideran que las personas que piensan de manera crítica no sólo se caracterizan por sus destrezas cognitivas, sino además, por la manera como ven la vida; estas personas pueden ser reconocidas por cómo afrontan las preguntas, los asuntos o los problemas. Esto quiere decir que el pensamiento crítico va más allá del salón de clases, e incluye los conocimientos y habilidades que adquirimos fuera de la escuela y a través de la forma de percibir el mundo en nuestra vida cotidiana.

Los hallazgos de los autores antes mencionados, apoyan la idea planteada en esta investigación que para lograr una cultura científica (crítica), es necesario tomar en cuenta las ideas previas que son parte fundamental de nuestros procesos cognitivo en la comprensión de conocimientos conceptuales o declarativos, y que a través de un proceso más complejo que involucra hacer funcionar y reestructurar modelos mentales, es preciso desarrollar una sólida base de conocimiento conceptual o declarativo. Así mismo, se plantea que la capacidad de desarrollar representaciones mentales, que incluyen el juicio

reflexivo y el pensamiento lógico, resulta clave para tener éxito en la aplicación de dichos conocimientos y habilidades adquiridas, hacia la resolución de problemas y toma de decisiones, que son la parte clave de la cultura científica que se valora en este estudio.

### **2.3 Conceptualización y evaluación de competencias científicas**

Como se ha señalado en los incisos anteriores, esta investigación se enfoca a valorar la cultura científica biológica adquirida por los estudiantes de educación media superior, tomando en consideración los conocimientos biológicos adquiridos a través de la educación formal, y las capacidades o habilidades científicas para aplicar e interpretar fenómenos biológicos, y del papel de la investigación científica en este campo de la ciencia ante la sociedad.

Se asume que al tener una cultura científica biológica los estudiantes son capaces de desarrollar competencias científicas como son el relacionar el conocimiento cotidiano con el conocimiento biológico que se construye en el aula y en los medios informales, que son capaces de discriminar las creencias correctas de las erróneas sobre temas biológicos, y que han logrado desarrollar capacidades que les permite interpretar fenómenos de la naturaleza, comprender mensajes científicos y utilizar criterios fundamentados, es decir hacer uso de los conocimientos y habilidades adquiridas para la resolución de problemas de actualidad y que se presentan en la vida cotidiana, relacionados con el ámbito biológico.

Para hacer la valoración de la cultura científica bajo este marco teórico y en los términos antes descritos, se toma como base el Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (PISA, siglas en inglés) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) del 2000 y 2006, que considera la competencia científica como “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”, que en términos generales comprende lo que entendemos como cultura científica (Bybee, 1997; Miller, 1998; Fensham, 2000; Burns *et al*, 2003). A su vez incluye la comprensión de los rasgos característicos de la ciencia, entendida como una forma de conocimiento y la investigación humana, 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 (Godin y Gingras, 2000).

Según este Programa, la competencia científica se define como “la capacidad de utilizar el conocimiento y los procesos científicos, no solo para comprender el mundo natural, sino también para intervenir en la toma de decisiones que lo afectan” (PISA, 2006). Los aspectos cognitivos que incluyen el conocimiento al que han de recurrir los estudiantes, así como a su capacidad de hacer uso del mismo de forma eficiente cuando llevan a cabo ciertos procesos cognitivos propios de las ciencias – las biológicas-, y de las investigaciones científicas que tienen relevancia a nivel d personal, social y global.

Esto es importante porque a través de las competencias científicas se puede evaluar aquellas cuestiones a las que el conocimiento científico puede realizar una aportación y que, ahora o en un futuro próximo, hará que los estudiantes se vean involucrados en los procesos de toma de decisiones; es decir desde la perspectiva de sus competencias científicas, los estudiantes abordan estas cuestiones según su grado de comprensión de los conocimientos científicos pertinentes, su capacidad para acceder a la información y evaluarla, su capacidad para interpretar las pruebas científicas según el caso y su capacidad para identificar los aspectos científicos y tecnológicos de la cuestión planteada (Koballa *et al*, 1997; Law, 2002; Sánchez-Mora, 2006).

Por lo anteriormente señalado, el término competencia científica se ha elegido en esta investigación como elemento fundamental para valorar la cultura científica de los estudiantes que han cursado el educación media superior, y está sustentado en las razones referidas en el Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes de la OCDE (2006):

- a) Es aceptado por un término que representa las metas de la educación en ciencias que son aplicables a los estudiantes, sobre todo de nivel medio y educación media superior;
- b) Connota la gran amplitud y el carácter aplicado que tiene como objetivo la educación en ciencias;
- c) Representa un continuo que engloba tanto el conocimiento científico como las habilidades científicas asociadas a la investigación en ciencias;
- d) Incorpora una multiplicidad de dimensiones e incluye las relaciones entre la ciencia y la tecnología. Es decir las competencias científicas, en su sentido más amplio, evalúan el nivel de competencia alcanzado por los estudiantes.

---

## TERCER CAPÍTULO. MARCO TEÓRICO DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA

### 3.1 Presentación. Planteamiento de la propuesta metodológica

Identificar lo que deben conocer y ser capaces de realizar los estudiantes acerca de la ciencia y de la investigación científica no es una tarea clara y sencilla, ya que significa plantearse qué nivel de conocimientos y habilidades de pensamiento tienen y han llegado a desarrollar los estudiantes, sin que ello implique un dominio de todo el conjunto del conocimiento científico. En este sentido, el principio rector por el que se guiará el marco de evaluación de la propuesta metodológica de este trabajo, será concebir las necesidades de los estudiantes. Es decir, en su condición de estudiante ¿qué tipo de conocimiento es el más indicado para un joven de bachillerato? La respuesta a esta pregunta incluye los conceptos básicos de la disciplina, en este caso de biología, pero ese conocimiento ha de ser utilizado en el contexto de los estudiantes en términos de su vida cotidiana.

Por otra parte, es natural que los jóvenes se vean en situaciones que requieren un cierto grado de conocimiento de la ciencia, entendida ésta como un proceso que genera conocimiento y postula explicaciones del mundo natural. Esto conduce a responder la siguiente pregunta: ¿qué actividades relacionadas con las ciencias biológicas debe ser capaz de realizar un estudiante que ha cursado el bachillerato? Se parte de que en la actualidad cualquier joven de educación media superior se ve a menudo en la necesidad de extraer conclusiones adecuadas a partir de una serie de preguntas e informaciones que se le han proporcionado. Asimismo, debe valorar las afirmaciones de terceros sobre la base de las preguntas elaboradas o diferenciar entre una opinión personal y una aseveración basada en pruebas, las que en muchas ocasiones tienen un carácter científico.

También habría que responder a la pregunta: ¿poseen los estudiantes la capacidad de diferenciar las afirmaciones dotadas de solidez científica de las que carecen de ella? Es habitual que en la escuela y, a veces fuera de ella, se pida al joven estudiante que emita un juicio sobre la validez de las principales teorías científicas o sobre los potenciales avances de la ciencia. Es decir, se espera que sea capaz de tomar decisiones con base en las pruebas o conclusiones científicas concernientes a su salud o temas relacionados con el medio ambiente y los recursos de su entorno más inmediato.

Muchas de estas preguntas se plantearon para la formulación del Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes de la OCDE y señala como “una persona cultivada debería ser capaz distinguir el tipo de cuestiones a las que pueden dar respuesta los científicos, o el tipo de problemas que pueden ser solucionados mediante la aplicación de tecnologías de base científica, de aquellas otras que no pueden responder ni solucionarse de esa manera” (OCDE/PISA, 2006:21).

El diseño y construcción de la metodología desarrollada en esta tesis, parte del concepto de cultura científica referido en el marco teórico, que enfatiza en la adquisición de conocimientos y destrezas

requeridas para tener un papel activo en una sociedad donde la ciencia moldea en gran medida nuestras vidas, y está acorde con lo establecido en el Informe de la Ciencia del Siglo XXI. Y se enfoca a valorar la cultura científica biológica adquirida por los estudiantes de educación media superior, tomando en consideración lo que corresponde al conocimiento declarativo: conocimientos conceptuales del campo de la biología adquiridos principalmente a través de la educación formal; el procedimental, que se refiere a las capacidades y habilidades científicas para aplicar e interpretar fenómenos biológicos, y del papel de la investigación científica en este campo de la ciencia ante la sociedad y que impacta en la vida cotidiana. Es decir se dejará a un lado el aspecto actitudinal mencionado anteriormente, y se enfocará el estudio a valorar el conocimiento conceptual y procedimental a través de indicadores en términos de competencias científicas, dirigidas a la comprensión de conceptos científicos biológicos, la aplicación de estos conceptos y la evaluación e interpretación de la investigación científica.

Esta metodología parte del supuesto de que para resolver problemas el estudiante debe tener dominio de los conceptos relevantes, en este caso de ecología, genética y evolución, que son los tres campos de la Biología considerados importantes en este estudio, por su óptica integral de los procesos biológicos, para valorar la cultura científica biológica, ya que no es posible aplicar los conceptos sin haberlos comprendido y, mucho menos, analizarlos, evaluarlos e interpretarlos, como bien lo refiere la taxonomía de Bloom (1990) y, en particular, las adecuaciones hechas a la taxonomía de Bloom descritas por Da Silveira y colaboradores (1992). Dicho de una manera simple, el dominio de los conceptos es una condición necesaria para su aplicación e interpretación.

Además en este estudio se plantea que el dominio de los conceptos es fundamental para poder aplicarlos correctamente en la resolución de problemas, y la resolución de problemas es una actividad de innegable importancia para producir aprendizajes significativos, es decir, el aspecto cognoscitivo del aprendizaje que lleva a los estudiantes a reforzar y clarificar los conceptos y principios biológicos que se enseñan, así como un medio para el ejercicio de la mente de los procesos reflexivos, que además permite desarrollar actitudes de satisfacción y responsabilidad al opinar y tener una postura; de manera que la resolución de problemas es una herramienta valiosa para valorar la cultura científica adquirida. Por ello el instrumento utilizado está enfocado a valorar fundamentalmente el conocimiento procedimental que forma la cultura científica en el ámbito biológico, sin dejar de tomar en cuenta el conocimiento conceptual que está implícito y que han adquirido los estudiantes a través de sus estudios a educación media superior.

Para ello se hace explícito que el conocimiento declarativo o conceptual se relaciona con el “saber algo” o “saber explicar algo”, que en este caso corresponde a los conceptos y procesos biológicos fundamentales de evolución, genética y ecología. Implica, a su vez, la comprensión de los conocimientos, la capacidad de aplicarlos, así como el análisis y la síntesis de los mismos para evaluarlos e interpretarlos, es decir abarca distintos niveles de conocimiento o lo que se conoce como habilidades de

pensamiento de orden superior, según describe la taxonomía de Bloom (1990) y la taxonomía revisada de Bloom por Anderson y Krathwohl (2001) y por Churches (2007). Y que el conocimiento procedimental o destrezas, se enfoca a “saber aplicar” o “saber cómo”, que en este caso incluye la obtención y manejo de la información biológica para discriminar, proponer o plantear alternativas o soluciones a un problema biológico planteado.

Esto se hace con el fin de valorar si los estudiantes con cultura científica biológica, son capaces de utilizar significados científicamente aceptados en el contexto adecuado y tener la capacidad de discriminarlos de aquellos que la ciencia no acepta; así mismo, de resolver problemas biológicos utilizando los conceptos aprendidos y poder identificar o plantear soluciones alternativas. Tomando en cuenta lo anterior se diseñó un instrumento metodológico que permitiera responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué sabe el estudiante de las concepciones biológicas de ecología, evolución y genética?
- ¿Cómo aplica sus conocimientos para explicar un proceso biológico?
- ¿Cómo discrimina las concepciones correctas de las erróneas sobre un proceso biológico?
- ¿Cómo contextualiza sus ideas y el conocimiento científico biológico adquirido?
- ¿Cómo se pueden aplicar conclusiones científicas para entender sucesos de la vida cotidiana?

Las preguntas elaboradas que constituyen la prueba que se aplicó a los estudiantes fueron de tipo cualitativo, que según Pozo y colaboradores (1991:89) se definen como: “problemas abiertos en los que se debe predecir o explicar un hecho, analizar situaciones cotidianas y científicas e interpretarlas a partir de los conocimientos personales y/o del marco conceptual que proporciona la ciencia”. Es decir, son problemas cualitativos que permiten al estudiante reflexionar sobre sus conocimientos, permitiendo la aplicación de los mismos al análisis de un fenómeno o principio (Lucero *et al.*, 2006). Además, se consideró que esta forma de diseñar las preguntas exige una lectura comprensiva del enunciado del problema, para poder identificar cuál es el problema real y el área de conocimientos correspondiente, lo que permite valorar las habilidades del estudiante.

### **3.2 Disciplinas biológicas consideradas**

El carácter integrador de las disciplinas biológicas: evolución, genética y ecología, fue el criterio para seleccionarlas y diseñar el instrumento metodológico desarrollado. Así mismo se tomó en cuenta el punto de vista de Ernst Mayr descrito en su libro *Por qué es única la Biología* y menciona que “la mayor parte

de las teorías biológicas no se basan en leyes sino en conceptos”, y pone como ejemplos conceptos de evolución y de ecología: selección natural, especiación, filogenia, adaptación, competición, población, biodiversidad, ecosistema (Mayr; 2006:45). Se agregan conceptos de genética por ser una de las disciplinas biológicas que ha tenido mayores avances en los últimos 57 años, desde que se conoció la estructura del ADN por Watson y Crick en 1953 y en la última década por el desarrollo de la genética dirigida al conocimiento del genoma humano y el origen de la humanidad (Wells, 2007).

También se consideró importante para la selección de las disciplinas biológicas que se valoran en términos de cultura científica biológica, lo mencionado por E. Mayr (1998) en su libro *Así es la Biología* respecto a que las preguntas ¿qué?, ¿cómo? y ¿por qué? planteadas en una investigación científica, pueden servir de base para identificar los aspectos relevantes de las disciplinas biológicas. La evolución hace preguntas sobre el qué, ya que estudia procesos como los que condujeron a nuevas adaptaciones y nuevos taxones. Así mismo el estudio de la diversidad orgánica, que constituye la materia principal de muchas disciplinas biológicas, es de particular importancia para la ecología, una de las disciplinas biológicas más heterogénea y que más conceptos abarca, porque incluye lo relativo a individuos, poblaciones, comunidades, biosfera, biodiversidad, ambiente y ecosistemas.

Según Mayr (1998), las preguntas del tipo ¿cómo? y ¿por qué? se relacionan con el análisis de procesos desde el nivel molecular hasta de organismos completos, siendo la genética una disciplina que plantea este tipo de preguntas. Además la genética abarca en cierto modo, todo lo que concierne a los organismos vivos, ya que el programa genético es un factor subyacente que influye en lo que hacen los organismos, ya que desempeñar un papel importante pero no decisivo en la formación de la estructura del organismo, en su desarrollo, sus funciones y sus actividades. Y las preguntas del tipo ¿por qué? se relacionan con factores evolutivos que explican los aspectos de los organismos vivos que existen actualmente o han existido en el pasado. Desde que surgió el concepto de evolución y específicamente cuando Darwin propuso a la selección natural como un mecanismo concreto de cambio, las preguntas del tipo ¿por qué? adquieren una legitimidad científica (Mayr, 1998). Este autor señala que las causas próximas que influyen en el funcionamiento de un organismo, así como en su desarrollo, tienen que ver con la descodificación de los programas genéticos. En cambio, las causas evolutivas (remotas) intentan explicar por qué un organismo es como es, entendiéndolo como producto de la evolución. Es decir las causas próximas responden a la pregunta ¿cómo? y las causas evolutivas responden a la pregunta ¿por qué?

En esta investigación las preguntas planteadas a los estudiantes responden en muchos casos a los qué, cómo y por qué de la investigación científica biológica enfocada a estas tres disciplinas biológicas consideradas como fundamentales para la adquisición de una cultura científica biológica.

### **3.3. Características de las competencias científicas desarrolladas**

En esta investigación el concepto de competencia científica se establece en términos de aptitud como lo plantea el Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (PISA), pero en este caso enfocado al ámbito de la ciencia biológica, de manera que se define como “la capacidad de comprender y emplear el conocimiento científico biológico, a través de reconocer conceptos, preguntas y conclusiones basadas en evidencias científicas, así como evaluar e interpretar resultados y conclusiones de la investigación científica, con el fin de comprender y tomar una posición sobre el mundo natural y los cambios a los que se le somete a través de la actividad humana identificar preguntas y obtener conclusiones basadas en evidencia, con el fin de comprender y tomar posiciones sobre el mundo natural y los cambios a los que se le somete a través de la actividad humana” (modificado de OCDE/PISA, 2000). Para transformar esta definición en una forma de apreciar la aptitud para ciencias, se identificaron tres aspectos:

**Contenido.** Lo referente al conocimiento científico y la comprensión conceptual que se requiere en el empleo de estos procesos.

**Procesos.** Referidos a los procesos mentales involucrados en abordar una pregunta o un tema (como la capacidad de identificar evidencia, explicar conclusiones, interpretar fenómenos científicos, interpretar conclusiones científicas).

**Contexto.** Las situaciones en las que se aplican los procesos y la comprensión; tales como el contexto social referido al ambiente o la conservación de recursos.

Se hace énfasis sobre la capacidad para emplear el conocimiento científico, así como la comprensión conceptual que se requiere en el empleo de procesos que permiten entender, aplicar, sintetizar y analizar fenómenos científicos, lo que englobaría la interpretación del conocimiento científico. Es decir los estudiantes deben ser capaces de comprender procesos de las ciencias biológicas (evolución, genética y ecología) y aplicar estos conceptos.

Por otra parte también se hace énfasis sobre la capacidad de saber acerca de la ciencia. Es decir los estudiantes deben ser capaces de reconocer el tipo de evidencia necesaria en una investigación científica, mediante la cual se pueden obtener conclusiones confiables a partir de la evidencia, así como de sus procedimientos, fortalezas y limitaciones y de los tipos de interrogantes que se puede responder y los que no. Todo ello englobaría la interpretación de la investigación científica.

Este enfoque a través de competencias científicas, está dirigido a valorar si sus experiencias escolares han culminado en un entendimiento de los procesos científicos y la capacidad de aplicar los conceptos científicos de tal manera que les permitan tomar decisiones acerca del mundo natural y los cambios que se hacen por la actividad humana. Dichos argumentos, a su vez, permiten identificar los siguientes procesos científicos para ser evaluados. Aspectos que se consideran fundamentales en el Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes desarrollado por la OCDE en el 2006, y que sustentan la herramienta metodológica desarrollada:



**1) Demostrar la comprensión de conceptos científicos biológicos.** Esto significa poder demostrar el entendimiento de los conceptos científicos, por medio de la capacidad de aplicarlos en situaciones distintas de aquellas en las que fueron aprendidos. En este caso, se involucra no sólo el hecho de recordar los conocimientos sino también de mostrar la relevancia de los mismos al emplearlos para hacer predicciones o proporcionar explicaciones.

Los conceptos científicos seleccionados en las pruebas aplicadas, que constituyen la herramienta metodológica desarrollada para valorar la cultura científica, están expresados en términos de ideas integradoras amplias que contribuyen a explicar aspectos de nuestro medio natural a través de las tres disciplinas biológicas: ecología genética y evolución. El marco de las pruebas aplicadas no pretende identificar todos los conceptos que podrían cumplir con este criterio, puesto que sería imposible evaluarlos integralmente dentro de las restricciones de un “espacio” de prueba limitado. Por ello se tomó una muestra de los conocimientos biológicos que se consideran claves en los programas de las asignaturas de Biología impartidas en el Bachillerato y que forman parte del perfil de egreso del estudiante para el área de las ciencias:

- a) Evolución: procesos de cambio, adaptación, selección natural.
- b) Genética: variabilidad genética, herencia, mutación.
- a) Ecología: biodiversidad, ecosistemas, impacto sobre el ambiente.

**2) Reconocer situaciones investigables, del ámbito biológico, de manera científica.** Esto significa que los estudiantes son capaces de identificar los tipos de planteamiento que la ciencia puede intentar responder o la hipótesis específica que es, o podría ser, probada en una situación particular. Se evalúa por medio de la presentación de una situación en la cual se puede responder científicamente a cuestionamientos que deben ser identificados, o mediante una serie de interrogantes o preguntas para ser respondidas a través de la información generada por la investigación científica.

**3) Identificar la evidencia necesaria en una investigación científica del campo de la biología.** Este proceso involucra la identificación o la proposición de evidencia necesaria para responder a las preguntas que se plantean en una investigación científica, o bien, los procedimientos necesarios para reunir dicha evidencia. Esto se evalúa a través de presentar a los estudiantes una investigación y pedirles que identifiquen la evidencia necesaria o los pasos a seguir para obtener pruebas válidas.

**4) Interpretar conclusiones científicas del ámbito biológico para resolver problemas de la vida cotidiana.** Este proceso involucra el relacionar conclusiones con la evidencia sobre la cual se basan o deberían basarse las investigaciones científicas. Se valora proporcionando a los estudiantes el recuento de una investigación y las conclusiones que surgieron de ella, para luego pedir que evalúen dichas conclusiones

y resuelvan problemas cotidianos y de actualidad.

En la Tabla 1 se resumen las competencias científicas que se evaluaron en la propuesta metodológica desarrollada y que son el fundamento del concepto de cultura científica biológica planteada por este estudio. Estas dos competencias se valoraron de manera independiente para lograr identificar niveles de dominio del conocimiento conceptual o declarativo y del conocimiento procedimental que incluye desarrollo de habilidades o capacidades. Cada una de las preguntas que constituyen la prueba desarrollada tiene una calificación que va del 1 al 5, según el puntaje obtenido por el número de respuestas correctas para cada pregunta, siendo el máximo de 4 respuestas correctas, de acuerdo al siguiente cuadro.

Puntaje de respuestas correctas	Calificación obtenida en términos de nivel de dominio
0	1
1	2
2	3
3	4
4	5

**Tabla 1. Competencias científicas que se evalúan en el instrumento metodológico**

TIPO DE COMPETENCIA	ASPECTOS QUE EVALÚA LA COMPETENCIA
<b>A. Comprender y aplicar conceptos y procesos biológicos.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Demostrar la comprensión de conceptos científicos biológicos.</li> <li>● Reconocer situaciones, del ámbito biológico, investigables de manera científica.</li> </ul>
<b>B. Evaluar e interpretar planteamientos y conclusiones científicas para la resolución de problemas.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Identificar la evidencia necesaria en una investigación científica del campo de la biología.</li> <li>● Interpretar conclusiones científicas del ámbito biológico para resolver problemas cotidianos.</li> </ul>

En la tabla 2 se hace una descripción del nivel de dominio de ambas competencias para obtener a su vez el nivel de cultura científica adquirida por los estudiantes de bachillerato.

El porcentaje que se indica para cada nivel de dominio se utiliza como una referencia estadística para delimitar el rango entre el nivel mínimo y el máximo de dominio de las competencias científicas.

Los resultados obtenidos de la valoración de cada pregunta permitieron determinar el nivel de dominio de cada competencia científica y de las tres disciplinas biológicas seleccionadas: evolución, genética y ecología.

Tabla 2. Parámetros que caracterizan los niveles de dominio de cultura científica biológica

CALIFICACIÓN	NIVEL DE APTITUD O DOMINIO	DEFINICIÓN DEL GRADO DE DOMINIO DE LAS COMPETENCIAS CIENTÍFICAS	%
1	Ninguno	No se logró la capacidad de comprensión y aplicación del conocimiento científico biológico, ni lo relativo a evaluar e interpretar resultados y conclusiones de la investigación científica para la resolución de problemas.	0
2	Dominio medio bajo	Se logró de manera mínima y deficiente, la capacidad de comprensión y aplicación del conocimiento científico biológico, así como lo relativo a evaluar e interpretar resultados y conclusiones de la investigación científica para la resolución de problemas.	25
3	Dominio medio regular	Se logró desarrollar en términos generales, pero con cierto nivel de ineficacia, la capacidad de comprensión y aplicación del conocimiento científico biológico, así como lo relativo a evaluar e interpretar resultados y conclusiones de la investigación científica para la resolución de problemas.	50
4	Dominio medio alto	Se logró desarrollar casi en su totalidad y en forma eficiente la capacidad de comprensión y aplicación del conocimiento científico biológico, así como lo relativo a la capacidad de evaluar e interpretar resultados y conclusiones de la investigación científica y resolución de problemas.	75
5	Dominio total o completo	Se logró desarrollar en su totalidad y de manera eficiente, la capacidad de comprensión y aplicación del conocimiento científico biológico, así como lo relativo a la capacidad de evaluar e interpretar resultados y conclusiones de la investigación científica para la resolución de problemas.	100

## CUARTO CAPÍTULO. CONSTRUCCIÓN Y APLICACIÓN DEL INSTRUMENTO METODOLÓGICO

### Metodología General del Trabajo

En los siguientes incisos se resumen los pasos que se siguieron para la construcción y aplicación del instrumento metodológico propuesto:

1. Se revisaron los programas de estudio de Biología de nivel bachillerato y los libros de texto más utilizados por los profesores en nuestro país en la enseñanza de la Biología.
2. Al mismo tiempo se identificaron los conceptos biológicos clave relativos a la evolución, genética y ecología, mediante la revisión de libros de consulta y la opinión de los expertos.
3. Con esta información se estructuró un cuadro sinóptico de los conceptos clave que permitió elaborar una primera prueba que estaba enfocada a valorar la comprensión y el manejo de estos conceptos por los estudiantes. Esta prueba se aplicó a la población estudiantil del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) plantel sur.
4. La prueba aplicada en el CCH permitió identificar los conceptos más utilizados y la forma de valorar el nivel de dominio de dichos conceptos. Fue una herramienta valiosa como descriptor de los conocimientos biológicos de evolución, genética y ecología que adquieren los estudiantes de bachillerato que permitió desarrollar la prueba que se aplicó a los estudiantes de la Facultad de Ciencias y de la Facultad de Ingeniería, que evalúa tanto el conocimiento conceptual, en términos de comprensión y aplicación, como el conocimiento procedimental que implica el desarrollo de habilidades para evaluar e interpretar conclusiones y planteamientos de la investigación científica biológica.
5. La prueba desarrollada se dio a revisar a los expertos y se probó mediante un grupo piloto para su validación, con el fin de corregir y validar las preguntas elaboradas y evitar, en lo posible, errores de interpretación.
6. Se buscó identificar la parte conceptual (conocimiento y comprensión de conceptos) y la parte procedimental (desarrollo de habilidades para evaluar, interpretar y resolver problemas) para calificarlos a través de dos competencias científicas: a) Comprender y aplicar conceptos y procesos biológicos y b) Evaluar e interpretar conclusiones científicas para la resolución de problemas.
7. La metodología propuesta se diseñó para valorar la cultura científica a través de ambas competencias científicas, de manera que evaluara tanto la comprensión y manejo de los conocimientos fundamentales de evolución, genética y ecología, como su aplicación e interpretación para resolver problemas y responder, con una base científica, a preguntas referidas al ámbito biológico que se presentan en la vida cotidiana, ya que son el fundamento conceptual de la cultura científica biológica de esta investigación.
8. La aplicación de la prueba propuesta se hizo a dos grupos de estudiantes de primer ingreso: de la

Facultad de Ciencias y de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, con el fin de comparar los resultados obtenidos y determinar el nivel de dominio de cultura científica biológica de estudiantes que egresaron del bachillerato y continúan con sus estudios de nivel superior.

9. Se hizo el comparativo entre los estudiantes de primer semestre de la carrera de Biología de la Facultad de Ciencias, con los estudiantes de primer ingreso de la Facultad de Ingeniería, con el fin de determinar el nivel de dominio de cultura científica biológica en poblaciones de estudiantes con distintos niveles de conocimientos biológicos, ya que los estudiantes que ingresaron a la Facultad de Ciencias llevaron un mayor número de cursos de Biología (al llevar el Área II. Ciencias biológicas y de la salud o cursar materias optativas de biología), que los estudiantes que ingresaron a la Facultad de Ingeniería (que llevaron el Área I. Físico matemáticas e ingenierías o no cursaron materias optativas de biología).

10. Se compararon las poblaciones de ambas Facultades con relación al modelo educativo que llevaron durante sus estudios de bachillerato, con planes y programas de estudio diferentes; los que provenían de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) y los que provenían del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), con el fin de conocer la relación entre el sistema educativo y la adquisición de cultura científica biológica con base en el desarrollo de competencias. Se revisaron los contenidos de los cursos en ambos sistemas educativos, la forma de abordarlos, en términos de las estrategias de enseñanza-aprendizaje, el número de horas teórico-prácticas y el número de cursos obligatorios y optativos de Biología. Además se consideraron las diferencias entre ambos sistemas respecto al calendario escolar; anual en la ENP y semestral en el CCH.

11. Se revisaron las pruebas aplicadas en ambas Facultades y se agruparon en bases de datos, graficaron y clasificaron las respuestas.

12. Se hizo el análisis estadístico de los resultados obtenidos de la prueba aplicada a los estudiantes de la Facultad de Ciencias y de la Facultad de Ingeniería, tanto a nivel de la población total como de las poblaciones provenientes de la ENP y del CCH.

13. Se hicieron análisis estadísticos comparativos de los resultados obtenidos de ambas Facultades, y se hizo el análisis para valorar la cultura científica biológica con base en dos competencias científicas: a) comprensión y aplicación de conceptos y procesos biológicos y b) evaluación e interpretación de planteamientos y conclusiones de la investigación científica. Este análisis se enfocó en las poblaciones provenientes de la ENP y el CCH, ya que corresponden de manera conjunta al 85.57 % de la población total, en el caso de la Facultad de Ciencias, y al 75.29 % en el caso de la Facultad de Ingeniería. Esta comparación permitió hacer un análisis de los dos sistemas de bachillerato de la UNAM, que son el referente de los estudios de educación media superior y de las escuelas incorporadas a esta Universidad.

14. Se hizo el análisis de los resultados respecto a los niveles de dominio de cultura científica biológica, mediante el diseño de la nueva metodología, que aportó información valiosa sobre la importancia y validez de los estudios de bachillerato en la adquisición de cultura científica biológica. Así mismo se hizo

una relativa a las diferencias encontradas en el nivel de cultura científica biológica entre los estudiantes de ambos sistemas de bachillerato de la UNAM.

15. En la parte final y concluyente de esta investigación se hacen comentarios sobre las aportaciones de esta investigación en el campo de la valoración de la cultura científica y sus implicaciones en el ámbito educativo y social. Además de señalar las limitaciones del estudio y nuevos planteamientos que están relacionados con el tema de la adquisición de cultura científica y su importancia en la sociedad moderna a la que pertenecemos.

#### **4.1 Características del Plan y Programas de Estudio de la ENP y del CCH**

##### **4.1.1 Planes de Estudios de la ENP y del CCH**

Cada uno de los bachilleratos de la UNAM, el de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) y el del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), presentan características propias al dos modelos educativos distintos, lo que se refleja en el Plan de Estudios y en los Programas de Estudio, en la forma de aplicar las estrategias de enseñanza-aprendizaje, y en los contenidos de las asignaturas de Biología. En la Tabla 1 se resumen las características del plan de estudio de ambos bachilleratos de la UNAM, ya que son importantes para el análisis de los resultados obtenidos de la aplicación de la propuesta metodológica, a los estudiantes de la Facultad de Ciencias y de la Facultad de Ingeniería, en términos de nivel de dominio de cultura científica biológica (Dirección General de Incorporación y Revalidación de Estudios, ENP y CCH, 1996).

El bachillerato de la ENP es de formación integral que se define en torno a tres ejes que luego forman los Núcleos del *Curriculum*, éstos son: Núcleo Básico, Núcleo Formativo-Cultural y Núcleo Propedeúutico. El total de créditos del Plan de Estudios se delimita de la siguiente forma: 202 (56%) corresponden al Núcleo Básico (4º año), 102 (28%) corresponden al Núcleo Formativo. Cultural (5º año) y 46 a 60 (16%) corresponden al Núcleo Propedeútico o de Orientación (6º año). Este Plan está organizado en tres años, con un total de 33-34 asignaturas de las cuales 32 son obligatorias y de 1 a 2 son optativas; éstas pueden cursarse en el último año, en el cual el alumno optará por el Área de su preferencia, variando así el número de créditos y de asignaturas. La seriación es obligatoria por asignaturas.

El Plan de Estudios del CCH se encuentra organizado en 6 semestres, con un total de 37 asignaturas de las cuales 27 obligatorias y 10 son de elección. En los semestres 5º y 6º el alumno cursará 7 materias: Cálculo integral y Diferencial y Filosofía; una materia de las opciones segunda, cuarta y quinta; una de las opciones primera o segunda y una más de las opciones cuarta o quinta o bien Temas Selectos de Filosofía. La seriación es obligatoria por asignaturas.

##### **4.1.2 Programas de Estudio del CCH y de la ENP**

Los programas de estudio de Biología del Colegio de Ciencias y Humanidades y de la ENP están

divididos en unidades y temas, que incluyen actividades teórico-prácticas (ver Tabla 3 y Programas de Estudio de Biología de la ENP y del CCH en el Apéndice II). En ambos modelos educativos se presentan diferencias en el número de horas dedicadas a la parte teórica y a la práctica en los cursos de biología, con un mayor el número de horas teóricas en la ENP que en el CCH, y una situación contraria en el caso del CCH, ya que en este bachillerato se dedican más horas a las actividades prácticas que en la ENP.

**Tabla 3. Plan de Estudios de Biología de la ENP y del CCH**

Bachillerato	Periodicidad	Cursos Obligatorios	Horas/ Semana	Cursos Optativos	Horas/ semana
ENP	Anuales	5° Año Biología IV	5	6° Año Biología V	4
		6° Año Temas Selectos de Biología (Área II. Físico matemáticas e ingenierías)	5	(Área I. Ciencias biológicas y de la salud)  Temas Selectos de Biología	
CCH	Semestrales	3° Semestre Biología I	5	5° Semestre Biología III	4
		4° Semestre Biología I	5	6° Semestre Biología IV	4

#### 4.1.3 Propósitos y metas de ambos modelos educativos

Otra diferencia importante entre el CCH y la ENP además del plan y los programas de estudio del modelo educativo implantado, es el propósito y alcances. En el caso del CCH el modelo educativo tiene como base, al menos en los programas indicativos, lo establecido por la corriente constructivista, que hace hincapié en la construcción del conocimiento tomando en cuenta las ideas previas y la formación integral del estudiante, que incluye la formación científica, humanística y crítica, así como la necesidad de que desarrollen no sólo conocimientos, sino también habilidades y actitudes. El perfil de egresado del CCH señala que: es poseedor de conocimientos, habilidades, actitudes y valores académicos y humanos, de manera que es capaz tanto de emprender con éxito estudios de licenciatura, como de incorporarse al mercado de trabajo, gracias a su capacidad de reflexión de respeto y solidaridad con quienes constituyen su medio familiar, escolar y social más ampliamente considerado. Es decir, se parte de que los estudiantes que están incorporados a este sistema educativo logren obtener una cultura científica, que repercutirá en su entorno social y en su vida profesional si llegan a cursar una carrera universitaria (CCH. Plan de Estudios Actualizado. Cuadernillo No. 70, enero de 1996; Plan de Estudios del CCH, 1996).

Por su parte, la Escuela Nacional Preparatoria tiene como finalidad impartir la enseñanza a nivel de bachillerato, de acuerdo con su plan de estudios y con los programas correspondientes, dando a sus

alumnos formación cultural, preparación adecuada para la vida y un desarrollo integral de su personalidad, que los capacite para continuar estudios profesionales. Este enfoque del modelo educativo está dirigido a educar a los estudiantes mediante una formación integral, que adquieran una pluralidad de ideas, la comprensión de los conocimientos necesarios para acceder con éxito a estudios superiores, así como una mentalidad analítica, dinámica y crítica que les permita ser conscientes de su realidad y comprometido con la sociedad. Además que el alumno tenga la capacidad de adquirir constantemente nuevos conocimientos, destrezas y habilidades para enfrentarse a los retos de la vida de manera positiva y responsable (Reglamento de la ENP, 1996). El perfil del egresado de la ENP señala que: conocerá lenguajes, métodos y técnicas básicas inherentes a las materias en estudio, así como las reglas básicas de investigación imprescindibles en la educación superior. Será capaz a su vez, de reconocer valores y comportamientos de su contexto social, poniendo en práctica su formación afable y humanística, es decir, su código ético, que le ayudará a fomentar su iniciativa, creatividad, respeto, lealtad, solidaridad, patriotismo y conciencia de Estado (Plan de Estudios de la ENP, 1996).

Ambos modelos educativos establecen como tarea fundamental realizar la investigación educativa para desarrollar y aplicar nuevos métodos y técnicas avanzadas de enseñanza, que eleven la calidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Y es evidente que ambos modelos han sufrido cambios a lo largo de su historia para adaptarse a las nuevas corrientes educativas y lograr la eficiencia educativa que se requiere para la vida social y política de México.

## **4.2 Elaboración del Instrumento Metodológico**

### **4.2.1 Pruebas piloto diseñadas**

Como se mencionó en la parte introductoria de la investigación, en la primera etapa descriptiva se seleccionó el bachillerato del CCH para realizar pruebas piloto que permitieran afinar la prueba definitiva. Esta población estudiantil cuenta con un importante número de estudiantes, cuya educación formal en el área de las ciencias biológicas ha sido significativa, ya que el plan de estudios del CCH establece dos cursos obligatorios de Biología; BI y BII en tercero y cuarto semestre, respectivamente, y dos cursos optativas BIII y BIV en quinto y sexto semestre, respectivamente. La prueba que se describe se aplicó a los estudiantes del ciclo 2009-1 que cursaron Biología IV.

#### Conceptos tomados en cuenta para elaborar la prueba piloto

Se tomaron en cuenta los conceptos descritos en los libros de texto más utilizados por los profesores de biología de nivel bachillerato, (referidos en la bibliografía), así como la consulta de profesores y expertos en la enseñanza de la biología. A partir de la revisión de estos textos y opiniones se hizo una selección de los conceptos considerados como claves o fundamentales de la Biología, particularmente del campo de la evolución, genética y ecología (según lo señalado por Mayr, descrito en el inciso 4.2 del capítulo 4). De esta manera se logró reducir a 15 los conceptos considerados como claves (Tabla 4).



**Tabla 4. Conceptos Clave de Biología**

<b>ESPECIE</b>	La unidad básica de la clasificación taxonómica consistente en poblaciones de organismos que se entrecruzan entre si y tienen descendencia fértil.
<b>GENOTIPO</b>	La suma total de los genes de un individuo.
<b>HERENCIA</b>	La transmisión de las características genéticas del progenitor a sus descendientes.
<b>CÓDIGO GENÉTICO</b>	Lenguaje básico que codifica la síntesis de proteínas en las células.
<b>VARIABILIDAD GENÉTICA</b>	Resultado de las diferencias en la composición genética de los individuos dentro de una población.
<b>EVOLUCIÓN BIOLÓGICA</b>	Proceso de cambio que trae como resultado organismos adaptados a condiciones ambientales específicas.
<b>MUTACIÓN</b>	Cambios al azar a nivel del ADN o de los cromosomas durante la división celular.
<b>SELECCIÓN NATURAL</b>	Proceso que actúa favoreciendo las características que logran la adaptación de los organismos a su medio ambiente.
<b>ADAPTACIÓN</b>	Facultad que aumenta la capacidad de un individuo para sobrevivir y reproducirse, en comparación con los individuos que carecen de esa facultad.
<b>ECOSISTEMA</b>	Unidad ecológica que relaciona el ambiente físico y los organismos presentes de una población determinada.
<b>RECURSOS NATURALES</b>	Los bienes naturales que son utilizados por el ser humano para su bienestar e intereses particulares.
<b>POBLACIÓN</b>	Todos los miembros de una especie interactuando dentro de un ecosistema y que pueden cruzarse real o potencialmente.
<b>DIVERSIDAD BIOLÓGICA</b>	Número total de especies que integran un ecosistema y la complejidad resultante de las interacciones entre ellas.
<b>COMPETENCIA</b>	Tipo de interacción ecológica en la que los individuos compiten por utilizar los mismos recursos.
<b>NICHO ECOLÓGICO</b>	El papel que desempeña una especie determinada en un ecosistema que incluye su interacción con el entorno biótico y abiótico.
<b>CAPACIDAD DE CARGA</b>	El tamaño máximo de población que un ecosistema puede mantener durante un período específico sin que se dañe el ecosistema.1. El número de individuos que pueden ocupar un espacio determinado sin afectar las relaciones entre los organismos que conforman el ecosistema.
<b>RED ALIMENTICIA</b>	Interrelaciones mediante las cuales la energía y la materia se transforma de un nivel trófico a otro.

#### 4.2.2 Pruebas piloto de manejo de conceptos y su aplicación para la resolución de preguntas

Las pruebas piloto que se diseñaron para aplicarse a una población de 290 estudiantes del CCH

estuvieron enfocadas a conocer el manejo de los conceptos biológicos referidos en la Tabla 5 e incluyen dos tipos de reactivos; los dirigidos a valorar el manejo de los conceptos para explicar una idea o planteamiento (los primeros cinco reactivos con tres opciones de respuesta) y los dirigidos a valorar la habilidad para resolver preguntas (los cinco últimos reactivos con cuatro opciones de respuesta).

**Objetivo.** Conocer si los estudiantes saben manejar los conocimientos adquiridos y son capaces de responder preguntas relativas a fenómenos y/o procesos de ecología, genética y evolución.

**Tipo de prueba.** Prueba de respuestas múltiples para cada pregunta, con 4 o 5 opciones posibles. Total de preguntas: 10

Estas pruebas piloto sirvieron como descriptores e identificadores de los conceptos clave que se manejan en biología y su aplicación para responder a preguntas de índole científico. Los resultados de su aplicación se resumen en las Tablas 5 y 6.

**Tabla 5. Prueba de Manejo de Conceptos**

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5
<b>No. preguntas respondidas</b>	264	286	275	282	269
<b>No. de aciertos</b>	225	255	207	255	220
<b>Desviación estándar</b>	5.8	5.3	7.2	4.9	6.3
<b>Calificación por pregunta</b>	<b>0.85</b>	<b>0.89</b>	<b>0.75</b>	<b>0.90</b>	<b>0.82</b>
<b>% de respuestas correctas</b>	85.23	89.16	75.27	90.43	81.78

**Tabla 6. Prueba de Aplicación y Resolución de Preguntas**

	Pregunta 6	Pregunta 7	Pregunta 8	Pregunta 9	Pregunta 10
<b>No. preguntas respondidas</b>	253	260	258	258	252
<b>No. de aciertos</b>	78	194	168	165	194
<b>Desviación estándar</b>	7.35	7.02	7.66	7.71	6.68
<b>Calificación por pregunta</b>	<b>0.31</b>	<b>0.75</b>	<b>0.65</b>	<b>0.64</b>	<b>0.77</b>
<b>% de respuestas correctas</b>	30.83	74.62	65.12	63.95	76.98

En el caso de la prueba de manejo de conceptos, se infiere que la población del CCH maneja y aplica los conceptos biológicos de genética, evolución y ecología examinados, ya que se obtiene de 0.75 a 0.90 de

calificación, siendo la máxima calificación de 1.0, lo que se confirma por el alto porcentaje de aciertos por pregunta y el porcentaje de respuestas correctas. En el caso de la prueba de aplicación y resolución de preguntas, los valores de la calificación son menores (de 0.31 a 0.77), de manera que se podría inferir que los resultados obtenidos se podrían deber a que las preguntas implican una mayor dificultad o que las preguntas no son suficientemente claras para los estudiantes.

Con base en estos resultados se hizo una “corrección” y “validación” del tipo de planteamientos y preguntas a realizar en las pruebas que posteriormente se aplicaron a los estudiantes de primer ingreso de la Facultad de Ciencias y de la Facultad de Ingeniería. Gracias a las pruebas piloto diseñadas para el CCH se pudo desarrollar la prueba que se aplicó en las Facultades, de manera que contuviera los conceptos clave de evolución, genética y ecología definidos, que las preguntas formuladas fueran claras y precisas y que la manera de responderlas fuera también clara y sin ambigüedades.

#### **4.2.3 Prueba Aplicada en la Facultad de Ciencias y la Facultad de Ingeniería de la UNAM**

La prueba diseñada para aplicarse a los estudiantes de ambas Facultades estuvo enfocada a valorar el desarrollo de la competencia de comprensión y aplicación de conceptos y procesos biológicos, y de la competencia de evaluación e interpretación de planteamientos y conclusiones científicas para resolver problemas.

**Objetivo.** Hacer una valoración del desarrollo de las dos competencias científicas antes mencionadas, que incluyen tanto la comprensión de conceptos, como el manejo y aplicación de los mismos para resolver preguntas y planteamientos científicos, con el fin de determinar el nivel de dominio de cultura científica biológica en estudiantes de bachillerato.

**Tipo de prueba.** Prueba de respuestas múltiples para cada pregunta, con 4 opciones, que incluyen dos tipos de respuesta “SI” o “NO”, de manera que cada pregunta tiene una puntuación máxima de cuatro respuestas. Total de preguntas: 15.

Al aplicarse esta prueba se solicitó información sobre el tipo de bachillerato de la UNAM que habían cursado (CCH o ENP) o de otros bachilleratos; así mismo se recopiló información relativa al sexo, turno y edad para recopilar datos descriptivos de la población muestreada. Cada una de las preguntas está relacionada con una competencia científica, que constituye el indicador de cultura científica biológica, como se muestra en las Tabla 7 y 8, lo que permitió hacer un análisis a nivel de las dos competencias que constituyen el fundamento teórico de la prueba aplicada para valorar la cultura científica biológica. Las preguntas comprenden conceptos fundamentales de genética, evolución y ecología y están enfocadas a valorar la comprensión y el manejo de estos conceptos y/o procesos biológicos clave, así como de la habilidad de comprender textos científicos y discriminar la que no es.

**Tabla 7. Preguntas relacionadas con la competencia de “Comprensión y Aplicación de Conceptos y Procesos Biológicos”**

No. Pregunta	Pregunta
3	<p><b>Genética</b></p> <p>Con las huellas del ADN es posible identificar a quién pertenecen diversos materiales biológicos como sangre, pelo, semen. Estas son técnicas especializadas resultado de investigación científica y cuya utilidad es que ...</p>
5	<p><b>Genética</b></p> <p>Muchas enfermedades hereditarias se deben a genes “defectuosos”, recesivos, como el caso de la diabetes, enfermedad muy común en la actualidad, donde hay un error en el gen que tiene las instrucciones para que el páncreas elabore la insulina. Según lo anterior ¿cuándo se puede presentar esta enfermedad?</p>
6	<p><b>Ecología</b></p> <p>Se sabe que ciertos plásticos y pesticidas contienen sustancias que afectan a las hormonas del cuerpo porque simulan sus efectos, como el caso del estradiol, una de las principales hormonas femeninas. ¿Cuáles serían las medidas apropiadas y posibles para reducir este problema?</p>
7	<p><b>Ecología</b></p> <p>México es uno de los países en el mundo con mayor diversidad biológica, debido en gran parte a su situación geográfica y variadas condiciones climáticas, lo que deriva en su heterogeneidad ecológica, situación similar a países como India, Australia y Perú ¿Cuáles de las siguientes recomendaciones te parecen más factibles para mantener la diversidad biológica?</p>
9	<p><b>Evolución</b></p> <p>La actualidad los avances de la genética han logrado que la producción artificial de genotipos de diversas especies de importancia económica o alimentaria, útiles para la humanidad, sea una forma de orientar la selección artificial. Estos avances pueden ejemplificarse a través de...</p>
12	<p><b>Evolución</b></p> <p>El paludismo (o malaria) es una enfermedad que causa más de un millón de muertes al año. La transmisión de la enfermedad entre las personas se produce a través de los mosquitos, ya que el parásito del paludismo (un protozoario) se transmite a los humanos a través de la picadura de un mosquito hembra. El mosquito portador del paludismo se ha vuelto resistente a muchos pesticidas, y los medicamentos que se usan para combatir el parásito del paludismo cada vez son menos eficaces. Si tuvieras que hacer recomendaciones para prevenir la picadura del mosquito infectado por el parásito del paludismo ¿qué métodos preventivos sugerirías?</p>
14	<p><b>Ecología</b></p> <p>Investigaciones realizadas con las “lentillas de agua”, pequeñas plantas acuáticas, han mostrado su capacidad de absorber hasta el 85% de los minerales contenidos en el agua, entre ellos amonio y fosfatos. Es por ello que se consideran eficaces para “limpiar” las aguas residuales que son producto de desechos orgánicos o industriales. Además estas plantas acuáticas al convivir con microorganismos que completan la depuración del agua, son capaces de absorber los elementos orgánicos contenidos en el agua, funcionando como filtros naturales ¿Cuáles preguntas son importantes resolver para asegurar que estas plantas acuáticas son eficaces para limpiar las aguas residuales ?</p>

**Tabla 8. Preguntas relacionadas con la competencia de “Evaluación e Interpretación de Planteamientos y Conclusiones Científicas para Resolver Problemas”**

No. Pregunta	Pregunta
1	<p><b>Evolución</b></p> <p>La capacidad del hombre para orientar la producción de razas nuevas de animales domésticos y lograr que se diferencien de la raza original, tanto en su aspecto físico como en su comportamiento es...</p>
2	<p><b>Genética</b></p> <p>Durante una visita al supermercado podemos encontrar diferentes tipos de calabazas, algunas son redondas, otras alargadas, pequeñas, grandes, verde oscuro o verde claro. Esta amplia variedad de fenotipos es resultado de...</p>
4	<p><b>Genética</b></p> <p>En la actualidad los avances en la ciencia y la tecnología pueden modificar directamente el ADN de alguna planta o animal mediante la ingeniería genética. Esto significa que...</p>
8	<p><b>Ecología</b></p> <p>El arsénico es un contaminante que tiene mecanismos de acción y efectos diversos en los seres vivos, dependiendo de la concentración en la que se encuentra; aunque también influye en sus efectos, el tiempo de exposición, hábitos alimenticios, edad y género de las personas expuestas. ¿Qué tipo de investigaciones consideras necesarias para conocer los efectos precisos de este contaminante?</p>
10	<p><b>Genética</b></p> <p>Los horticultores que cultivan plantas como el tomate, requieren conocer cómo se heredan las características de una generación a la siguiente. Con este conocimiento llevan a cabo programas de cruzamiento para producir los tomates con las cualidades deseadas. Algunos de los conocimientos adquiridos que aplican los horticultores para lograr estas plantas son...</p>
11	<p><b>Genética</b></p> <p>Las plantas del tabaco genéticamente modificadas podrían curar las enfermedades inflamatorias. Un equipo de científicos de la Universidad de Verona ha integrado en el genoma del tabaco el gen viral llamado interleukine IL-10, pequeña proteína capaz de regular el sistema inmunológico, que al estar concentrado en las hojas del tabaco podría entonces ser ingerido directamente. En el texto la frase “plantas de tabaco genéticamente modificadas” se refiere a que...</p>
13	<p><b>Evolución</b></p> <p>Actualmente en México y en muchos países del mundo, se ha propagado la enfermedad infecciosa de tipo viral conocida como “virus de la gripe o influenza A/H1N1, la cual ha causado muchas muertes de personas infectadas. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el 99% de los casos el virus de la gripe se transmite por vía aérea, por medio de los estornudos infectados que los enfermos liberan en el aire cada vez que tosen o respiran. Señala los medios que consideres eficaces para prevenir y la propagación del virus de la gripe que afecta a millones de personas en el mundo.</p>
15	<p><b>Ecología</b></p> <p>Actualmente se tienen evidencias de que el calentamiento global y sus efectos son realidades indiscutibles, por ello científicos de todo el mundo están diseñando estrategias que permitan adaptarnos, de la mejor manera posible, a los cambios que se avecinan. Se conoce que una de las mayores amenazas a la agricultura, a causa del cambio climático, será la disminución de la humedad de los suelos y los fenómenos meteorológicos extremos. En cuanto a los bosques, se aumentará el riesgo de incendios forestales y con ello la pérdida de cubierta forestal. Respecto al agua, la situación será crítica, ya que se reducirá más este recurso y sufrirá el efecto de la contaminación ¿Qué medidas sugieres como acertadas para disminuir o mitigar los efectos del cambio climático en la agricultura, los bosques y el agua?</p>

Las preguntas enfocadas a esta competencia permiten valorar la capacidad o habilidad de utilizar los conocimientos biológicos e interpretar la información científica para resolver problemas o planteamientos de índole científico mediante procesos reflexivos y analíticos.

En la tabla 9 se hace un resumen para indicar las preguntas que corresponden a cada competencia científica, que constituyen los indicadores de cultura científica biológica, las equivalencias entre el puntaje que se registra y la calificación que se obtiene, donde la mayor calificación es de 5 (que equivale a un puntaje de 4 respuestas correctas). Esta codificación se maneja para el análisis de los resultados obtenidos al aplicar a los estudiantes la prueba que constituye la propuesta metodológica.

**Tabla 9. Relación entre competencias y preguntas elaboradas en el instrumento aplicado y forma de calificarlas.**

<b>Competencias Científicas</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Calificación equivalente</b>
Comprender y aplicar conceptos y procesos biológicos. Preguntas relacionadas: <b>3, 5, 6, 7, 9, 12, 14</b>	0, 1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4, 5,
Evaluar e interpretar planteamientos y conclusiones científicas para resolver problemas. Preguntas relacionadas: <b>1, 2, 4, 8, 10, 11, 13, 15</b>	0, 1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4, 5,

## QUINTO CAPÍTULO. ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LA PRUEBA

### 5. Características de las Poblaciones de Estudio

#### 5.1.1 Población de la Facultad de Ciencias, UNAM

De acuerdo con lo mencionado en la introducción de esta investigación, en la segunda etapa explicativa y analítica del trabajo, se eligió como población de estudio a los alumnos que ingresaron a la Facultad de Ciencias (carrera de Biología) en el ciclo 2009-2, porque se consideró importante conocer y valorar el comportamiento que presentan en términos de adquisición de cultura científica biológica (que incluye conocimientos y habilidades), los estudiantes que serán futuros profesionistas del campo de la Biología. La muestra estuvo constituida por 208 estudiantes que corresponde al 66.56 % de la población total, la que se agrupó en cinco tipos de origen del bachillerato: Escuela Nacional Preparatoria (ENP), Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), Colegio de Bachilleres (CB), Colegios Particulares (CP) y Otros (OT). Un porcentaje alto de estudiantes (74.52 %) tienen entre 17 y 18 años de edad, siendo mayor la cantidad de mujeres que de hombres (Tabla 10).

Esta muestra poblacional se caracteriza porque la mayoría de los estudiantes provienen de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) o del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) (ver Tabla 1) y llevaron varios cursos de Biología; en el caso de los alumnos de la ENP se integraron al Área II de ciencias biológicas y de la salud y cursaron la materia optativa de Biología, y los estudiantes del CCH, llevaron uno o dos cursos optativos de Biología en el quinto y/o sexto semestre (Apéndice II. Planes y Programas de Estudio).

Tabla 10. Características de la Población de Estudio. Facultad de Ciencias

Datos	Escuela Nacional Preparatoria ENP	Colegio de Ciencias y Humanidades CCH	Colegio de Bachilleres CB	Colegios Particulares CP	Otros OT
<b>Total</b>	100	78	3	23	4
<b>Hombres</b>	33	30	2	13	4
<b>Mujeres</b>	67	48	1	10	0

#### 5.1.2 Población de la Facultad de Ingeniería, UNAM

En la tercera y última etapa de la investigación la población elegida para aplicar la prueba fueron los estudiantes de primer ingreso a la Facultad de Ingeniería (de ocho carreras de ingeniería) del ciclo 2011-1. La población muestreada fue de 251 estudiantes que equivale al 10.2 % de la población total que

ingresó a dicha Facultad. La edad de los estudiantes fluctúa entre los 17 y 26 años, con algunas excepciones, estando el mayor porcentaje entre los 17 y 18 (64.14 %) y la mayoría hombres. También, al igual que en la Facultad de Ciencias, se agrupó a la población estudiada en cinco tipos de bachillerato, y la población estudiada comprendió en su mayoría estudiantes egresados de los CCH o de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP), lo que permitió hacer comparaciones entre los estudiantes de ambos bachilleratos de la UNAM con diferente planes y programas de estudio del área biológica (Tabla 11).

En el caso de la Facultad de Ingeniería, la población estudiantil no tiene el mismo bagaje de información del ámbito biológico que los estudiantes de la Facultad de Ciencias (carrera de Biología), ya que se integraron al Área I físico matemáticas y de ingenierías, si egresaron de la ENP, y cursaron materias optativas de física o matemáticas en el quinto y/o sexto semestre del bachillerato si provenían del CCH.

**Tabla 11. Características de la Población de Estudio. Facultad de Ingeniería**

Datos	Escuela Nacional Preparatoria ENP	Colegio de Ciencias y Humanidades CCH	Colegio de Bachilleres CB	Colegios Particulares CP	Otros OT
<b>Total</b>	95	94	12	38	12
<b>Hombres</b>	75	67	8	31	10
<b>Mujeres</b>	20	27	4	7	2

## 5.2 Análisis Comparativo entre las dos Poblaciones de Estudiantes

Conforme a lo mencionado en el capítulo cinco relativo a la metodología general del trabajo y lo descrito anteriormente, ambas poblaciones corresponden a estudiantes de primer ingreso que corresponden a una muestra aleatoria y estadísticamente significativa de la Facultad de Ciencias y de la Facultad de Ingeniería. En la Tabla 12 se resumen las características de ambas poblaciones con respecto a tres estadísticos descriptores del comportamiento de la población.

**Tabla 12. Comparación entre la Población total de la FC y la FI**

Estadísticos	Facultad de Ciencias	Facultad de Ingeniería
<b>Población total (n)</b>	208	251
<b>Promedio Calificación</b>	3.8858	3.7963
<b>Desviación estándar</b>	0.5244	0.4324
<b>Coefficiente de variación %</b>	13.4973	11.3923



Al comparar la población total de la Facultad de Ciencias (FC) y de la Facultad de Ingeniería (FI), mediante una prueba de hipótesis con un nivel de significancia del 0.05, se obtiene que hay diferencias significativas entre ambas poblaciones con respecto al valor promedio de las calificaciones, siendo el valor (de la media) mayor en la FC que en la FI, siendo que el valor crítico de  $t(1.6486)$  es menor que el estadístico de  $t(1.9686)$  se rechaza la hipótesis nula. Se describen en las Tablas 13 y 14; Apéndice V. Prueba de Hipótesis 1.

**Tabla 13. Resultados de la Población total de la Facultad de Ciencias**

PREGUNTAS															
Estadístico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Total x pgta.	823	784	792	869	819	816	825	837	906	720	765	746	837	806	778
Máximo posible	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040
Calif. x pgta.	3.96	3.77	3.81	4.18	3.94	3.92	3.97	4.02	4.36	3.46	3.68	3.59	4.02	3.88	3.74
%	79.10	75.40	76.20	83.60	78.80	78.50	79.30	80.50	87.10	69.20	73.60	71.70	80.50	77.50	74.80
Promedio Calificación	<b>4.00</b>	<b>3.80</b>	<b>3.80</b>	<b>4.20</b>	<b>3.90</b>	<b>3.90</b>	<b>4.00</b>	<b>4.00</b>	<b>4.40</b>	<b>3.50</b>	<b>3.70</b>	<b>3.60</b>	<b>4.10</b>	<b>3.90</b>	<b>3.80</b>
Desv. Estándar	1.10	1.00	1.20	0.80	0.90	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00	0.90	0.90	0.90	1.00	0.90
C. V. %	27.80	26.90	30.70	19.10	23.60	25.20	20.00	24.00	19.00	29.20	25.00	24.90	21.90	24.40	23.60

**Tabla 14. Resultados de la Población total de la Facultad de Ingeniería**

PREGUNTAS															
Estadístico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Total x pgta.	865	791	1092	999	1046	1012	993	1019	1080	741	866	925	1018	931	965
Máximo posible	1255	1255	1255	1255	1255	1255	1255	1255	1255	1255	1255	1255	1255	1255	1255
Calif. x pgta.	3.45	3.15	4.35	3.98	4.17	4.03	3.96	4.06	4.3	2.95	3.45	3.69	4.06	3.71	3.84
%	68.09	63.03	87.01	79.60	83.35	80.64	79.12	81.20	86.06	59.04	69.0	73.71	81.12	74.18	76.89
Promedio Calificación	<b>3.45</b>	<b>3.15</b>	<b>4.35</b>	<b>3.98</b>	<b>4.17</b>	<b>4.03</b>	<b>3.96</b>	<b>4.06</b>	<b>4.30</b>	<b>2.95</b>	<b>3.45</b>	<b>3.69</b>	<b>4.06</b>	<b>3.71</b>	<b>3.84</b>
Desv. Estándar	1.13	1.04	2.58	0.86	0.88	0.99	0.83	0.88	0.84	0.94	0.94	0.91	0.90	1.03	0.85
C. V. %	32.93	33.11	59.29	21.72	21.19	24.49	21.0	21.59	19.44	31.88	27.32	24.76	22.23	27.69	22.13

Este resultado se observa de manera clara al hacer el histograma de las calificaciones promedio de cada una de las 15 preguntas para ambas poblaciones de estudiantes, donde se observa que en la

FC hay mayor número de preguntas con calificación mayor de 3.8 que en la FI (Apéndice IV. Gráficas 1 y 2), siendo la mayor calificación de 5. Esto significa, en términos de nivel de dominio de las competencias científicas que permite medir la cultura científica biológica, que los estudiantes de la FC se ubican en un nivel mayor de dominio de dichas competencias que los de la FI, ya que un porcentaje importante de la población estudiada cae cerca o dentro del dominio medio alto, a diferencia de los estudiantes de la FI que caen en el dominio medio regular. Este resultado se confirma al graficar el porcentaje de respuestas contestadas, de las 15 preguntas que contiene la prueba aplicada en ambas Facultades, se obtiene que en la FC hay un mayor porcentaje de preguntas contestadas que en la FI, con excepción de las preguntas 3, 12 y 15 (Apéndice IV. Gráfica 3).

Con respecto al porcentaje del coeficiente de variación (C.V. %) se obtuvo que es mayor en la FC que en la FI, lo que significa que en la Facultad de Ciencias hay una mayor variación (dispersión de los datos) en las respuestas que dieron los estudiantes de esta Facultad con respecto a la FI, lo que significa que es relativamente más homogénea la población estudiantil en cuanto a sus conocimientos y habilidades valorados a través de las preguntas que integran la prueba. Este resultado se refleja de manera más clara en las gráficas entre el número de preguntas y el C.V. % para ambas poblaciones (Apéndice IV. Gráficas 4 y 5).

Sin embargo, es importante resaltar que la FC aunque tiene una población menos homogénea en cuanto a las respuestas de cada pregunta, el promedio resultó ser mayor y estadísticamente significativo, que explica cómo la población de la FC está conformada por estudiantes con diferente nivel de conocimientos y habilidades, pero que en promedio obtienen calificaciones promedio que están entre 3.8 y 4.5. Es decir se tiene una variación entre alumnos destacados en cuanto a sus conocimientos y habilidades del campo de la Biología y en la población de la FI se obtienen calificaciones promedio que van de 3.1 a 4.0. Esto se hace más evidente cuando se grafica el porcentaje de respuestas contestadas de ambas Facultades con respecto a las competencias científicas evaluadas.

Se obtiene que es mayor el número de respuestas contestadas en la FC que en la FI tanto para la competencia de comprensión (Apéndice IV. Gráfica No. 6) que para la competencia de evaluación (Apéndice IV. Gráfica No. 7), siendo más evidente la diferencia en porcentajes para la competencia de evaluación, que implica un mayor nivel de complejidad en términos de manejo, aplicación e interpretación de conocimientos científicos para lograr la resolución de problemas.

Como tanto la población de la FC como la población de la FI están conformadas en un importante porcentaje por estudiantes procedentes de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) y del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) (Tabla 15), se hace un análisis comparativo de los resultados obtenidos de los estudiantes de la ENP y del CCH de ambas Facultades (Apéndice IV. Gráficas 8 y 9).

**Tabla 15. Estudiantes de ambas Facultades provenientes de la ENP y el CCH**

	Población ENP		Población CCH	
	FC	FI	FC	FI
<b>Total (n)</b>	100	95	78	94
<b>% por pregunta</b>	48.07	37.84	37.50	37.40
<b>Promedio Calificación</b>	3.9367	3.8077	3.7410	3.7085
<b>Desviación estándar</b>	0.4664	0.4175	0.5041	0.4722
<b>C.V. %</b>	11.8467	10.9662	13.4740	12.7332

Al hacer el comparativo entre la FC y la FI respecto a los estudiantes que provienen de la ENP, se obtiene que al hacer la prueba de hipótesis a un nivel de significancia del 0.05 hay diferencias significativas entre ambas poblaciones y que la media de la FC es mayor que la media de la FI; de manera que se rechaza la Hipótesis nula, ya que el valor crítico de  $t$  (1.6527) es menor que el estadístico  $t$  (2.0313) (Apéndice V. Prueba de Hipótesis 2) A un nivel de significancia del 0.01 no se rechaza la hipótesis nula, lo que significa que las diferencias no son altamente significativas (Apéndice V Prueba de Hipótesis 3). Hay que considerar que los estudiantes de la FC llevaron una asignatura extra obligatoria de Biología al integrarse al Área II. Ciencias Biológicas y de la Salud, a diferencia de los estudiantes de la FI que se integraron al Área II. Físico Matemáticas e Ingenierías, que incluye asignaturas obligatorias de física o matemáticas, siendo la de Biología un asignatura optativa.

En el caso del comparativo entre la FC y la FI con relación a las poblaciones de estudiantes del CCH, se obtiene que a un nivel de significancia del 0.05 no hay diferencias significativas, ya que el valor crítico de  $t$  (1.9740) es mayor que el valor estadístico de  $t$  (0.4358) se encuentra en el área de no rechazo de la Hipótesis nula (Apéndice V Prueba de Hipótesis 4). Este resultado puede explicarse porque no hay diferencias importantes en cuanto al número de cursos que llevaron de Biología durante el bachillerato, ya que en el CCH los estudiantes del quinto y sexto semestre escogen las materias optativas que quieren cursar para lograr tener los créditos obligatorios al terminar sus estudios, siendo los cursos de Biología III y Biología IV elegidos por muchos estudiantes que incluso no eligen carreras del área científico biológico (comunicación personal, profesores del CCH).

Cuando se hace el comparativo mediante la prueba de Hipótesis a nivel de Facultades, se encontró que en la FC hay diferencias significativas entre las medias de las poblaciones de la ENP y el CCH a un nivel de significancia del 0.05, ya que el valor crítico de  $t$  (1.6535) es menor que el valor estadístico  $t$  (2.6807) de manera que se encuentra en el área de rechazo de la Hipótesis nula (Apéndice V. Prueba de Hipótesis 5). Esta prueba estadística corrobora lo señalado anteriormente respecto a las

diferencias entre el modelo educativo de la ENP y el CCH, ya que los alumnos que ingresaron a la FC y provenían de la ENP llevaron de manera obligatoria un curso anual de Biología en el sexto semestre, a diferencia de los que estudiaron en el CCH (Apéndice IV. Gráfica 8 y 9). Esto podría explicar porque la calificación promedio de la FC es significativamente mayor que la calificación promedio de la FI Apéndice IV. Gráficas 1 y 2). En el caso de la FI al hacer la misma comparación entre la ENP y el CCH se obtiene que no hay diferencias significativas, ya que el valor crítico de  $t$  (1.9727) es mayor que el estadístico  $t$  (1.5304), cayendo en el área de no rechazo de la Hipótesis nula (Apéndice V. Prueba de Hipótesis 6). En este caso tanto los estudiantes de la ENP como del CCH pudieron elegir materias del área físico matemáticas y no del área biológica.

### 5.2.1 Resultados y Análisis de la Prueba con Base en las Competencias

De acuerdo a lo señalado en el capítulo 4 respecto al marco teórico de la prueba aplicada a los estudiantes de la Facultad de Ciencias y de la Facultad de Ingeniería, contiene 15 preguntas dirigidas a valorar el nivel de cultura científica adquirida mediante competencias científicas (Tabla 1, capítulo 4). De las 15 preguntas que consta la prueba, siete preguntas se relacionan con la competencia de comprensión y aplicación de conceptos y procesos biológicos de evolución, genética y ecología, que se vinculan con la capacidad de obtener conocimientos conceptuales y saber aplicarlos; y ocho preguntas de la prueba están relacionadas con la competencia de evaluación e interpretación de planteamientos y conclusiones científicas para resolver problemas, que se vinculan con la capacidad de desarrollar habilidades para responder a problemas que se presentan en la vida cotidiana ligados a la investigación científica biológica (Tabla 2, capítulo 4). También se califica el nivel de dominio de ambas competencias a través de parámetros establecidos respecto tanto al conocimiento conceptual como procedimental adquirido por los estudiantes de bachillerato (ver tabla 3 del capítulo 4). Con el fin de comparar los resultados obtenidos de ambas competencias entre la Facultad de Ciencias y la Facultad de Ingeniería se hace una prueba de hipótesis utilizando la población total (Tabla 16; Apéndice IV. Gráficas 10 y 11).

Tabla 16. Comparación entre la Facultad de Ciencias y la Facultad de Ingeniería con base en competencias.

	Competencia de Comprensión		Competencia de Evaluación	
	FC	FI	FC	FI
<b>Total (n)</b>	208	251	208	251
<b>Promedio Calificación</b>	3.9217	3.8715	3.8540	3.7103
<b>Desviación estándar</b>	0.5697	0.4693	0.5853	0.4978

Con respecto a las preguntas relacionadas con la competencia de comprensión y aplicación de conceptos y procesos biológicos se obtiene que al hacer la prueba de hipótesis a un nivel de significancia de 0.05 no hay diferencias significativas entre la FC y la FI con respecto a esta competencia, ya que el valor crítico de  $t$  (1.9659) es mayor que el valor estadístico  $t$  (1.0167) se encuentra en el área de no rechazo de la hipótesis nula (Apéndice V. Prueba de Hipótesis 7). Este resultado refleja que las dos poblaciones estudiadas han alcanzado un primer nivel de conocimientos (biológicos en este caso) durante sus estudios de bachillerato, medido a través de la competencia de comprensión y manejo de conceptos, de manera que se adquiere a través de la educación formal que se adquiere en las escuelas de cualquier tipo de bachillerato y se imparte mediante los cursos obligatorios según el modelo educativo a seguir (Apéndice IV. Gráfica 10). Sin embargo, al comparar los resultados obtenidos de graficar las calificaciones promedio obtenidas por los estudiantes de la FC y de la FI, con respecto a la competencia de comprensión, se observa un mayor promedio para la FC (Apéndice IV. Gráficas 12 y 14), resultado del mayor bagaje de información que tienen los estudiantes de la FC con respecto a los de la FI; aunque se obtienen porcentaje similares de preguntas contestadas en ambas Facultades (Apéndice IV. Gráfica 16).

Sin embargo, los resultados respecto a la competencia de evaluación e interpretación de planteamientos y conclusiones científicas hay diferencias significativas entre las poblaciones de ambas Facultades, siendo la media de la FC mayor que la media de la FI, y como el valor crítico de  $t$  (1.6485) es menor que el estadístico  $t$  (2.7998) cae en el área de rechazo de la hipótesis nula (ver Apéndice V. Prueba de Hipótesis 8). El desarrollo de esta competencia requiere no sólo adquirir conocimientos sobre un campo de la ciencia, sino saberlos evaluar e interpretar a través del desarrollo de habilidades de pensamiento más complejo, que incluye la capacidad de hacer preguntas y responderlos utilizando el bagaje de información obtenida y analizada. Las diferencias entre la FC y la FI respecto a la competencia de evaluación se resaltan claramente cuando se grafican las calificaciones promedio (Apéndice IV. Gráficas 13 y 15) y al graficar el porcentaje de preguntas contestadas en ambas Facultades (Apéndice IV. Gráficas 17). Esto significa que los estudiantes de la FC han podido desarrollar mejor esa habilidad de pensamiento que les permite interpretar información científica y resolver preguntas o problemas del ámbito biológico.

Al hacer la correlación entre las competencias de comprensión y evaluación de la Facultad de Ciencias, se obtuvo que con una población total ( $n$ ) de 208 estudiantes y a un nivel de significancia de 0.05 se tiene un coeficiente de correlación  $r$  de 0.7449, con un valor crítico de  $r$  de 0.1360, de manera que la muestra provee evidencia de una correlación lineal entre ambas competencias (se rechaza la hipótesis nula). El diagrama de dispersión de la población total ( $n$ ) de los 208 estudiantes de la FC permite observar que el mayor número cae entre los valores de 3.8 a 4.6 de calificación para ambas competencias, considerando que la mayor calificación es 5.0, lo que indica un nivel de dominio regular alto o cercano al nivel total o completo de la competencia (Apéndice IV. Gráfica 18).

Con respecto a los resultados de la regresión, se obtiene que el 55.49 % ( $r^2 \times 100$ ) de la variación de los valores de “Y” se explica por la relación entre X y Y. Es decir el 55.49 % de la variación en la competencia de evaluación se explica por la relación entre la competencia de comprensión y la competencia de evaluación, y la diferencia, que equivale al 44.51 %, no explica la relación entre la competencia de comprensión y la de evaluación. Este valor indica que las competencias evaluadas se relacionan en un porcentaje mayor del 50%, pero hay un porcentaje que no entra en esta valoración, y deja sin explicación certera lo que pasa entre estas dos competencias científicas que constituyen el fundamento conceptual de la cultura científica biológica.

En el caso de la Facultad de Ingeniería, se obtuvo que con una población total (n) de 251 estudiantes y a un nivel de significancia del 0.05, el valor del coeficiente de correlación r es de 0.6051, con un valor crítico de r de 0.1238, rechazándose la hipótesis nula, de manera que si hay correlación entre ambas competencias, pero una menor correlación menor que la obtenida en la Facultad de Ciencias (Tabla 17). El diagrama de dispersión de la población total (n) de los 251 estudiantes de la FI permite observar que el mayor número cae entre los valores de 3.5 a 4.1 de calificación para ambas competencias, considerando que la mayor calificación es 5.0, lo que indica un nivel de dominio regular medio de la competencia (Apéndice IV. Gráfica 19).

**Tabla 17. Coeficiente de Correlación y Regresión**

Facultad de Ciencias		Facultad de Ingeniería
Total (n)	208	251
Coef. Correlación, r	0.7449506	0.6051265
Valor crítico r	0.1360861	0.1238832
Intersección Y, $b_0$	0.8883118	1.225109
Pendiente, $b_1$	0.761753	0.6419175
Coefficiente $r^2$	0.5549514	0.3661785
$r^2 \times 100$ (%)	55.49514 %	36.61785 %

En resumen al graficar los valores de X que corresponde a la competencia de comprensión con los valores de Y que corresponde a la competencia de evaluación se obtiene el diagrama de dispersión, resultando que la FI es diferente a la FC ya que el área de mayor acumulación de datos se encuentra entre el 3.5 y 4.1 calificación, a diferencia de la FC que están entre el 3.8 y 4.6 (Apéndice IV. Gráficas 16 y 17). Además con respecto a los resultados de regresión, en la FI se observa que hay una menor pendiente de la recta (0.6419) que en la FC (0.7617) y el valor de  $r^2 \times 100$  es de 36.61 % (en contrataste

con el 55.49% de la FC). Esto significa que en el caso de la FI el 36.61 % de la variación en la competencia de evaluación explica la relación entre la competencia de comprensión y la competencia de evaluación, y la diferencia, que corresponde a 63.39 %, no explica la relación entre ambas competencias, de manera que en la FI hay mayor incertidumbre (en términos de porcentaje) que en la FC con respecto a la relación entre las dos competencias (Tabla 8). La ecuación de la recta para los valores estimados de la FC y de la FI es:  $Y \text{ estimada} = b_0 + b_1X$

Si contrastamos el valor de X y Y, así como el valor de Y estimado resulta que cuando los valores de dominio de la competencia de comprensión (X) son 1, 2 y 3, hay una mayor capacidad de evaluación que de comprensión, y con valores de la competencia de comprensión 4 y 5, es menor que la competencia de evaluación (Y estimada); es decir, se invierten los resultados, (Tabla 9). Se observa que para ambas Facultades se tiene un mismo resultado, ya que se tiene un mismo comportamiento al correlacionar la competencia de comprensión (x) con la de evaluación (Y estimada). Esto podría explicar que la comprensión y manejo de los conceptos son la base para lograr la capacidad o habilidad para aplicarlos e interpretarlos y que hay una mínima diferencia entre los primeros niveles de dominio de ambas competencias.

Además los primeros niveles de dominio de conocimientos (valores de X: 1, 2, 3) que están vinculados a la comprensión y manejo de estos conocimientos, son fundamentales para lograr el siguiente nivel de dominio de conocimientos, que implica la capacidad de evaluar e interpretar estos conocimientos y lograr su aplicación para resolver problemas de índole científico; así mismo se obtiene que cerca que los valores de X de 4 y 5, no hay diferencias importantes en cuanto al nivel de dominio de conocimientos en términos de comprensión y evaluación, de manera que se puede decir que los estudiantes que lograron estar entre estos niveles de dominio (4 y 5) fueron capaces de desarrollar ambas competencias, lo que se observa de manera más clara en los estudiantes de la Facultad de Ciencias (Tabla 18).

**Tabla 18. Relación entre la competencia de comprensión y de evaluación en la FC y FI**

Facultad de Ciencias			Facultad de Ingeniería		
X (comprensión)	Y estimada (evaluación)	X-Y estimada	X (comprensión)	Y estimada (evaluación)	X-Y estimada
1	1.7	-0.7	1	1.9	-0.9
2	2.4	-0.4	2	2.5	-0.5
3	3.2	-0.2	3	3.2	-0.2
4	3.9	0.1	4	3.8	0.2
5	4.7	0.3	5	4.4	0.6

Para conocer si hay correlación entre las respuestas de las preguntas formuladas en la prueba tanto para la población de la Facultad de Ciencias como de la Facultad de Ingeniería, se hizo la matriz de correlaciones entre el valor de cada pregunta a un nivel de significancia del 0.05. Los resultados obtenidos indican que para la Facultad de Ciencias hay un importante número con valores significativos (anotados en negritas) de la sección inferior de la Matriz de Correlaciones, siendo escasos los valores en donde no hay correlación (anotados en color normal), lo que significa que los estudiantes al relacionar las preguntas formuladas en la prueba, son capaces de asociar el conocimiento conceptual con el procedimental, lo que les permite hacer una mejor valoración de la respuesta correcta (Apéndice IV, Matriz de Correlaciones, Gráfica 20A).

Para el caso de la Facultad de Ingeniería se hizo la misma matriz de correlaciones a un nivel de significancia del 0.05 y se obtienen diferencias significativas con respecto a la Facultad de Ciencias, ya que en este caso la sección superior de esta matriz de correlaciones contiene un número importante de valores donde no hay correlación positiva (anotados en color negro normal) y son pocos los valores significativos (anotados en negritas); además en este caso se obtienen valores de correlación negativa, a diferencia de la Facultad de Ciencias donde todos los valores son positivos (Apéndice IV. Gráfica 20B). Esto revela que en la Facultad de Ingeniería los estudiantes no relacionan las preguntas y sus conocimientos conceptuales o declarativos y procedimentales o de habilidades de pensamiento no los asocian como en el caso de los estudiantes de la Facultad de Ciencias, sino que se podría decir que los “manejan” de manera separada, lo que repercute en los resultados obtenidos en cada pregunta, ya que los estudiantes de la Facultad de Ciencias obtienen valores de calificación promedio más altos por pregunta que los de la Facultad de Ingeniería (Apéndice IV. Gráficas 1 y 2).

### **5.2.2. Comparación entre los sistemas de bachillerato de la UNAM**

Debido a que los estudiantes de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) y del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) llevan un plan y programas de estudio diferentes y comprenden de manera conjunta el mayor porcentaje de estudiantes de la muestra poblacional, tanto en la Facultad de Ciencias como de la Facultad de Ingeniería (descrita en la metodología general de trabajo del capítulo 5), se hizo un comparativo de ambos sistemas de bachillerato para conocer si hay diferencias en términos del desarrollo de las competencias evaluadas: comprensión y aplicación de conceptos y procesos biológicos y evaluación e interpretación de planteamientos y conclusiones científicas para resolver problemas, que corresponden de manera resumida a la competencia de comprensión y evaluación, respectivamente (Tabla 19).



**Tabla 19. Comparativo entre la ENP y el CCH de ambas Facultades**

Datos	Facultad de Ciencias				Facultad de Ingeniería			
	Comprensión		Evaluación		Comprensión		Evaluación	
Tipo de Bachillerato	ENP	CCH	ENP	CCH	ENP	CCH	ENP	CCH
Total (n)	100	78	100	78	95	94	95	94
Promedio Calificación	3.9614	3.7564	3.8575	3.7276	3.8815	3.7832	3.7233	3.6398
Desviación estándar	0.5440	0.5390	0.5363	0.5636	0.4511	0.4857	0.4663	0.5173

Al hacer el comparativo entre la ENP y del CCH de la Facultad de Ciencias, mediante una prueba de hipótesis con respecto a la competencia de comprensión, se obtuvo que a un nivel de significancia del 0.05 hay diferencias significativas entre el nivel de comprensión de los estudiantes de la ENP y del CCH, y que la media de la ENP es mayor que la media del CCH, cuyo valor crítico de  $t$  (1.6535) es menor que el estadístico  $t$  (2.5046) de manera que se cae en el área de rechazo de la Hipótesis nula (Apéndice V. Prueba de Hipótesis 9). Se puede observar de manera más clara estos resultados al graficar el promedio de calificaciones obtenidas con respecto a esta competencia, por los estudiantes de la ENP y del CCH de la FC (Apéndice IV. Gráfica 21). Sin embargo, al comparar los resultados entre la ENP y el CCH de la Facultad de Ciencias con respecto a la competencia de evaluación, se obtuvo que la prueba de hipótesis a un nivel de significancia del 0.05 revela que no hay diferencias significativas entre estos dos grupos de estudiantes con un sistema de bachillerato distinto en cuanto a su enfoque, planes y programas de estudio. En este caso el valor crítico de  $T$  (1.9735) es mayor que el valor estadístico  $t$  (1.5680) por lo que cae en el área de no rechazo de la hipótesis nula (Apéndice V. Prueba de Hipótesis 10). Así mismo se graficaron los valores promedio de las calificaciones obtenidas por los estudiantes de la ENP y del CCH para esta competencia (Apéndice IV. Gráfica 22).

Al comparar la ENP y CCH para la Facultad de Ingeniería, respecto a la competencia de comprensión, se obtuvo que no hay diferencias significativas a un nivel de significancia del 0.05, siendo el valor crítico de  $t$  (1.9727) mayor que el estadístico  $t$  (1.4419) por lo que cae en el área de no rechazo de la hipótesis nula (Apéndice V. Prueba de Hipótesis 11), y se graficaron los resultados obtenidos por la ENP y el CCH relativos a esta competencia (Apéndice IV. Gráfica 23). También se hizo el comparativo, mediante una prueba de hipótesis entre la ENP y el CCH de la Facultad de Ingeniería, de la competencia de evaluación y se encontró que no hay diferencias significativas, siendo el valor crítico de  $t$  (1.9727) mayor que estadístico  $t$  (1.1658) por lo que se encuentra en el área de no rechazo de la hipótesis nula (Apéndice V. Prueba de Hipótesis 12). Al igual que en la Facultad de Ciencias, en la Facultad de Ingeniería se obtiene que al nivel de dominio 4 y 5 de la competencia de comprensión se tienen valores de dominio de la competencia de evaluación similares (Apéndice IV. Gráfica 24).

---

## SEXTO CAPÍTULO. DISCUSIÓN GENERAL

En la primera parte de este capítulo se hace la discusión de la metodología desarrollada; en la segunda sección lo relativo a los resultados obtenidos de la aplicación de dicha metodología y, en la tercera y última parte, lo que corresponde al papel de la educación formal en la adquisición de cultura científica, al de la educación científica como instrumento necesario para adquirirla, y a las repercusiones de la cultura científica en el ámbito educativo y social.

### 6.1 Diseño y construcción de la prueba

El diseño de la metodología está enfocado particularmente a valorar el conocimiento conceptual (declarativo) y el procedimental (habilidades), y aunque no se valora de manera puntual mediante indicadores (que en este caso equivalen a las competencias científicas) el aspecto actitudinal para determinar el nivel de cultura científica biológica, si se toma en cuenta para la discusión de los resultados, ya que se parte de que al adquirir conocimientos conceptuales y procedimentales cambia el modo de pensar y de actuar, lo que forma parte de las emociones o actitudes personales. Esto es, la presente investigación considera que es importante para el aprendizaje de la ciencia los aspectos emocionales, tales como la motivación, actitudes, intereses, persistencia, inteligencia emocional, conducta, etcétera, pero como no se ve reflejado de manera precisa en los planes y programas de estudio de la educación media superior, y se hace hincapié en la educación basada en modelos racionales, donde la racionalidad se asocia con la objetividad y las formas superiores del desarrollo del pensamiento abstracto, como es la reflexión, la lógica y la asociación de ideas; mientras que las emociones se asocian con una cierta irracionalidad y subjetividad, y por tanto con una validez limitada, planteamientos que se han hecho de manera enfática para el ámbito educativo (Weiss (2000).

Es evidente que al revisar los planes de estudio que describen el propósito, misión y alcances del bachillerato en México, particularmente de la UNAM y escuelas incorporadas, se enfatiza en la obtención de conocimientos científicos a través de la educación científica racional y objetiva. Así mismo los planes y programas de estudio del bachillerato de la UNAM, resaltan la importancia de obtener múltiples conocimientos y desarrollar habilidades, pero señalan de manera poco precisa la formación actitudinal, ya que describen de manera clara y precisa las estrategias de enseñanza-aprendizaje para lograr el conocimiento declarativo y procedimental y, en el caso de indicar alguna estrategia actitudinal, sólo la mencionan de manera general o como complemento de alguna estrategia relacionada con la adquisición de conceptos o de habilidades metodológica (Programas de estudio de la ENP y CCH, 1996).

Debido a lo anterior, la prueba desarrollada no evalúa el aspecto actitudinal, pero no por ello se considera un factor sin importancia para lograr una educación científica que redunde en la adquisición de

cultura científica, ya que se tiene plena conciencia de que los conocimientos generados en el campo de la neurofisiología demuestran claramente que hay una estrecha relación entre la parte cognitiva (racional) y la parte emotiva (conducta), como lo resaltan los trabajos de Maturana y Varela (2003).

Con respecto a las pruebas piloto desarrolladas en esta tesis, se constató que fueron muy útiles para identificar el conocimiento conceptual o declarativo que debía evaluarse, ya que son muy amplios los contenidos de bachillerato en términos de conocimientos biológicos y son múltiples las estrategias de enseñanza-aprendizaje que utilizan por los profesores para lograr su manejo, aplicación e interpretación. Estas pruebas permitieron responder preguntas clave para diseñar el instrumento metodológico final como son: ¿qué tipo de conocimiento biológico es el que obtienen los estudiantes de bachillerato? y ¿cuál es el conocimiento fundamental para adquirir una cultura científica?

La primera pregunta se resolvió al aplicar las pruebas piloto a los estudiantes del Colegio de Ciencias y Humanidades, y la segunda pregunta se contestó de manera precisa, con la prueba diseñada para evaluar la aplicación e interpretación de estos conocimientos para la resolución de problemas, descrita en el marco teórico de la propuesta metodológica, y que tomó como punto de referencia las competencias científicas. Esta prueba resultó ser la forma más adecuada para valorar la cultura científica biológica, puesto que se va acorde con el concepto de cultura científica concebido en este estudio: “la capacidad de desarrollar competencias científicas, como es la de relacionar el conocimiento científico que se adquiere (preferentemente en la escuela) con el conocimiento cotidiano, la habilidad de discriminar las creencias correctas de las erróneas sobre temas científicos (biológicos) y la aptitud para desarrollar destrezas que permitan interpretar fenómenos y procesos de la naturaleza, comprender mensajes científicos y utilizar criterios propios para tener un papel activo en la sociedad”, y si esos amplios programas promueven y pueden garantizar la adquisición de cultura científica biológica

Esta prueba también se consideró apropiada porque tomó en cuenta los temas o contenidos que usualmente se revisan en el bachillerato, y se consideran fundamentales para comprender, evaluar e interpretar la investigación biológica actual en el campo de la genética, la evolución y la ecología. Además porque comprende preguntas que inciden fundamentalmente en la aplicación del conocimiento biológico y en la habilidad para utilizarlo, como lo señala el concepto ya descrito de cultura científica. Es decir, al formular preguntas puntuales se pudo evaluar la capacidad que tienen los estudiantes de resolver preguntas, que como bien lo señalan Lawson (1983), Lee y colaboradores (2001) es una variable de rendimiento mediante la cual se puede medir la aptitud o capacidad para conocer la información del problema con la que se dispone en la estructura cognitiva y la pericia para procesar (comprender, analizar e interpretar) la información que suministra el enunciado del problema.

También esta investigación concuerda con lo obtenido en los estudios desarrollados por Solaz-Portolés y San José-López (2008), los cuales han identificado que los estudiantes que resuelven los problemas a través de preguntas dirigidas, son los que tienen mayor conocimiento previo sobre la materia

del problema; más habilidad de razonamiento formal; más cantidad de conceptos y de relaciones entre ellos; lo que significa más conocimiento conceptual; mayor aptitud para procesar la información del enunciado del problema y para encajarlo dentro de los esquemas del conocimiento, así como el mejorar estrategias de aprendizaje que llevan a un procesamiento más profundo de la información presentada.

También la prueba aplicada resultó eficaz como un instrumento metodológico para determinar el nivel de dominio de las dos competencias científicas consideradas fundamentales para evaluar la cultura científica: 1) comprender y aplicar conceptos y procesos biológicos y 2) evaluar e interpretar planteamientos y conclusiones científicas para la resolución de problemas. La separación de ambas competencias y su relación con cada pregunta formulada se hizo porque, por un lado, se quería conocer el nivel de dominio de la comprensión de conocimientos conceptuales contenidos en los programas de estudio (medido por la primera competencia) y, por otro lado, el nivel de dominio del manejo y aplicación de estos conocimientos para resolver problemas (medido por la segunda competencia). De esta manera fue posible valorar o contratar la hipótesis de trabajo en términos del nivel de dominio de ambas competencias relativas a la cultura científica.

La prueba se diseñó con siete preguntas relacionadas principalmente con la competencia de comprensión y ocho preguntas con la competencia de evaluación; esto se consideró necesario para lograr identificar las capacidades de los estudiantes con respecto a los conocimientos declarativo y procedimental. Sin embargo, cuando se aplicó la prueba construida con las 15 preguntas, se identificó que los estudiantes en muchos casos las asociaban. Esto es, la metodología desarrollada evalúa el nivel de cultura científica adquirida considerando ambas competencias, ya que el concepto de este término utilizado en el estudio así lo establece, y queda muy claro en la descripción que se hace del grado o nivel de dominio de cultura científica determinado en cinco categorías de calificación que van del 1 al 5. En resumen esta prueba hace válida la hipótesis de investigación planteada, respecto a que el dominio de conceptos es fundamental para aplicarlos correctamente en la resolución de problemas, y que la resolución de problemas es una herramienta valiosa para evaluar la cultura científica.

## **6.2 Aplicación de la prueba**

Los resultados de la aplicación de la prueba a estudiantes de la Facultad de Ciencias (FC) y de la Facultad de Ingeniería (FI) revelan que las diferencias significativas encontradas en cuanto al nivel de dominio de las competencias científicas evaluadas -ya que los de la FC obtuvieron mejores calificaciones, en promedio (entre 3.8 y 4.6), que los estudiantes de la FI (entre 3.5 y 4.1) -, se debe a varios factores. Un primer factor que explica esta diferencia es el bagaje de información científica biológica que se obtiene de los cursos de biología que se imparten en el bachillerato, siendo mayor para el caso de los estudiantes de la FC, ya que previamente llevaron más asignaturas que los que provenían de la ENP y escuelas incorporadas al integrarse al Área II de ciencias biológicas y de la salud en el

último año escolar; lo que implica un mayor número de horas teórico-prácticas de acuerdo al Plan y Programas de estudio de la ENP. Para el caso de los estudiantes que provenían del CCH, llevaron también horas “extras” de biología, al cursar más asignaturas optativas en los últimos semestres, según el Plan y Programas de Estudio del CCH, de manera que reforzaron, en ambos casos, su conocimiento teórico-práctico de biología.

Otro factor que contribuyó al resultado obtenido y que en esta discusión no puede dejar de precisarse, es que los estudiantes de la FC (carrera de Biología) lograron adquirir más conocimientos y capacidades relacionadas con el procesamiento cognitivo de la ciencia biológica y la investigación científica, que los estudiantes de la FI, porque sus intereses están más relacionados o ligados con la formación científica, a diferencia de los que estudian en la FI. Y aunque la prueba desarrollada no estuvo diseñada para evaluar la parte actitudinal, el hecho de que los estudiantes de la Facultad de Ciencias hayan elegido estudiar una carrera científica (biología), en los resultados se vio reflejado su interés personal por la ciencia. Esto concuerda con los estudios dirigidos a medir la parte emotiva que involucra el interés personal, la motivación, las experiencias afectivas y los procesos de aprendizaje dirigidos a una meta en común, como los realizados por Vázquez y Manassero (2007b), que indican cómo la ciencia adquirida en la escuela juega un papel central en la elección de carrera.

También estos resultados corroboran que los estudiantes de la FC son más capaces de responder a preguntas de carácter científico, ya que cuentan con un mayor bagaje de información conceptual que los de la FI, y han desarrollado habilidades de pensamiento que les permite relacionar de mejor manera el conocimiento conceptual (comprensión) con el procedimental (aplicación e interpretación). Este aspecto es de notar porque indica que no sólo es importante responder las preguntas correctamente, sino relacionar la información que contiene cada una de ellas, y confirmar el conocimiento que se tiene de los conceptos biológicos y de la investigación científica al dar una respuesta acertada. Esto es un indicador del nivel de conocimientos que tiene el estudiante y la habilidad que ha desarrollado para lograr aplicarlos adecuadamente en un contexto científico, lo que valida su capacidad de resolver preguntas fundamentadas y discriminar lo que no es acertado desde un punto de vista científico.

Así mismo los resultados reflejados en la gráfica de dispersión respecto a las calificaciones obtenidas que se describen en el Apéndice IV, ponen en evidencia que la población de la FC es más homogénea en sus conocimientos en términos de las competencias científicas, que la población de la FI, ya que presenta una menor dispersión dado que el coeficiente de variación es más pequeño en comparación con los de la FI, como se indica en la gráfica del Apéndice IV.

Respecto al nivel de dominio de cultura científica alcanzado por los estudiantes de la FC y de la FI, los resultados indican que ambas poblaciones adquirieron una cultura científica, pero que la FC logró un nivel mayor (dominio medio alto) que la FI (dominio medio regular) a través de la educación

escolarizada. Este resultado pone de manifiesto una observación que no siempre se resalta en la literatura, ya que en la mayoría de los casos se habla de un analfabetismo científico de los estudiantes jóvenes, como lo describen Vázquez y Manassero (2007b) y Duit (2006). Inclusive esta misma opinión se menciona por los resultados obtenidos en las evaluaciones internacionales sobre los aprendizajes científicos de los estudiantes, como fue el Programa Internacional sobre Evaluación de los Estudiantes (PISA, 2006), que difunde el mismo mensaje respecto a que “la educación escolar no contribuye a que los estudiantes alcancen aprendizajes significativos y un nivel adecuado de cultura científica”.

Hay que señalar que el planteamiento que hacen los autores citados con anterioridad se refieren a que los jóvenes no necesariamente se interesan por la ciencia y que deben reorientarse la currícula de las instituciones educativas para reforzar la formación científica que permita lograr una cultura científica. En el caso de esta investigación los resultados obtenidos indica que los estudiantes de educación media superior a quienes se les aplicó la prueba, lograron desarrollar las competencias científicas que constituyen los indicadores de adquisición de cultura científica biológica. Pero no sería apropiado señalar que es solamente a través de la educación formal como se adquiere la cultura científica, ya que en ella está inmersa o es inherente la facultad que tienen las personas de adquirir conocimientos por otras vías, ya sea a través de la educación no formal o la informal. Sin embargo, la hipótesis de investigación planteada resultó ser cierta en cuanto a que la educación formal es fundamental para lograr una cultura científica.

Por otra parte, los resultados obtenidos del coeficiente de correlación de las dos competencias científicas evaluadas, permitió contrastar o verificar la hipótesis de trabajo que establece la necesidad de adquirir conocimientos conceptuales para poder aplicarlos e interpretarlos y así lograr resolver preguntas de índole científico. En el caso de la FC esta premisa se cumple de manera puntual, ya que se alcanza un alto nivel de comprensión de conceptos biológicos que permite a su vez evaluarlos e interpretarlos de manera eficiente. Se obtiene un coeficiente de correlación cercano a uno (0.7449), y valores promedio altos tanto en la competencia de comprensión (3.92) como de evaluación (3.85), lo que se significa que se adquirieron conocimientos conceptuales y se logró pasar al nivel de dominio de capacidades de aplicación y resolución de problemas, alcanzando un nivel medio alto de dominio en ambas competencias.

En el caso de la FI la hipótesis de trabajo planteada resulta también cierta, sólo que no fue tan evidente como en la FC, ya que el valor de correlación es de 0.6051, y los valores de ambas competencias son también menores, tanto para la competencia de comprensión (3.87) como de evaluación (3.71). Por ello es válido señalar que los estudiantes de la FC adquirieron conocimientos conceptuales que les permitieron alcanzar un nivel de pensamiento más complejo que involucra la aplicación e interpretación de los mismos, que los de la FI. A su vez, los resultados de la matriz de correlaciones entre las preguntas, permitieron constatar que no sólo es importante responder cada una

de las preguntas de manera correcta, sino que también es vital relacionarlas o asociar la información que contiene una pregunta con otra, ya que de esta manera se confirma como la adquisición de conocimientos se concatena con la habilidad para aplicarlos y resolver problemas, de manera que se logra “profundizar en el tema” y se refuerzan los conocimientos, verificando que la respuesta que se proporcionó ( y fue correcta) se debió a que se tienen sólidos conocimientos y se es capaz de tomar decisiones también correctas o adecuadas.

Lo anterior refleja de manera clara por los valores obtenidos de los estudiantes de la FC con respecto a la correlación entre las preguntas, que en su mayoría son significativos, lo que quiere decir que hay una relación directa entre las respuestas de las dos preguntas comparadas, como ya se describió en los resultados y se muestran de manera tabulada en el Apéndice IV, y por lo tanto estos estudiantes asocian una pregunta con otra y son capaces de responderlas con mayor eficacia. En el caso de los estudiantes de la FI pasa lo contrario, ya que no hay correlación positiva entre los valores de las variables, lo que significa que no son tan capaces como los de la FC en asociar las preguntas y resolverlas de manera eficaz. Esto puede deberse a que sus conocimientos son menos “sólidos” y a que no han desarrollado de manera eficiente sus destrezas o aptitudes para relacionar información o contenidos científicos para resolver un problema puntual, o bien a que su nivel de “profundización” de dichos contenidos o conocimientos científicos no son tan claros como sucede en la FC.

Con respecto a las diferencias encontradas entre los estudiantes que provienen de dos modelos educativos, ENP y CCH, los resultados revelan que los estudiantes del CCH cuentan con un bagaje significativo de conocimientos conceptuales, adquirido a través de las distintas estrategias de enseñanza-aprendizaje desarrolladas por su modelo educativo que permite la comprensión y manejo de la información científica biológica, pero sin “ahondar” o “profundizar” en cuanto a la descripción de conceptos como sucede en el modelo educativo de la ENP. Sin embargo ambos modelos logran que los estudiantes apliquen e interpreten la información científica biológica y sean capaces de resolver problemas. Esto corrobora el resultado obtenido al relacionar ambas competencias, ya que en valores de 4 y 5 de nivel de dominio de la competencia de comprensión se obtienen valores de dominio de la competencia de evaluación similares.

## **6.3 Factores que definen y evalúan la cultura científica**

### **6.3.1 El papel de la educación**

Este trabajo partió de concebir a la educación como el proceso mediante el cual se transmiten conocimientos, valores, costumbres y formas de actuar, obteniendo como resultado habilidades, conocimientos, actitudes y valores. La educación se relaciona de manera inmediata con la escuela; ya sea porque la educación formal es la vía natural por la que se inculcan conocimientos, de manera estructurada y planificada, con base en estrategias y conforme a lo establecido por la institución

educativa que la ofrece. Es inequívoco que es en la escuela donde los estudiantes adquieren conocimientos sistemáticos, organizados, observables, verificables, discutibles, que no sólo se memorizan sino son analizados e interpretados.

Esto se fundamenta en lo señalado por Hamadache (1991) cuando menciona que al impartirse la educación formal en una institución educativa, ésta se encuentra ligada a un currículo bien definido, es cronológicamente escalonada y está dirigida bajo la orientación de técnicos profesionales y especializados. Esto significa que los conocimientos recibidos son “válidos” y permiten la reflexión y la discusión de los mismos y, sobretodo, se corrobora que hayan sido comprendidos correctamente mediante la aplicación de estrategias e instrumentos de evaluación “probados” y replicados. Es con base en estas premisas que se consideró a la educación escolarizada como un ambiente muy favorable para adquirir las competencias científicas relativas a la adquisición, comprensión, manejo e interpretación de conocimientos de índole científico, y las habilidades relacionadas, que son el fundamento del concepto de cultura científica descrito en este estudio.

Además al utilizar la educación institucionalizada, se puede contar con la valoración de poblaciones de estudiantes formalmente inscritos en un proceso educativo, que ofrece la posibilidad de conocer sus logros de manera precisa en el campo del conocimiento científico biológico, que es el objetivo de este trabajo.

A pesar de la consideración anterior, no fue posible contar con los elementos suficientes para concluir que la educación formal es la que jugó el papel más importante en la adquisición en los estudiantes de bachillerato de cultura científica, ya que no se valoró el efecto de la educación recibida por medio de otras prácticas, espacios o escenarios sociales, como es la educación que se adquiere de manera informal o por los medios de comunicación o espacios acondicionados para ello, ya sea museos y parques temáticos. Mucho menos se pudo evaluar la cultura científica que adquieren los estudiantes de manera informal a través de las experiencias de la vida cotidiana, que son tan importantes para la formación de las personas.

Es evidente que los estudiantes, como cualquier miembro de la sociedad aprehenden las claves de su cultura y de los avances de la ciencia, no sólo en la escuela sino en diversos espacios, procesos, instituciones, relaciones personales, recibiendo mensajes y propuestas, elaborando códigos e interpretando normas sociales, las cuales abarcan no solo los conocimientos como tales, sino creencias, valores, habilidades, aptitudes y sentimientos. Aspectos que reseñan en sus trabajos autores como Buenfil (1991) y Reyes (2000), al resaltar que la educación no formal no es menos importante que la escuela en la formación de sujetos, porque integra lo que la escuela tarda o nunca llega a incorporar en su programas y lo que los medios de comunicación ocultan o distorsionan.

Por ello esta investigación concluye que la educación formal si representó un papel importante para adquirir una cultura científica biológica, pero se tuvo claro que la totalidad del proceso educativo se



constituye por las tres nociones establecidas: la educación formal (escolarizada), la no formal (fuera de la escuela) y la informal (a través de la cotidianidad).

### **6.3.2 La cultura científica como un factor de desarrollo y avance educativo**

La investigación realizada resalta que a pesar de su complejidad conceptual, la cultura científica se puede mirar como un continuo de capacidades básicas, relativas al mundo natural, entre las cuales la formación del pensamiento científico, las habilidades de comunicación complejas y la capacidad de resolver problemas, se consideran competencias deseables para todos a través de la educación en ciencia, y que es vital tomar en cuenta que aunque vivimos en una sociedad cada vez más influida por el avance científico y modulada por el progreso técnico, no está acompañada por una “bien lograda cultura científica” que facilite la apreciación de todo lo que representan los productos y componentes científicos (y tecnológicos) que se han desarrollado para la estructura social.

Es por ello que aun cuando aparentemente no hay gran interés por fomentar la cultura científica en muchos de los ámbitos formales, es claro que las investigaciones sobre el papel de la formación y educación científica, resaltan la necesidad de contar con una cultura científica para el desarrollo de la sociedad actual, ya que al tener una buena comprensión de la actividad científica, de sus características y de los instrumentos para medirla, se podrían resolver muchos problemas que afectan a la sociedad.

Se logró también analizar en este trabajo, que no siempre una correcta concepción del término, ya que en muchos casos no se relaciona con las aptitudes y conocimientos que un individuo debe tener para actuar ante la sociedad a la que pertenece, sino que se habla de cultura científica en términos de “cúmulo de conocimientos” que permiten la comprensión de conceptos, pero que no involucran necesariamente habilidades de pensamiento, como es la resolución de problemas.

Por otro lado, aunque parezca contradictorio, el término cultura científica (concebido en algunos países como alfabetización científica) se menciona y resalta como una necesidad para todos, particularmente en los foros internacionales relacionados con el papel de la cultura y la ciencia, como es la “Declaración de Budapest sobre la ciencia y el uso del saber científico (UNESCO, 1999) o en la Conferencia Mundial de Periodismo Científico realizado en Canadá (2004), y el caso de los documentos publicados por Organizaciones Internacionales como la OREAL/UNESCO que instituyeron la “Década de la Educación para el Desarrollo Sustentable (2005-2014), al considera tema prioritario la educación y la cultura científica en los jóvenes por la UNESCO (2005).

Este tema sigue siendo prioritario en cualquier foro donde se hable de educación científica como bien lo señalan Acevedo y colaboradores (2003; 2005), sin embargo aunque se resalta el papel que juega la educación científica para lograr una cultura científica, se llega a la conclusión de que en la escuela no se logra inculcar en los estudiantes el interés por la ciencia y mucho menos el de adquirirla. Conclusión que no se comparte en este estudio y contradice lo señalado por Gil y Vilches (2001; 2004) y Solbes y

Vázquez (2001), respecto a las percepciones de los estudiantes de bachillerato acerca de la ciencia (y la tecnología), que señalan que los estudiantes están faltos de interés por la ciencia y el desarrollo de habilidades, de manera que por ello no reflejan un “nivel aceptable de cultura científica”.

En este estudio se pudo valorar que los estudiantes egresados del bachillerato y que ingresaron a la educación superior, adquirieron un “nivel aceptable de cultura científica”, ya que lograron desarrollar competencias científicas dirigidas a un nivel de pensamiento complejo, como es la asociación de ideas, pensamiento lógico deductivo y la toma de decisiones con respecto a un tema en particular, reflejados en los resultados que fueron consistentes, en el sentido de que fueron capaces de responder todas las preguntas y obtuvieron calificaciones promedio hasta de 4.8 los de la Facultad de Ciencias, y de 4.1 los de la Facultad de Ingeniería, lo que representó un nivel de dominio bastante alto.

No se puede asegurar que este resultado sea consecuencia de que se conciba como asunto prioritario la educación científica, como lo establece en sus estatutos el bachillerato de la UNAM, de donde provenían la mayor parte de la población estudiada; ya que se plantea como un factor esencial para lograr competencias diversas en el proceso educativo, como es el aprendizaje de conocimientos científicos, la manera como se desarrolla la investigación científica y la utilidad e importancia de la misma para el desarrollo humano y de la sociedad en su conjunto. De manera que los dos modelos educativos que tiene la UNAM a educación media superior (ENP y CCH), resaltan estos planteamientos con el fin de que los estudiantes adquieran una “educación de calidad” a través de la educación que se imparte en las aulas, que no sólo proporcione conocimientos sobre hechos o datos científicos, sino que resalte la importancia de la investigación científica de manera general, referidos en los documentos revisados de los Modelos Educativos y Planes de Estudio del bachillerato de la UNAM, que concuerdan con lo resumido por Palencia Gómez (2007).

Inclusive a nivel superior se está contemplando la importancia de inculcar al estudiante conceptos y competencias relacionadas con la cultura y la ciencia como un factor que ayude a su desarrollo profesional; un ejemplo de ello es la asignatura de “Cultura y Comunicación” que se imparte en la Facultad de Ingeniería a todos los estudiantes de primer ingreso (donde se obtuvo una muestra de la población analizada en este estudio), la cual concibe a la comunicación de la ciencia la clave para aumentar la cultura científica y su relación con el desarrollo científico y tecnológico, y entender de mejor manera sus implicaciones en la sociedad actual.

El concepto de cultura científica crítica que se concibe en este trabajo, se refiere al conjunto amplio de conocimientos, que exige un cierto nivel de cultura, particularmente en ciencias, además del desarrollo de capacidades, actitudes y competencias que permiten al individuo escoger, decidir y actuar en su entorno social, además de afrontar los diversos aspectos de su vida cotidiana, o sea una cultura capaz de influir en las actitudes y en las experiencias de la ciudadanía. Esto explica como los aprendizajes derivados principalmente de la educación formal, que se manifestaron en los resultados de

la aplicación de la prueba anteriormente descritos y analizados, son lo suficientemente significativos como para determinar el nivel de cultura científica biológica adquirida por los estudiantes de bachillerato analizados (conforme al nivel de dominio de las competencias científicas), considerándose entre el nivel medio regular y el nivel medio alto (según la escala de niveles de dominio planteados en la propuesta metodológica).

Si se toma como parte importante para concebir la cultura científica la capacidad de lograr el pensamiento crítico, no se podría decir con certeza si los estudiantes lograron adquirir lo que se denominaría “cultura científica crítica”, ya que la noción de pensamiento crítico involucra un proceso cognitivo complejo que incluye el pensamiento lógico, la perspectiva y percepción de ideas y el análisis de las mismas para la toma de decisiones, que es intencionado y orientado al logro de una meta, descrito de manera amplia por Laskey y Gibson (1997), por lo que incluye varios elementos: intelectuales (razonamiento), psicológicos (autoconciencia y disposición), sociológicos (contexto socio-histórico) y éticos (moral y valores), según lo describen Guzmán y Sánchez Escobedo (2006),

A través de esta investigación no se pudo constatar si en la educación media superior esta noción de pensamiento crítico está involucrada y se inculca de manera eficaz en las aulas; puesto que las estrategias de enseñanza-aprendizaje desglosadas en los Programas de Estudio, no lo indican de manera precisa ni se establecen criterios de evaluación dirigidos a corroborar su adquisición, aún cuando se menciona de manera tácita la necesidad de lograr un pensamiento crítico en los perfiles de egreso y alcances del bachillerato (Planes de Estudio del CCH y ENP, UNAM).

Esta discusión deja abierta la reflexión de qué tipo de cultura científica adquieren los estudiantes de bachillerato, ya que no se tuvieron elementos precisos para determinar si los estudiantes fueron capaces de adquirir una “cultura científica crítica”, ya que las pruebas aplicadas estaban enfocadas a evaluar competencias científicas relacionadas con conocimientos y habilidades de pensamiento relativas a la resolución de problemas del ámbito científico y no incluyeron parámetros relacionados con los aspectos psicológicos, éticos y filosóficos inherentes al pensamiento crítico.

Una última consideración que hay que señalar es si los conocimientos adquiridos en el campo de la ciencia (biológica) y las competencias desarrolladas para interpretar la información científica y resolver preguntas de índole científico que constituyeron los elementos fundamentales para valorar la adquisición de cultura científica en este trabajo, se relacionan de manera más precisa con alguna de las categorías de cultura científica concebidas por Shen (1975); cultura científica cívica, que comprende el interés por la ciencia y sus aspectos más representativos y de uso común, así como de su utilidad en los procesos democráticos en una sociedad cada vez más tecnificada; lo que denomina cultura científica cultural, que comprende una apreciación de la ciencia como uno gran avance de la humanidad y que forma parte de nuestra cultura, y lo que tipifica como cultura científica práctica, que corresponde al conocimiento científico aplicado para resolver problemas prácticos.

Este trabajo considera que genera dificultades “encerrar” el término cultura científica bajo los criterios señalados por Shen (1975), ya que se concibe a la cultura científica como la capacidad de visualizar muchos aspectos de la ciencia, que incluyen la parte utilitaria de la ciencia y sus aportaciones para el bien común, pero también la aplicación del conocimiento científico para el desarrollo de tecnologías no siempre adecuadas que “desvían” el conocimiento científico a proyectos antisociales y de repercusión mundial.

---

## SÉPTIMO CAPÍTULO. CONCLUSIONES Y APORTACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Esta sección describe de manera puntual las conclusiones y las aportaciones derivadas de la investigación de tesis que enlaza la parte educativa y social relacionada con la adquisición de la cultura científica, bajo una concepción que comprende la obtención de conocimientos, habilidades y actitudes que reflejan nuestra vinculación con el mundo y la toma de decisiones ante nuestra sociedad.

La propuesta de una metodología para evaluar la cultura científica biológica, tema primordial de esta tesis, comprendió seguir varias líneas de trabajo, por una parte la revisión de la literatura existente sobre la importancia de la educación científica en el marco de la educación escolarizada y la base conceptual de la cultura científica en particular. Por otro lado, en la fase inicial de esta investigación se destinó un gran parte del tiempo a la elaboración de una prueba que hiciera posible evaluar el conocimiento declarativo y procedimental sobre el ámbito biológico, particularmente de evolución, genética y ecología. Esta prueba debía aplicarse a distintos estudiantes de bachillerato y debía lograr conocer el grado de cultura científica adquirida mediante la educación formal recibida en el bachillerato, mediante una metodología identificada como “nivel de dominio de competencias científicas”.

La prueba aplicada a 459 estudiantes de bachillerato que ingresaron a una licenciatura, siendo 208 de la carrera de biología de la Facultad de Ciencias y 251 estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, arrojó una cantidad importante de información que debió de procesarse y analizarse de distintas formas; una parte de ese análisis se hizo sobre los resultados obtenidos de la aplicación de la nueva propuesta metodológica para evaluar la cultura científica biológica, basada en experiencias recomendadas por la literatura. Respecto a este punto, el aporte original de esta tesis es que incluye sugerencias de diversos autores y propuestas metodológicas y añade el empleo de niveles de dominio de competencias científicas para evaluar la cultura científica, con base en una concepción nueva que no se había considerado anteriormente.

Por otra parte, con este trabajo se pretende ofrecer a los profesores de biología de educación media superior, una alternativa metodológica para facilitar la forma de evaluar si la educación científica que se imparte en los jóvenes de bachillerato, relativa al campo de la biología; considerando el tipo de conocimientos y habilidades que se les debe enseñar y de cómo percibir la ciencia y la investigación científica, de manera que le sea favorable para adquirir una cultura científica biológica. Las aportaciones más importantes de esta tesis son el análisis de la problemática alrededor de la cultura científica; la aplicación de la metodología para evaluar la cultura científica biológica; la identificación de los niveles de dominio de las competencias científicas que la conciben, en términos de logro de conocimientos y habilidades; la detección de patrones diferentes en estudiantes de bachillerato que llevaron modelos educativos distintos, y la importancia del contexto de la educación formal en la adquisición de la cultura científica.

Examinando la diversidad de líneas de investigación llevadas a cabo en esta tesis, se considera adecuado presentar las conclusiones obtenidas en cuatro secciones diferentes:

### **7.1 Relativo a la prueba desarrollada:**

**7.1a.** La metodología propuesta se basó, en buena parte, en la forma de concebir las pruebas utilizadas en el Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (PISA) del 2006, con respecto al uso de competencias científicas, que miden el nivel de conocimientos conceptuales y procedimentales en los jóvenes estudiantes de nivel medio básico y medio superior. Se logró en la propuesta diseñada en esta tesis adaptar ese mismo procedimiento para conocer el nivel de dominio de dichas competencias y evaluar la cultura científica biológica en estudiantes de educación media superior.

**7.1b.** La prueba diseñada en esta tesis se enfoca a evaluar competencias relativas al conocimiento declarativo y procedimental y no se califica lo actitudinal; sin embargo se considera que es una parte importante de la cultura científica, ya que se relaciona con los intereses, conducta, motivación, personalidad, que son aspectos inherentes al ser humano. Esta prueba se diseña tomando en cuenta la parte conceptual y de habilidades debido a que los planes y programas de estudio que se han elaborado para la educación media superior, contemplan de manera predominante el desarrollo de esos aspectos y no lo referente al ámbito emocional, lo que se refleja de manera evidente en la forma de abordar los aprendizajes y de resolver las estrategias de enseñanza-aprendizaje.

**7.1c.** La prueba permite evaluar el conocimiento declarativo y procedimental que constituyen los parámetros indicativos de la cultura científica, específicamente para el ámbito biológico referente a evolución, genética y ecología. La prueba, al constituirse por competencias científicas bien definidas, permite la “valoración de los niveles de dominio de dichas competencias”, un indicador desarrollado en este trabajo que identifica y describe con bastante precisión los conocimientos científicos y habilidades, relacionadas con este campo de conocimiento, adquiridos por los estudiantes de bachillerato. Esto es, la manera como se diseñó la prueba y los reactivos que la constituyen muestran que los estudiantes son capaces de comprender y aplicar conceptos clave o fundamentales de evolución, genética y ecología, así como la manera de abordar preguntas específicas, que debería poder resolver quien tenga una cultura científica biológica apreciable.

**7.1d.** La prueba es aplicable para cualquier tipo de bachillerato y el maestro o el investigador educativo podrá calificarla según le convenga, ponderando las dos competencias resueltas. Sin embargo, resultaría todavía más valiosa como instrumento metodológico, si se logra valorar la parte actitudinal; para ello es necesario contar con estrategias de enseñanza-aprendizaje bien definidas respecto a la parte emotiva, ya que constituye aspectos relevantes de la personalidad, la conducta y los valores de los estudiantes, que son también parte importante de la cultura científica.

**7.1e.** La forma en que se han planteado las preguntas que constituyen la prueba, permiten que se

validen con facilidad y se pueda interpretar de manera precisa en términos de dominio de cultura científica. Esto es, la prueba está constituida por reactivos en forma de pregunta o de resolución de problemas puntuales, siendo múltiple la respuesta para cada pregunta, ya que se conciben cuatro posibles opciones en forma de SI y NO, de manera que es múltiple la respuesta para todos los casos, lo que permitió medir con más precisión el nivel de conocimientos y habilidades desarrolladas por los estudiantes, que si hubiera sido una prueba de opción múltiple con una sola respuesta correcta.

## **7.2 Relativo a los resultados de las pruebas aplicadas:**

**7.2a.** La aplicación de la prueba en estudiantes provenientes de distintos tipos de bachillerato (CCH, ENP, Colegio de Bachilleres, preparatoria privada y otras que incluye preparatorias técnicas y estatales), se encontró que son capaces de desarrollar, en términos generales y en forma eficiente, la capacidad de comprensión y aplicación del conocimiento biológico, así como lo relativo a evaluar e interpretar resultados y conclusiones de la investigación científica biológica para la resolución de problemas.

**7.2b.** Las preguntas que comprende la prueba aplicada dirigidas a evaluar la interpretación de los avances de la investigación científica para la resolución de problemas de índole científico, generan mayor dificultad a los estudiantes, ya que obtienen calificaciones menores en esta competencia científica que en la de comprensión y manejo de conceptos. Esto se explica porque estas aptitudes se relacionan con un nivel de conocimiento más complejo, al requerir desarrollar pensamiento lógico, asociación de ideas, análisis e interpretación de las mismas para llegar a una conclusión.

**7.2c.** Los estudiantes que ingresaron a la carrera de biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM tuvieron un nivel de dominio mayor de desarrollo de las competencias de comprensión y de evaluación de los conocimientos biológicos que los estudiantes que ingresaron a la Facultad de Ingeniería. Los estudiantes que pertenecen a la Facultad de Ciencias cursaron la materia optativa de biología a diferencia de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería, lo que explica la diferencia en las calificaciones obtenidas en la prueba, además del interés implícito que tienen aquellos estudiantes por la ciencia. En este caso se reducen de manera importante las concepciones erróneas, aunque se conservan algunas intuitivas o alternativas, ya que se obtienen promedios entre 3.8 y 4.6 de calificación para todas las preguntas, siendo el mayor puntaje de 5.0.

**7.2d.** Respecto al empleo de los conceptos biológicos de evolución, genética y ecología que la prueba desarrollada permitió hacer, se encontró que se manejan e interpretan de manera “asociada” por los estudiantes de la Facultad de Ciencias y en forma “independiente” los que son de la Facultad de Ingeniería, ya que no han profundizado en sus conocimientos y habilidades que les permite relacionar conceptos con las conclusiones e interpretaciones de la investigación científica.

**7.2e.** Del análisis del empleo de conceptos y desarrollo de habilidades en estudiantes provenientes de modelos educativos distintos representados por la Escuela Nacional Preparatoria (ENP)

y el Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM, se encontró que hay diferencias significativas; ya que se tuvo una mayor dominio en la comprensión y manejo de conceptos en los estudiantes de la ENP que en los del CCH. Sin embargo, ambos estudiantes alcanzan un mismo nivel de competencia respecto a la capacidad de evaluar e interpretar conclusiones científicas y resolver problemas. Esta diferencia se explica porque en la ENP se tiene un modelo más “tradicional” donde es importante desarrollar estrategias de enseñanza-aprendizaje que permitan ahondar en la parte teórica para lograr su aplicación práctica, y en el caso del CCH se resuelve mediante el desarrollo de estrategias de enseñanza-aprendizaje donde la parte teórica va ligada con la aplicación práctica o experimental.

**7.2f.** Se obtuvieron diferencias importantes en los resultados obtenidos de los estudiantes de bachillerato que provienen de instituciones de la UNAM con modelos educativos distintos; Escuela Nacional Preparatoria (ENP) y Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH). En el caso de los estudiantes de la ENP se obtuvo un nivel de dominio mayor en la competencia de comprensión que los del CCH, (nivel medio alto y nivel medio regular, respectivamente), que se explica por la forma en cómo está concebido el modelo educativo “tradicional”, una mayor profundización de los conceptos declarativos para que sean aplicados de manera práctica. En el caso del CCH se obtuvo un nivel medio regular de comprensión pero un nivel medio alto de evaluación e interpretación de estos conocimientos, lo que refleja un modelo donde se prioriza la aplicación de los conocimientos en todo el proceso educativo. Sin embargo, se resalta que también los estudiantes de la ENP son capaces de alcanzar a desarrollar la competencia de evaluación en su proceso educativo terminal.

### **7.3 Relativo al papel de la educación formal y no formal.**

**7.3a.** Se considera a la educación escolarizada un ambiente importante para adquirir las competencias científicas relativas a la adquisición, comprensión, manejo e interpretación de conocimientos de índole científico, y las habilidades relacionadas, que son el fundamento del concepto de cultura científica descrito en este estudio. Esto es porque la educación institucionalizada es un ámbito académico bien estructurado cuya finalidad es que los profesores impartan conocimientos a sus alumnos bajo un modelo educativo diseñado con planes y programas de estudio bien definidos. Se concluye que en la escuela se logra inculcar en los estudiantes el interés por la ciencia de manera que por ello reflejan un “nivel aceptable de cultura científica”. Este punto de vista no siempre se comparte por investigadores del área educativa, quienes señalan que los estudiantes están faltos de interés por la ciencia y el desarrollo de habilidades.

**7.3b.** En el caso de la educación no formal e informal el proceso educativo de seguimiento con respecto a su rendimiento no siempre es posible o se dificulta. Sin embargo este trabajo deja muy claro que la educación que se obtiene de manera no formal mediante los medios de comunicación o espacios acondicionados para ello, ya sea museos y parques temáticos, y la educación informal adquirida a través



de las experiencias de la vida cotidiana, son también importantes para la formación de una cultura científica. Esta tesis concluye que la educación formal si representa un papel importante para adquirir una cultura científica biológica, pero que la totalidad del proceso educativo se constituye por las tres nociones establecidas: la educación formal (escolarizada), la no formal (fuera de la escuela) y la informal (a través de la cotidianidad), contribuyendo cada una en la conformación de la cultura científica.

**7.3c.** Se determina en esta tesis que el ámbito más propicio para evaluar la cultura científica biológica de los estudiantes es la escuela, puesto que a través de esta educación escolarizada se puede hacer la valoración y seguimiento de los estudiantes que ingresan en el proceso educativo, lo que ofrece la posibilidad de conocer sus logros o avances en materia de educación científica de manera precisa, y evaluar sus capacidades o actitudes desarrolladas en un tiempo y espacio determinado. Además permite involucrar directamente a los profesores y responsables de la institución escolar para que se apliquen las pruebas necesarias para evaluar el conocimiento científico obtenido mediante cursos teórico-práctico.

#### **7.4 Relativo a la cultura científica como un factor de desarrollo y avance educativo:**

**7.4a.** Este trabajo resalta que la cultura científica se debe concebir como un continuo de capacidades básicas, relativas al mundo natural, entre las cuales la formación del pensamiento científico, las habilidades de comunicación complejas y la capacidad de resolver problemas, se consideran competencias deseables para todos a través de la educación en ciencia. Y que por ello la sociedad a la que pertenecemos, cada vez más influida por el avance científico y modulada por el progreso técnico, debe estar acompañada por una “bien lograda cultura científica” que facilite la apreciación de todo lo que representan los productos y componentes científicos que se han desarrollado para la estructura social.

**7.4b.** El marco de referencia en el que se basó esta tesis permitió visualizar que, aunque aparentemente no hay gran interés por fomentar la cultura científica en muchos de los ámbitos educativos y sociales formales, es claro que las investigaciones sobre el papel de la formación y educación científica siempre resaltan la importancia de lograr que todos tengan una cultura científica porque se considera vital para el desarrollo de la sociedad actual, ya que se plantea que al tener una buena comprensión de la actividad científica, de sus características y de los instrumentos para medirla, se podrían resolver muchos problemas que afectan a la sociedad.

**7.4c.** Se constató mediante este trabajo de tesis, que la carencia de una cultura científica generalizada se debe, en buena parte, a que no se tiene una correcta concepción del término, ya que no siempre se relaciona con las aptitudes y conocimientos que un individuo debe tener para actuar ante la sociedad a la que pertenece. Lo importante es concebirla como una forma de obtener conocimientos y habilidades de pensamiento que permitan resolver preguntas de índole científica e inclusive involucrarse en la toma de decisiones.

**7.4d.** Este estudio concluye que las poblaciones de estudiantes de bachillerato analizadas si

adquirieron un “nivel aceptable de cultura científica”, ya que lograron desarrollar competencias científicas dirigidas a la comprensión y aplicación de conceptos y el desarrollo de habilidades de pensamiento, porque fueron capaces de responder todas las preguntas y obtuvieron calificaciones promedio hasta de 4.6 en el caso de los estudiantes de la Facultad de Ciencias, y de 4.1 los de la Facultad de Ingeniería, que representa un nivel de dominio entre medio y alto de estas competencias y por ende de cultura científica biológica. Sin embargo no se puede concluir de manera fehaciente que hayan logrado una “cultura científica crítica”, concebida como el desarrollo de capacidades de pensamiento crítico que involucra un proceso cognitivo complejo que incluye el pensamiento lógico, la perspectiva y percepción de ideas y el análisis de las mismas para la toma de decisiones; es intencionado y está orientado al logro de una meta; además de incluir varios elementos: intelectuales (razonamiento), psicológicos (autoconciencia y disposición), sociológicos (contexto socio-histórico), éticos (moral y valores) y filosóficos (ontológico).

**7.4e.** El concepto de cultura científica crítica que se concibe en este trabajo, se refiere al conjunto amplio de conocimientos, que exige un cierto nivel de cultura, particularmente en ciencias, además del desarrollo de capacidades, actitudes y competencias que permiten al individuo escoger, decidir y actuar en su entorno social, además de afrontar los diversos aspectos de su vida cotidiana, o sea una cultura capaz de influir en las actitudes y en las experiencias de la ciudadanía. Esto explica como los aprendizajes derivados principalmente de la educación formal, que se manifestaron en los resultados de la aplicación de la prueba, son lo suficientemente significativos como para determinar el nivel de cultura científica biológica adquirida por los estudiantes de bachillerato analizados. A través de este estudio no se pudo constatar si en el proceso educativo a educación media superior, la noción de pensamiento crítico está involucrada y se inculca de manera eficaz en las aulas; puesto que las estrategias de enseñanza-aprendizaje desglosadas en los Programas de Estudio, no lo indican de manera precisa ni se establecen criterios de evaluación dirigidos a corroborar su adquisición, aún cuando se menciona de manera tácita la necesidad de lograr un pensamiento crítico en los perfiles de egreso y alcances del bachillerato, según los Planes de Estudio del CCH y la ENP de la UNAM.

**7.4f.** Ese trabajo de tesis deja abierta la reflexión de qué tipo de cultura científica adquieren los estudiantes de bachillerato, ya que no se tuvieron elementos precisos para determinar si los estudiantes fueron capaces de adquirir una “cultura científica crítica”, ya que las pruebas aplicadas estaban enfocadas a evaluar competencias científicas relacionadas con conocimientos y habilidades de pensamiento relativas a la resolución de problemas del ámbito científico y no incluyeron parámetros relacionados con los aspectos psicológicos, éticos y filosóficos inherentes al pensamiento crítico. Sin embargo, si logran obtener una cultura científica aceptable en términos de percibir la importancia de adquirir conocimientos para comprender la ciencia y su aplicación, así como el papel que juega la ciencia y la cultura en el ámbito social y para la toma de decisiones fundamentadas.

Aunque no se midió el “efecto” de las ideas previas en la cultura científica adquirida por los estudiantes de bachillerato, es importante señalar que estuvo presente, ya que no tienen otro origen que no sea la experiencia cotidiana de los estudiantes adquirida en el desarrollo del proceso educativo, donde están implicadas habilidades cognitivas, pero también, y sobre todo, procedimentales y afectivas, según Preece (1984). Sin embargo otras investigaciones, han revelado que el conocimiento previo de los alumnos está relacionado con los niveles de pensamiento complejos, como es la resolución de problemas, aspectos que han sido tratados por Lawson (1983) y Lee y colaboradores (1996), y están acordes con la teoría de asimilación de Ausubel y colaboradores (1978), que señala el papel primordial que tiene el conocimiento previo en los procesos cognitivos involucrados en el aprendizaje significativo.

Tomando en cuenta la concepción de cultura científica planteado en esta investigación, que considera la capacidad para que los estudiantes relacionen los problemas prácticos de índole científico con su vida cotidiana, de opinar sobre temas científicos que afectan a la sociedad a la que pertenecen, de juzgar los argumentos de los otros y tener una postura respecto a algún problema o situación particular, es necesario que hayan adquirido ciertas habilidades o competencias, ya que de esta manera aprenden a analizar la información que los habilita para la resolución de problemas, entonces esta capacidad también está conectada con las capacidades cognitivas de reflexión, análisis e interrelación que se logran obtener al desarrollar un pensamiento crítico.

Esto significaría que una persona que ha desarrollado un pensamiento crítico es alguien que utiliza criterios específicos para evaluar razonamientos y tomar decisiones. En otras palabras, la persona comprende el asunto y evalúa los argumentos subyacentes para sacar conclusiones, como lo señala Distler (1998). La concepción de cultura científica que propone esta investigación, hace hincapié en la aplicación de los aprendizajes a situaciones reales de vida y sostiene que si los estudiantes de bachillerato son capaces de obtener un aprendizaje significativo, entonces pueden transferir lo que aprenden a su vida cotidiana.

Pero no se puede dejar al margen que para muchos investigadores y expertos en el tema del aprendizaje significativo, como son Novak (1991), Neto (1991) y Johnstone y colaboradores (1993) el pensamiento crítico implica niveles de pensamiento superior donde el papel de los profesores ha sido considerado central en este proceso. De manera que el pensamiento crítico se relaciona con el juicio reflexivo, la resolución de problemas, el pensamiento lógico, la toma de decisiones, aspectos que debieran obtenerse cuando se adquiere una cultura científica.

---

**COMENTARIO FINAL**

Este trabajo partió del interés de valorar por qué es importante que un nivel educativo escolarizado formativo, como lo es el bachillerato, se tenga una formación científica y se adquiriera una cultura científica, no sólo para lograr que los estudiantes que eligen una carrera científica, particularmente del campo de la biología, lleguen con una buena preparación científica que les permita desarrollarse como profesionistas en cualquier campo.

La revisión de una extensa literatura sobre el tema, mostró que está bien justificado adquirir una cultura científica, no solamente a través de la educación formal, sino también a través de los medios de información y de la experiencia cotidiana. Sin embargo, aunque es un tema que se visualiza como importante, no se ha trabajado lo suficiente para valorarla de manera en la educación escolarizada. Esto se explica porque existen pocos instrumentos metodológicos que contemplen indicadores claros que permitan su valoración en términos de conocimientos, habilidades y actitudes. Es por ello que esta tesis hace una propuesta metodológica con base en competencias, ya que por definición el término competencia lleva implícito el desarrollo de capacidades.

A lo largo del trabajo se encontró que en nuestro país, particularmente los centros educativos de educación media superior de la capital de la República Mexicana, consideran la adquisición de una cultura científica una parte importante del perfil de egreso de los estudiantes de bachillerato, pero no describen de manera explícita como lograrlo. Sin embargo, los cursos del área de ciencias, particularmente de biología, están enfocados a la adquisición de un bagaje de conocimientos y habilidades significativas que permiten al estudiante obtener un nivel de dominio aceptable de cultura científica, en términos de desarrollo de competencias como lo recalca esta investigación.

Se reconoce que el estudiante de educación media superior está inmerso en un entorno donde los conocimientos y avances científicos están a la mano a través de los medios informativos, lo que hace posible que el estudiante amplíe sus conocimientos científicos y los integre a sus saberes obtenidos mediante la educación escolarizada. Ya sea que formen parte de lo que se concibe como ideas previas o concepciones elaboradas de procesos de pensamiento complejo, lo importante es que permiten al estudiante tomar parte de las propuestas y ser capaces de dar opiniones relacionadas con el campo de la ciencia, e inclusive cuestionarlas en el mejor de los casos. De esta manera se justifica la pregunta elaborada, respecto a si los estudiantes de bachillerato adquieren una cultura científica (biológica), porque se plantea que sólo así podrán ser parte activa de la sociedad a la que pertenecen y comprender muchos de las implicaciones que han tenido los avances científicos, ya sea para el bienestar o perjuicio del ser humano.

Además se considera a la biología una de las ciencias que ha aportado conocimientos

importantes para comprender procesos naturales y sociales que repercuten directamente en la forma como concebimos el mundo moderno actual y en la forma de conducirnos socialmente.

Por otro lado sería importante saber cómo se refleja este conocimiento en sus actitudes ante la sociedad a la que pertenecen y si esta cultura científica se va consolidando conforme se avanza en los estudios de nivel superior, independientemente de la carrera elegida, ya que se habla de conceptos clave que deben ser comprendidos, aplicados e interpretados para resolver problemas de la vida cotidiana y que por ello están al alcance de todos.

Finalmente, al ser la cultura científica un tema importante en nuestra sociedad donde la ciencia y la tecnología tienen un papel preponderante, deberá buscarse la forma de integrarlo al ámbito educativo desde los niveles básicos hasta el superior, para que se pueda lograr un cambio de actitud y se logre una formación científica crítica.

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A., MARTIN, M., OLIVA, J. M., ACEVEDO, P., PAIXAO, F. y MANASSERO, M. A. (2005), La naturaleza de la ciencia y la educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2): 121-140.
- ALSOP, S.J. y WATTS, M. (2003), Science education and affect. *International Journal of Science Education*, 25(9): 1043-1048.
- ALTERS, B. J. (1997a), Nature of science: a diversity or uniformity of ideas? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(10): 1105-1108.
- ALTERS, B. J. (1997b), Whose nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1): 39-55.
- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (1989), *Science for all Americans*. Washington DC: AAAS.
- ANDERSON, J. (1995), *Learning and memory: An integrated approach*. New York: Wiley.
- ANDERSON, L. W. y KRATHWOHL, D. (eds.) (2001), A taxonomy for learning, teaching and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York: Longman.
- AUDESIRK, T., G. AUDESIRK y B. BYERS (2008). *Biología. La vida en la Tierra*. México: Pearson Educación.
- AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D., y HANESIAN, H. (1978). *Educational Psychology*, New York: Holt, Rinehart y Winston. [Traducción Castellana Ausubel, D.P. et al. (1983), *Psicología educativa: Un punto de vista cognitivo*. México: Trillas.
- BACHELARD, G. (2007), *La formación del espíritu científico. Contribución a un psicoanálisis del conocimiento objetivo*. México: Siglo XXI Editores, 15-26; 66-114 pp.
- BIGGS, A., W.C. HAGINS, W. G. HOLLIDAY, CH.L. KAPICKA, L. LUNDGREN, A. H. MACKENZIE, W. D. ROGERS, M. B. SEWER y D. ZIKE (2007), *Biología*. Estados Unidos: Glencoe/McGrawHill. National Geographic.
- BISQUERRA, R. (2000), *Educación emocional y bienestar*. Barcelona: Praxis.
- BLOOM, B. S. (1990), *Taxonomía de los objetivos de la educación*. Buenos Aires: El Ateneo.
- BONFIL, O. M. (2005), *La ciencia por gusto. Una investigación a la cultura científica*. México: Paidós.
- BRANDSFORD, J. y STAIN, B. (2000), *The ideal problem solver*. San Francisco: Freeman.
- BROOKFIELD, S. D. (1987), *Developing critical thinkers*. San Francisco: Jossey-Bass.
- BURNS, T. W. , O'CONNOR, D. J, y STOCKLMAYER, S. M. (2003), Science communication: a contemporary definition. *Public Understanding of Science*, 12: 183-202.
- BYBEE, R. W. (1991), Planet Earth in crisis: how should science educators respond? *The American Biology Teacher*, 53 (3): 146-153.

- BYBEE, R. (1997), Towards an Understanding of Scientific Literacy, en Gräber, W. y Bolte, C. (Eds.). *Scientific Literacy*. Kiel: IPN.
- CAMPANARIO, J. M. y OTERO, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18, 155-170.
- CAMACHO, A. I. (2006). *Ecología y medio ambiente*. México: ST Editorial.
- CEREIJIDO, M. (2004), *Por qué no tenemos ciencia*. México: Siglo Veintiuno Editores, pp. 18-104.
- CHI, M. T. H., GLASSER y R. REES, E. (1982), Expertise in problems solving and representation of physics problem. *Journal of Resarch in Science Teaching*, 24: 145-160.
- CHURCHES, A. (2007), *Taxonomía de Bloom para la era digital* (versión electrónica), en: <http://edorigami.wikispaces.com>.
- COLL, R.K y TAYLOR, N. (2004), Probing scientists' beliefs: how open-minded are modern scientists? *International Journal of Science Education*, 26(6): 757.77.
- COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES, (1996), Mapa curricular, Biología, en: [http://www.cch.unam.mx/principal/sites/default/files/mapa\\_biología.pdf](http://www.cch.unam.mx/principal/sites/default/files/mapa_biología.pdf).
- DEBOER G.B. (2000). Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meaning and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (6): 582-601.
- DECLARACIÓN DE BUDAPEST/UNESCO-ICSU (1999). Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso. Prámbulo de la Declaración sobre la Ciencia y el uso del saber científico, Budapest (Hungría), 26 junio a 1 julio, <http://www.oei.org.co/cts/budapest.dec.html>
- DE LA PEÑA, J. (2005), La percepción pública de la ciencia en México. *Ciencias*, abril-junio, 78: 31-36.
- DISTLER, S. (1998), *Becoming a critical thinker: A user friendly manual*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
- DOBZHANSKY, T., F. J. AYALA, G. L. LEDYARD y J.W VALENTINE (2003), Evolución. España: Omega.
- DUIT, R. (Comp.) (2006), *Bibliography-STCSE. Students and teachers, conceptions and science education*. Kiel, Alemania: IPN-Leibniz Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, en: <http://ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>.
- EDWARDS, M. GIL-PÉREZ, D. VILCHES, A., PRAIA, J., VALDÉS, P., VITAL, M.L., CAÑAL, P., DEL CARMEN, L., RUEDA, C. y TRICÁRICO, H. (2001), Una propuesta para la transformación de las percepciones docentes acerca de la situación del mundo. Primeros resultados. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 15: 37-67.

- ECHEVERRÍA, J. (1995), *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Akal.
- ENTWISTLE, N. y RAMSDEN, P. (1983), *Understanding student learning*. London: Croom Helm.
- FENSHAM, P. J. (2002a). Time to change drivers for scientific literacy. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(1): 9-24.
- FENSHAM, P. J. (2002b). De nouveaux guides pour l'alphabétisation scientifique. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(2): 133-149.
- FERGUSON-HESSLER, M. G. y DE JONG, T. (1990), Studying physics texts: Differences in study processes between good and poor performers. *Cognition and Instruction*, 7: 41-54.
- FERNÁNDEZ, I., GIL, D. CARRASCOSA, J. CACHAPUZ, A. y PRAIA, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3): 477-488.
- FOUREZ, G.M., ENGLEBERT-LECOMTE, V., GROOTAERS, D., MATHY, P. y TILMAN, F. (1997), *Alfabetización científica y tecnológica*. Traducción castellana, Buenos Aires: Ed. Colihue.
- FOUREZ, G. (2004). *La construcción del conocimiento científico*. Madrid: Narcea.
- FREEMAN, S. y HERRON, J. C (2001), *Análisis evolutivo*. España: Prentice Hall.
- GAMA F. M. (2004), *Biología I. Biogénesis y microorganismos*. México: Person Educación.
- GAMA F. M. (2004), *Biología II*. México: Prentice Hall.
- GARCÍA-MADRUGA, J. A. GUTIÉRREZ, F. CARRIEROD, N., MORENO, S. y JOHNSTON-LAIRD, P. N. (2002), Mental models in deductive reasoning. *The Spanish Journal of Psychology*, 5 (2): 125-140.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., DUMAS-CARRÉ, A., FURIÓ, C., GALLEGO, R., GENÉ, A., GONZÁLEZ, E., GUIASOLA, J., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., PESSOA DE CARVALHO, A. M<sup>a</sup>, SALINAS, J., TRICÁRICO, H. y VALDÉS, P. (1999), *¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? Enseñanza de las Ciencias*, 17(3): 503-512.
- GIL, D. y VILCHES, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43: 27-37.
- GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., EDWARDS, M., PRAIA, J., MARQUES, L. y OLIVEIRA, T. (2003), A proposal to enrich teachers' perception of the state of the world. First results. *Environmental Education Research*, 9(1): 67-90.
- GIL, D. y VILCHES, A. (2004), Contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. *Cultura y Educación* 16 (3): 259-272.
- GIL-PÉREZ, D., MACEDO, B, MARTÍNEZ, T. J, SIFREDO, C., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (Eds.) (2005), *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?* Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe. OREALC/UNESCO, Santiago, Chile. 459 pp.
- GODIN, B. y GINGRAS, Y. (2000), What is scientific and technological culture and how is it measured? A multidimensional model. *Public Understanding of Science* 9: 43-58.
- GOLEMAN, D. (1996), *Inteligencia emocional*. Barcelona: Kairós.



- GOUNG, N. (1998), All around the world: science education, constructivism and globalisation. *Educational Policy*, 12 (5): 507-524.
- GREGORY, J. y MILLER, S. (1998), *Science in public: Communication, culture and credibility*. New York: Plenum Press.
- GUZMÁN, S. y SÁNCHEZ-ESCOBEDO, P. (2006), Efectos de un programa de capacitación de profesores en el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico en estudiantes universitarios en el Surete de México. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 8 (2), En: <http://redie.uabc.mx/vol8no.2/contenido-guzman.html>.
- HAMADACHE, A. (1991), L'Education non Formelle: Concept et Illustration. *Perspective*, 21(1): 125-142.
- HANZEN, R.M. y J. TREFIL (1993). *Science matters*. Londres: Cassell.
- HARRIS, M. (1998). *Antropología cultural*. México: Alianza Editorial, pp. 18-65.
- HERNÁNDEZ, H. F. (1997), *El museo como espacio de comunicación*. Trea: Gijón.
- HERNÁNDEZ, R. S., COLLADO, C. y C. BAPTISTA, L. P. (2003), *Metodología de la investigación*. Cuarta Edición, México: McGraw Hill.
- HICKS, D. y HOLDEN, C. (1995), Exploring the future a missing dimensions in environmental education. *Environmental Education Research*, 12: 185-193.
- HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. (1988). *La ciencia de los alumnos*. Barcelona: Laia- Ministerio de Educación y Ciencia.
- JOHNSTONE, A. H., HOGG, W. R., ZIANE, M. (1993), A working memory model applied to physics problem solving. *International Journal of Science Education*, 15: 663-672.
- JOHNSON-LAIRD, P. N. (1990), Mental models, en: M. Posner (ed.), *Foundations of Cognitive Science* (pp. 469-499). Cambridge, EUA.
- JOHNSON-LAIRD, P. N. (2000), The current state of the mental models theory, en: J. A. García-Madruga, N. Carriedo y M. J. González Labra (edits.). *Mental models in reasoning* (pp. 16-40). Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- KOBALLA, T., ANDREW, K., EVANS, R. (1997), The spectrum of scientific literacy: An in-depth look at what it means to be scientifically literate. *The Science Teacher*, 64 (7): 27-31.
- KUHN, T. S. (1962), *The structure of scientific revolution*, Chicago, University of Chicago Press (2a ed., 1970) [versión en español, México: Brevarios, Fondo de Cultura económica, 2004].
- KEMPA, R. F. (1986), Resolución de problemas de química y estructura cognoscitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 4: 99-110.
- KEMPA, R. F. (1991), Students' learning difficulties in Science. Causes and possible remedies. *Enseñanza de las Ciencias*, 9: 119-128.
- LANE, N. (2009), *Los diez grandes inventos de la evolución*. Barcelona: Ariel.

- LANG DA SILVEIRA, F. MOREIRA, M. A., AXT, R. (1992), Habilidad en preguntas conceptuales y en resolución de problemas de física. *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (1): 58-63.
- LASKEY, M. L. y GIBSON, P. W. (1997), *College study strategies: Thinking and learning*. Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.
- LAUGKSCH, R.G. (2000). Scientific Literacy: A Conceptual Overview. *Science Education*,: 84(1): 71-94.
- LAW, N. (2002). scientific literacy: Charting the terrains of a multifaceted enterprise". *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Educations* 2: 151-176.
- LAWSON, A. E. (1983), Predicting science achievement. The role of development level, disembedding ability, mental capacity, prior knowledge and belief. *Journal of Research in Science Teaching*, 20: 141-162.
- LEE, K. W. L. GOH, N. K., CHIA, L. S. y CHIN, C. (1996), Cognitive variables in problems solving in chemistry: A revisited study. *Science Education*, 80: 691-710.
- LÓPEZ BELTRÁN, C. (2003), *La ciencia como cultura*. México: Paidós.
- LUCERO, I. y POZZO, R. (2006), El análisis cualitativo en la resolución de problemas de física y su influencia en el aprendizaje significativo. *Science Education*, 80: 691-710.
- MAARSCHALK, J. (1988), Science literacy and informal science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(2): 135-146.
- MALINOSWKI, B. (1944), *A scientific theory of culture and other essays*. Londres: Oxford University Press
- MANASSERO, M.A. y VÁZQUEZ, A. (2001). Actitudes y creencias de los estudiantes relacionados con CTS, En: Membiela (Ed.). *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía*, Madrid: Narcea, pp. 149-162.
- MARCO, B. (2000). La alfabetización científica, en: Perales, F. y Cañal, P. (Dir.): *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 141-164). Alcoi: Marfil.
- MARTÍN-DÍAZ, M. J. (2002), Enseñanza de las ciencias ¿Para qué?. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(2): 15-20
- MARTÍN-GORDILLO, M. Y OSORIO, C. (2003), Educar para participar en CyT. Un proyecto para la difusión de la cultura científica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 32: 165-210, en: <http://www.campus-oei.org/revista/rie32a08.pdf>.
- MARTINS, I. (2002), *Educacao e Educacao em Ciencias*. Portugal: Universidade de Aveiro.
- MATTEWS, M. R. (1994), Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2): 255-277.
- MATURANA, R. H. y VARELA, G. F. (2003), *El árbol del conocimiento. Las bases biológicas del entendimiento humano*. Argentina: Lumen/Editorial Universitaria.

- MAYER, R. E. (1998), Cognitive, metacognitive, and motivational aspects of problem solving. *Instructional Science*, 26: 49-63.
- MAYER, V. J. Y Y. KUMANO (2002), The philosophy of science and global science literacy, en V. J. Mayer (ed), *Global Science Literacy*, Klumer Academic Publishers, England Millar, R. (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*, Londres: King College London.
- MAYR, E. (2006), *Por qué es única la biología: consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica*. Primera edición en español. Buenos Aires: Kats Discusiones.
- MAYR, E. (1998), *Así es la biología*. Primera edición en español. España: Debate Pensamiento.
- MEMBIELA, P. (1997), Alfabetización científica y ciencia para todos en la educación obligatoria. *Alambique*, 13: 37-44.
- MEMBIELA, P. (2001), *La enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad. Una aproximación a la formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea.
- MILLAR R. (1989), Constructive criticism. *International Journal of Science Education*, 11, 587-596.
- MILLAR, R. (1996), Towards a science curriculum for public undersatnding. *School Science Review*, 77 (280): 7-18.
- MILLAR, R. y OSBORNE, J. (1998), *Science education for the future*. Londres: School of Education, King's College.
- MILLER, J. D. (1998), The measurement of civic scientific literacy. *Public Understanding of Science*, 7: (3): 203-223.
- MORENO, A. (2000). La historia de la ciencia: ¿saber útil o curioso complemento? *Alambique*, 24: 99 - 112.
- MOSTERIN, J. (1993), *Filosofía de la cultura*. Madrid: Alianza.
- MUÑOZ, E. (2002), La cultura científica, la percepción pública y el caso de la biotecnología. Grupo de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CSIC). Docuemnto de trabajo 02-07. Ponencia presentada en el Seminario "La cultura científica en la sociedad de la información, Oviedo, Espama, en: <http://www.iesam.esic.es/doctrab2/dt-0207.pdf>.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (1996), *National Science Education Standards*. Washington D.C.: National Academy Press.
- NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (2006). *Informal science education. Supplements to active research awards*, en: <http://www.nsf.gov/pubs/1997/nsf9770/isesupl.htm>.
- NEGRETE, Y. A. (2008). *La divulgación de la ciencia a través de formas narrativas*. México, Dirección General de Divulgación de la Ciencia/Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, UNAM, pp. 23-46; 103-107.
- NETO, A. J. (1991), Factores psicológicos de insucesso na resolucao de probelmas de fisica: una amostra significativa. *Enseñanza de las Ciencias*, 9: 275-290.

- NOVAK, J. D. (1988a), Constructivismo humano: un consenso emergente. *Enseñanza de las Ciencias*, 6: 213-223.
- NOVAK, J. D. (1988b), Learning science and the science of learning. *Studies in Science Education*, 15: 77-101.
- NOVAK, J. D. (1991), Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender. La opinión de un profesor-investigador. *Enseñanza de las Ciencias*, 9: 215-228.
- OCDE (2000), *Muestra de reactivos empleados en la evaluación PISA 2000. Aptitudes para lectura, matemáticas y ciencias*. Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (traductor C. Esteve), México: Santillana, 2002 (colección Aula XXI).
- OCDE (2006), *Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura*. Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA), en Español. En: <http://www.mec.es/multimedia/00005713.pdf>.
- ODUM, E. P. (2005), *Ecología. El vínculo entre las ciencias naturales y las sociales*. México: Compañía Editorial Continental.
- OEI/RICYT (2003), *Proyecto Iberoamericano de Indicadores de Percepción Pública, Cultura Científica y Participación Ciudadana*. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) y Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT), No.5, en: <http://www.oei.es/revistactsi/numero5/documentos1.htm>.
- OLIVA, J. M., MATOS, J., BUENO, E., BONAT, M., DOMÍNGUEZ, J., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J. A. (2004). Las exposiciones científicas escolares y su contribución en el ámbito afectivo de los alumnos participantes. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (3), 435-440.
- OLIVÉ, L. (2000), El bien, el mal y la razón. Facetas de la ciencia y la tecnología. México: Paidós.
- OLIVÉ, L. (2007), *La ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento. Ética, política y epistemología*. México: Fondo de Cultura Económica, pp. 67-75; 158-167.
- OREAL-UNESCO (2005), ¿Cómo promover el interés por la Cultura Científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años. Década de la Educación para el Desarrollo Sustentable declarada por Naciones Unidas (2005-2014), Santiago de Chile, en: [http://www.unesco.cl/medios/biblioteca/documentos/como\\_promover\\_interes\\_cultura\\_cientifica.pdf](http://www.unesco.cl/medios/biblioteca/documentos/como_promover_interes_cultura_cientifica.pdf).
- PALENCIA, G. J. (1990), Hacia la concepción del bachillerato universitario. Seminario de Análisis sobre conceptos básicos del Bachillerato Universitario, Cuernavaca, Morelos, junio 1990.
- PÉREZ TAMAYO, R. (1989), *Cómo acercarse a la ciencia*. México: Limusa.
- PLANES Y PROGRAMAS INDICATIVOS (1996), Dirección General de Incorporación y Revalidación de Estudios. Mapa curricular, Año Plan 1996, en: <http://www.dgae-siae.unam.mx/www-pde.php?acc.hyaml>.

- PLAN DE ESTUDIO DE LA ESCUELA NACIONAL PREPARATORIA (1996), Dirección General de Incorporación y Revalidación de Estudios, UNAM, en: <http://www.dgae.unam.mx/planes/e-preparatoria/enp.html>.
- PLAN DE ESTUDIO DEL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES (1996), Dirección General de Incorporación y Revalidación de Estudios, UNAM, en: <http://www.dgae.unam.mx/planes/cch/cch.html>.
- PLAN DE ESTUDIO DEL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES (1971), MODELO EDUCATIVO, en: <http://www.cch.unam.mx/principal/modelo>
- PLANES Y PROGRAMAS DE ESTUDIO (1996), Dirección General de la Escuelas Nacional Preparatoria, UNAM, en: <http://www.dgenp.unam.mx/planes de estudio/96/html>.
- POLPLI, R. (1999), *Science literacy for all citizens: different concepts and contents. Public Understanding of Science*, 8: 123-137.
- POZO, J. I., SANZ, A., GÓMEZ, M. A., y LIMÓN, M. (1991). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), 83-94.
- PREECE, P. (1984). Intuitive science: learned or triggered? *European Journal of Science Education*, 6, 7-10.
- REID, D. J. y HODSON, D. (1989). *Science for all*. Londres: Casell. Traducción de M. J. Martín Díaz y L.A. García-Lucía (1993): *Ciencia para todos en Secundaria*, Madrid: Narcea.
- REYES, J. (2000), La escuela sola no hará el milagro. El papel de la educación no formal. Memoria del I Foro Nacional de Educación Ambiental. Aguascalientes, Aguascalientes, octubre 1999.
- SÁNCHEZ MORA, A. M. y SÁNCHEZ MORA, C. (2003), *Glosario de términos relacionados con la divulgación: una propuesta*, en : [http://www.dgdc.unam.mx/muegano\\_divulgador/no\\_21/ideas.html](http://www.dgdc.unam.mx/muegano_divulgador/no_21/ideas.html).
- SÁNCHEZ MORA, C. (2004), Los museos de ciencia, promotores de cultura científica. *Elementos*, 11 (53): 35-38, en <http://www.elementos.buap.mx/num53/htm/35.htm>.
- SÁNCHEZ-MORA, C. (2006), *Biología 2*. Libro para el docente. Secundaria, Retos. México: Santillana.
- SANTAMARIA, C. GARCÍA-MADRUGA, J. A., CARRETERO, M. (1996), Beyond belief bias: Reasoning from conceptual structures by mental models manipulation. *Memory & Cognition*, 24: (2): 250-261.
- SAVATER, F. (2006), *El valor de educar*. Barcelona: Ariel, 113-168 pp.
- SECO, M., ANDRÉS, O y RAMOS, G. (1999), *Diccionario del español actual*. Vol. 1, Madrid: Aguilar.
- SORMUNEN, C. y CHALUPA, M. (1994), Critical thinking skills research: Developing evaluation skills. *Journal of Education for Business*, 69 (3): 172-177.
- SHAMOS, M. (1995). *The Myth of Scientific Literacy*. New Brunswick (NJ): Rutgers University Press.
- SOLAZ-PORTOLÉS, J. J. Y SANJOSÉ, V. L. (2006), ¿Podemos predecir el rendimiento de nuestros alumnos en la resolución de problemas? *Revista de Educación*, 339: 693-710, en: <http://www.revistaeducacion.mec.es/re339.htm>.

- SOLAZ-PORTOLÉS, J. J. y SANJOSÉ, V. L. (2008), Conocimiento previo, modelos mentales y resolución de problemas. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 10 (1). <http://redie.uabc.mx/vol10/no1/contenido-solaz.html>.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (2001), Percepciones del alumnado de ESO y bachillerato acerca de las interacciones CTS. *Enseñanza de las Ciencias*, No. extra, VI Congreso, 27-28.
- STARR, C. y R. TAGGART (2004). Biología. *La unidad y diversidad de la vida*. México: Thomson.
- STERNBERG, R. (1985), *Beyond IQ: A triadic theory of human intelligence*. New York: Cambridge University Press.
- UNESCO (1982), *Declaración de México*. Conferencia sobre Ciencia. Manuscrito.
- UNESCO-ICSU (1999a), *Declaración de Budapest sobre la Ciencia y el uso del saber científico*. Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso, Budapest (Hungría), 26 junio-1 julio de 1999, en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/budapestdec.htm>.
- UNESCO-ICSU (1999b), *Proyecto de programa en pro de la ciencia: Marco general de acción*. Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso, Budapest (Hungría), 26 junio-1 julio de 1999, en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/budapestmarco.htm>.
- VASCONCELOS, C. y PRAIA, J. F. (2005), Aprendizaje en contextos no formales y alfabetización científica. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 43: 67-73.
- VÁZQUEZ A. y MANASSERO, M.A. (1997). Una evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia, *Enseñanza de las Ciencias*, 1997, 15 (2) p. 212, 213.
- VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M. A. (1998), Una propuesta de modelo integrado de aprendizaje como cambio conceptual, metodológico y actitudinal, en: E. Banet y A. De Pro (Coords.), *Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias* (vol.1, pp. 148-158). Murcia, España: DM.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J.A., MANASSERO, M.A. y ACEVEDO, P. (2001), Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4: 135-176.
- VÁZQUEZ, A y MANASSERO, M. A. (2007a). Las actividades extraescolares relacionadas con la ciencia y la tecnología. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 9 (1), en: <http://redie.uabc.mx/vol9no1/contenido-vazquez3.html>.
- VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M. A. (2007b). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (1): Evidencias y argumentos generales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, en: <http://www.apac-eureka.org/revista>.
- VILLORO, L. (2004), *Crear, saber, conocer, México*: Siglo Veintiuno Editores; 22-225; 228-233.
- ZIMAN, J. (2005), La ciencia y la sociedad civil. *Ciencias*, abril-junio, 2005, 4-13 pp.
- ZUZOVSKY, R. (1994). Conceptualizing a teaching experience on the development of the idea of evolution: an epistemological approach to the education of science teachers. *Journal of Res. Sci. Teach.*: 31 (5): 557-574.

WANDERSEE, J. H., MINTZES, J. J. Y NOVAK, J. D. (1994), Research on alternative conceptions in science. *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*: New York Publishing.

WEISS, R. P. (2000), Emotion and learning. *Training and Development* 54(11): 44-48.

WELLS, S. (2007), *El viaje del hombre. Una odisea genética*, México: Océano.

WEST, L. H. T. y PINES, A. L. (1985), *Cognitive structure and conceptual change*. New York: Mc Milan Publishing.

## **APÉNDICES**

**I-. Pruebas Piloto**

**II. Planes y Programas de Estudio**

**III. Prueba Aplicada**

**IV. Gráficas**

**V. Pruebas de Hipótesis**



# APÉNDICE I. PRUEBAS PILOTO

## Prueba de Manejo de Conceptos

Grupo: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_ Turno: \_\_\_\_\_

**Instrucciones:** Para cada frase tacha el número que consideres es la mejor opción que explica el planteamiento o pregunta elaborada. Sólo tacha un número y no dejes de contestar ninguna pregunta.

1. El dogma central de la biología molecular señala que la información genética se transfiere únicamente desde los ácidos nucleicos a las proteínas, y no de las proteínas a los ácidos nucleicos. Esto quiere decir que:

1. La información genética contenida en el ADN se traduce de manera codificada para sintetizar proteínas.
2. Las proteínas se pueden sintetizar sólo si la información genética del ADN no se ha modificado.
3. No se o no recuerdo.

2. Un descubrimiento importante de Darwin fue que la especie humana no es diferente al resto del mundo vivo, y que todos somos resultado de la evolución. Esto quiere decir que:

1. El humano, al igual que cualquier especie evolucionó a partir de un ancestro primitivo.
2. El hombre actual es la especie más compleja porque sus ancestros fueron primates muy evolucionados.
3. No se o no recuerdo.

3. La población humana ha presentado crecimiento exponencial durante un lapso sin precedentes, gracias a la combinación de altos índices de natalidad, y a los avances tecnológicos en agricultura, industriales y médicos principalmente. Esto quiere decir que:

1. El número de seres humanos ha aumentado gracias a los avances tecnológicos dirigidos a producir medicamentos que alargan la vida y a la gran cantidad de industrias y zonas agrícolas.
2. La población ha crecido a través del tiempo debido a que han ido en aumento los nacimientos y se cuenta con tecnologías que producen bienes y servicios y mejoran la salud humana.
3. No se o no recuerdo.

4. La desaparición de muchas especies que habitan las selvas tropicales se debe sobre todo a la destrucción de sus hábitats y al comercio ilegal. Todo ello generado por las actividades humanas. Esto quiere decir que:

1. Muchas especies tropicales se han extinguido porque los seres humanos realizamos actividades que acaban con los sitios donde viven y las hemos utilizado sin control.
2. Muchas especies tropicales han desaparecido debido a que el hombre no ha permitido que estas especies se reproduzcan porque lo perjudican.
3. No se o no recuerdo.

5. La acción de los microorganismos, como las bacterias y los virus infecciosos, establecen una reacción del sistema inmunológico que contrarresta su ataque. Esto explicaría como:

1. Actúan las vacunas, las que al introducir en el cuerpo microorganismos nocivos atenuados, movilizan las defensas internas contra un ataque real.
2. Las bacterias y los virus se introducen en los organismos y los infectan, provocando enfermedades mortales como la neumonía.
3. No se o no recuerdo.

## Prueba de Resolución de Preguntas

6. El Proyecto Genoma Humano obtuvo como resultado una especie de radiografía de los aproximadamente treinta mil millones de nucleótidos que componen los cromosomas humanos, ¿Esta información permitirá manipular nuestra genética?

1. Es posible si contamos con la tecnología para cambiar nuestras características "sobre pedido" y la evolución por selección natural pudiera ser reemplazada por la evolución por intervención humana.
2. Es factible porque ya conocemos la función de todos los nucleótidos relacionados con la síntesis de proteínas y, por lo tanto, tenemos la información completa para poder manipular nuestra genética.
3. Es posible porque se ha identificado la proteína que codifica a cada gen y se conoce cómo los productos de tantos genes interactúan entre sí.
4. Otra...

7. Investigadores han planteado crear y utilizar células productoras de insulina para curar pacientes diabéticos, sin embargo la viabilidad práctica de los tratamientos tardará todavía varios años. ¿Qué aspectos tomarías en cuenta para asegurar que estos tratamientos no tendrán efectos nocivos sobre los pacientes diabéticos?

1. Probar diversos medicamentos que curan la diabetes para conocer sus efectos y determinar cuando es posible remediar esta enfermedad y cuando es mortal.
2. Experimentar con personas sanas y enfermas de diabetes para comparar el efecto del tratamiento a largo plazo y así hacer las recomendaciones necesarias.
3. Probar primero el efecto de estos tratamientos con organismos de laboratorio que permitieran conocer los efectos a corto, mediano y largo plazo, para posteriormente probarlos en los humanos.
4. Otra...

8. Se sabe que ciertos plásticos y pesticidas contienen sustancias que afectan a las hormonas del cuerpo porque simulan sus efectos, como el estradiol una hormona femenina. ¿De qué manera se puede contribuir a reducir este problema que afecta sobre todo a las jóvenes adolescentes?

1. Hacer una campaña de difusión a nivel mundial que prohíba la creación de empresas dedicadas a producir plásticos y pesticidas.

2. Realizar un estudio a fondo sobre las alteraciones a nivel hormonal provocadas por ciertos plásticos y pesticidas para conocer sus efectos y consecuencias y así determinar su posible uso o no.
3. Prohibir la producción de cualquier material que no sea natural y así lograr reducir los problemas ambientales.
4. Otra...

9. México es uno de los cuatro países del mundo con mayor biodiversidad superado sólo por países como Indonesia, Colombia y Brasil. ¿Qué sugieres para mantener esta diversidad biológica?

1. Difundir, mediante programas de educación ambiental y concientización la importancia de conservar la diversidad biológica de México que logre un cambio de actitud en las personas y permita el respeto por los recursos vivos del planeta.
2. Decretar que todo el territorio nacional sea un Área Natural Protegida, de manera que se logre proteger todos nuestros ecosistemas y establecer una reglamentación rígida para que se respete.
3. Difundir que la diversidad biológica de México es importante protegerla porque los recursos naturales que produce deben ser aprovechados por los seres humanos hasta que se agoten.
4. Otra...

10. En el siglo pasado se difundió el problema de la pérdida de la biodiversidad en los trópicos y su relación con la extinción de especies, cuando se dio a conocer la tasa de destrucción de la selva amazónica. ¿Por qué consideras importante difundir esta problemática y proponer soluciones?

1. Porque entre más conozcamos las especies que habitan en los trópicos y los problemas ambientales a los que se enfrentan, se podrá planear mejor su uso y conservación.
2. Porque los países tropicales al ser dueños de las especies que allí habitan obtienen grandes ganancias al venderlos a los países que no las tienen.
3. Porque al dar a conocer la biodiversidad de los trópicos se acaban los problemas ambientales.
4. Otra...

## APENDICE II. PLANES Y PROGRAMAS DE ESTUDIO

PLAN DE ESTUDIO DE LA ESCUELA NACIONAL PREPARATORIA (ENP)

CUARTO AÑO	QUINTO AÑO	SEXTO AÑO	
Matemáticas IV	Matemáticas V	Matemáticas VI	
Física III	Química III	Derecho	
Lengua Española	Biología IV	Literatura Mexicana e Iberoamericana	
Historia Universal III	Educación para la Salud	Lengua Extranjera Inglés VI o	
Lógica	Historia de México II	Lengua Extranjera Francés VI o	
Geografía	Etimologías Grecolatinas	Lengua Extranjera Italiano II o	
Dibujo II	Lengua Extranjera Inglés V o	Lengua Extranjera Alemán II o	
Lengua Extranjera Inglés IV o	Lengua Extranjera Francés V o	Lengua Extranjera Francés II	
Lengua Extranjera Francés IV	Lengua Extranjera Italiano I o	Psicología	
Educación Estética y Artística IV	Lengua Extranjera Alemán I o	Matemáticas VI (Área 3)	
Educación Física IV	Lengua Extranjera Francés I	Matemáticas VI (Área 4)	
Orientación Educativa IV	Ética	<b>Área 1. Físico- Matemáticas e Ingenierías</b>	<b>Área 2. Ciencias Biológicas y de la Salud</b>
	Educación Estética y Artística V	Dibujo Constructivo II	<u>Biología V</u>
	Educación Física V	Física IV	Física
	Orientación Educativa V	Química IV	Química IV
	Literatura Universal	<b>Optativas a elegir (dos):</b>	<b>Optativas a elegir (dos):</b>
		Geología y Mineralogía	Geología y Mineralogía
		<u>Biología V</u>	<u>Temas Selectos de Biología</u>
		Estadística y Probabilidad	Estadística y Probabilidad
		Fisicoquímica	Fisicoquímica
		Temas Selectos de Matemáticas	Temas Selectos de Matemáticas
		Informática Aplicada a la Ciencia y la Industria	Temas Selectos de Morfofisiología
		Cosmografía	Informática Aplicada a la Ciencia y la Industria

PLAN DE ESTUDIOS DEL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES (CCH)

TERCER SEMESTRE	CUARTO SEMESTRE	QUINTO SEMESTRE	SEXTO SEMESTRE
Matemáticas III	Matemáticas IV	Filosofía I	Filosofía II
Física I	Física II	<b>1° Opción</b>	<b>1° Opción</b>
<b>Biología I</b>	<b>Biología II</b>	Cálculo Integral y Diferencial I	Cálculo Integral y Diferencial II
Historia de México I	Historia de México II	Estadística y Probabilidad I	Estadística y Probabilidad II
Taller de Lectura, Redacción e Iniciación a la Investigación Documental III	Taller de Lectura, Redacción e Iniciación a la Investigación Documental IV	Cibernética y Computación I	Cibernética y Computación II
Lengua Extranjera Francés II I o	Lengua Extranjera Francés IV o	<b>2° Opción</b>	<b>2° Opción</b>
Lengua Extranjera Inglés III	Lengua Extranjera Inglés IV	<u>Biología III</u>	<u>Biología IV</u>
		Física III	Física IV
		Química III	Química IV
		<b>3° Opción.</b> Temas Selectos de Filosofía	<b>3° Opción.</b> Temas Selectos de Filosofía
		<b>4° Opción.</b> Temas de Administración, Historia y Psicología	<b>4° Opción.</b> Temas de Administración, Historia y Psicología
		<b>5° Opción.</b> Lenguas clásicas I. Comunicación, Expresión y Diseño I	<b>5° Opción.</b> Lenguas clásicas II Comunicación, Expresión y Diseño II

PROGRAMAS DE ESTUDIO DE BIOLOGÍA DE LA ESCUELA NACIONAL PREPARATORIA

<b>BIOLOGÍA IV</b>	<b>1º UNIDAD</b>	Tema 1. La biología como ciencia.
	<b>2º UNIDAD</b>	Tema 2. La célula: unidad estructural y funcional de los seres vivos.
	<b>3º UNIDAD</b>	Tema 3. Procesos para la continuidad de la vida.
	<b>4º UNIDAD</b>	Tema 4. Evolución de los seres vivos.
	<b>5º UNIDAD</b>	Tema 5. Historia evolutiva, de la diversidad biológica.
	<b>6º UNIDAD</b>	Tema 6. Los seres vivos y su ambiente.
<b>BIOLOGÍA V</b>	<b>1º UNIDAD</b>	Tema 1. Nutrición y estructura de los seres vivos.
	<b>2º UNIDAD</b>	Tema 2. Metabolismo.
	<b>3º UNIDAD</b>	Tema 3. Regulación y continuidad de la vida.
	<b>4º UNIDAD</b>	Tema 4. Comunicación y desarrollo en los sistemas vivos.
	<b>5º UNIDAD</b>	Tema 5. Interacción de los seres vivos con su ambiente.
	<b>6º UNIDAD</b>	Tema 6. Biología y sociedad.

<b>TEMAS SELECTOS DE BIOLOGÍA</b>	<b>1º UNIDAD</b>	<b>Metodología de Investigación en Biología.</b> Retomar los conocimientos sobre la metodología de la investigación, revisados en el curso de Biología IV, para analizar su aplicación en los estudios biológicos, lo que servirá de base para el desarrollo de las unidades posteriores
	<b>2º UNIDAD</b>	<b>Introducción a la microbiología.</b> Estudiará los principales grupos de microorganismos que tienen importancia médica, agrícola, veterinaria, industrial o ecológica, enfocándose a sus métodos de estudio.
	<b>3º UNIDAD</b>	<b>Introducción a la inmunología.</b> Revisar e integrar los fundamentos adquiridos en los cursos de Biología IV y Biología V (que conforman las bases de la Inmunología) para entender de manera general el funcionamiento del sistema inmune en el hombre y animales superiores, así como aspectos de su estudio en el laboratorio.
	<b>4º UNIDAD</b>	<b>Interacción: Bioquímica, Ingeniería Genética y Biotecnología.</b> Integrar los conocimientos sobre bioquímica, adquiridos en los cursos de Biología IV y V, para aplicarlos en el estudio de algunos aspectos de la ingeniería genética y la Biotecnología evaluando su importancia en la solución de problemas de salud, agrícolas, industriales
	<b>5º UNIDAD</b>	<b>Métodos de estudio de la biodiversidad.</b> Revisar algunos métodos que se emplean para conocer la biodiversidad para que los alumnos los apliquen en el estudio de un sistema ecológico que ellos elijan

**PROGRAMAS DE ESTUDIO DE BIOLOGÍA DEL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES**

<b>BIOLOGÍA I</b>	<b>PRIMERA UNIDAD</b> ¿Cuál es la unidad estructural y funcional de los sistemas vivos?	<b>Tema I.</b> La célula como unidad de los sistemas vivos.
	<b>SEGUNDA UNIDAD</b> ¿Cómo se lleva a cabo la regulación, Conservación y reproducción de los sistemas vivos?	<b>Tema I.</b> Procesos de regulación. <b>Tema II.</b> Procesos de conservación. <b>Tema III.</b> Procesos de reproducción.
	<b>TERCERA UNIDAD</b> ¿Cómo se transmite y modifica la información genética en los sistemas vivos?	<b>Tema I.</b> Mecanismos de la herencia. <b>Tema II.</b> La ingeniería genética y sus aplicaciones.
<b>BIOLOGÍA II</b>	<b>PRIMERA UNIDAD</b> ¿Cómo se explica el origen, evolución y diversidad de los sistemas vivos?	<b>Tema I.</b> El origen de los sistemas vivos. <b>Tema II.</b> La evolución como proceso que explica la diversidad de los sistemas vivos. <b>Tema III.</b> La diversidad de los sistemas vivos.
	<b>SEGUNDA UNIDAD</b> ¿Cómo interactúan los sistemas vivos con su ambiente?	<b>Tema I.</b> Estructura y procesos en el ecosistema. <b>Tema II.</b> El desarrollo humano y sus repercusiones sobre el ambiente.
<b>BIOLOGÍA III</b>	<b>PRIMERA UNIDAD</b> ¿Cómo se explica la diversidad de los sistemas vivos a través del metabolismo?	<b>Tema I.</b> Metabolismo. <b>Tema II.</b> Diversidad de los sistemas vivos y metabolismo.
	<b>SEGUNDA UNIDAD</b> ¿Por qué se considera a la variación genética como la base molecular de la biodiversidad?	<b>Tema I.</b> Naturaleza de la diversidad genética. <b>Tema II.</b> Expresión genética y variación. <b>Tema III.</b> Fuentes de variación genética.
<b>BIOLOGÍA IV</b>	<b>PRIMERA UNIDAD</b> ¿Cómo se explica el origen de la biodiversidad a través del proceso evolutivo?	<b>Tema I.</b> Fuerzas evolutivas y sus consecuencias. <b>Tema II.</b> Mecanismos y patrones evolutivos que explican la diversidad.
	<b>SEGUNDA UNIDAD</b> ¿Por qué es importante la biodiversidad de México?	<b>Tema I.</b> Caracterización de la biodiversidad. <b>Tema II.</b> Biodiversidad de México.

## APÉNDICE III. PRUEBA APLICADA

### PRUEBA DE APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS Y RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS BIOLÓGICOS

Sexo: F M Turno: M V Edad: \_\_\_ ENP: \_\_\_ CCH: \_\_\_ Colegio de Bachilleres: \_\_\_ Colegio Particular: \_\_\_ Otro: \_\_\_

**Instrucciones:** Cada una de las explicaciones tiene cuatro opciones de respuesta, mismas que puedes contestar de forma afirmativa (SI) o negativa (NO), marcando con una cruz la (s) respuesta (s) que consideres correcta (s).

1. La capacidad del hombre para orientar la producción de razas nuevas de animales domésticos y lograr que se diferencien de la raza original, tanto en su aspecto físico como en su comportamiento es...

- |  |    |    |
|--|----|----|
| A. Una prueba de la evolución por selección natural.           | SI | NO |
| B. La explicación de por qué hay diferentes razas de caballos. | SI | NO |
| C. La explicación de cómo actúa la selección artificial.       | SI | NO |
| D. La prueba de cómo se produjeron las razas humanas.          | SI | NO |

2. Durante una visita al supermercado podemos encontrar diferentes tipos de calabazas, algunas son redondas, otras alargadas, pequeñas, grandes, verde oscuro o verde claro. Esta amplia variedad de fenotipos es resultado de...

- |   |    |    |
|---|----|----|
| A. La cruce entre individuos con diferentes características genéticas                                       | SI | NO |
| B. La mezcla de factores hereditarios como consecuencia de los diferentes ambientes.                        | SI | NO |
| C. Producto de la recombinación genética de calabazas con diferentes rasgos o características morfológicas. | SI | NO |
| D. Cambios en el fenotipo derivado de cruces artificialmente seleccionadas por el hombre.                   | SI | NO |

3. Con las huellas del ADN es posible identificar a quién pertenecen diversos materiales biológicos como sangre, pelo, semen. Estas son técnicas especializadas resultado de investigación científica y cuya utilidad es que:

- |  |    |    |
|--|----|----|
| A. Puede identificar restos encontrados en tumbas y encontrar los vínculos familiares entre Personas ya muertas. | SI | NO |
| B. Puede utilizarse en la medicina forense, ya que permite identificar y procesar a los criminales.              | SI | NO |
| C. Puede utilizarse para saber cómo se producen los cambios en el ADN.   | SI | NO |
| D. Ayuda a comprobar relaciones familiares y resolver disputas acerca de las paternidades.                       | SI | NO |

4. En la actualidad los avances en la ciencia y la tecnología pueden modificar directamente el ADN de alguna planta o animal mediante la ingeniería genética. Esto significa que...

- |  |    |    |
|--|----|----|
| A. Es posible manipular el material genético del humano para obtener nuevas razas.                   | SI | NO |
| B. Es posible obtener organismos transgénicos como resultado de la manipulación del ADN.             | SI | NO |
| C. Es posible obtener individuos con características genéticas diferentes.                           | SI | NO |
| D. Es posible producir mutaciones que deriven en nuevas especies o variedades de plantas y animales. | SI | NO |

5. Muchas enfermedades hereditarias se deben a genes "defectuosos" recesivos, como el caso de la diabetes, enfermedad muy común en la actualidad, donde hay un error en el gen que tiene las instrucciones para que el páncreas elabore la insulina. Según lo anterior ¿cuándo se puede presentar esta enfermedad?

- |  |    |    |
|--|----|----|
| A. Cuando ambos padres son diabéticos y por lo tanto portadores del gen de la diabetes.                        | SI | NO |
| B. Cuando el padre y la madre llevan el alelo recesivo que porta la información genética para esta enfermedad. | SI | NO |
| C. Cuando alguno de los padres padece diabetes y el otro es portador del gen de la diabetes.                   | SI | NO |
| D. Cuando los genes "defectuosos" son producto de la manipulación genética.                                    | SI | NO |

6. Se sabe que ciertos plásticos y pesticidas contienen sustancias que afectan a las hormonas del cuerpo porque simulan sus efectos, como el caso del estradiol, una de las principales hormonas femeninas. ¿Cuáles serían las medidas apropiadas y posibles para reducir este problema?

- |   |    |    |
|---|----|----|
| A. Realizar un estudio a fondo sobre las alteraciones a nivel hormonal provocadas por los plásticos y pesticidas. | SI | NO |
| B. Hacer una campaña de difusión a nivel mundial que prohíba producir plásticos y pesticidas.                     | SI | NO |
| C. Establecer una normatividad que impida el uso de plásticos y pesticidas que sean nocivos para la salud.        | SI | NO |
| D. Prohibir la producción de cualquier material que no sea natural y afecte al medio ambiente.                    | SI | NO |

7. México es uno de los países en el mundo con mayor diversidad biológica, debido en gran parte a su situación geográfica y variadas condiciones climáticas, lo que deriva en su heterogeneidad ecológica, situación similar a países como India, Australia y Perú ¿Cuáles de las siguientes recomendaciones te parecen más factibles para mantener la diversidad biológica?

- |  |    |    |
|--|----|----|
| A. Realizar programas de educación ambiental sobre la importancia de conservar la biodiversidad.           | SI | NO |
| B. Decretar que el territorio nacional sea un Área Natural Protegida, para proteger todos los ecosistemas. | SI | NO |
| C. Difundir que la diversidad de flora y fauna del país sea aprovechada para beneficio del hombre.         | SI | NO |
| D. Elaborar una normatividad ambiental que permita la conservación de los diversos ecosistemas.            | SI | NO |

8. El arsénico es un contaminante que tiene mecanismos de acción y efectos diversos en los seres vivos, dependiendo de la concentración en la que se encuentra; aunque también influye en sus efectos, el tiempo de exposición, hábitos alimenticios, edad y género de las personas expuestas. ¿Qué tipo de investigaciones consideras necesarias para conocer los efectos precisos de este contaminante?

- |  |    |    |
|--|----|----|
| A. Estudios para determinar los efectos producidos en las personas debido al uso del arsénico. | SI | NO |
|--|----|----|

- |   |    |    |
|---|----|----|
| B. Investigaciones sobre el tipo de contaminantes que hay en el agua, suelo y aire.                       | SI | NO |
| C. Investigaciones para determinar los productos que tienen arsénico y son de uso común.                  | SI | NO |
| D. Estudios sobre el efecto que tiene el arsénico en las personas expuestas a contaminantes con arsénico. | SI | NO |

9. En la actualidad los avances de la genética han logrado que la producción artificial de genotipos de diversas especies de importancia económica o alimentaria, útiles para la humanidad, sea una forma de orientar la selección natural. Estos avances pueden ejemplificarse a través de...

- |   |    |    |
|---|----|----|
| A. La crianza de animales de ganado que produzcan carne de buena calidad y sean prolíficos.                 | SI | NO |
| B. La obtención de diferentes razas humanas   | SI | NO |
| C. La producción de árboles frutales que tienen frutos todo el año.   | SI | NO |
| D. La producción de variedades de maíz con diferentes tamaños de grano, sabor, color y resistentes a plagas | SI | NO |

10. Los horticultores que cultivan plantas como el tomate, requieren conocer cómo se heredan las características de una generación a la siguiente. Con este conocimiento llevan a cabo programas de cruzamiento para producir los tomates con las cualidades deseadas. Algunos de los conocimientos adquiridos que aplican los horticultores para lograr estas plantas son...

- |  |    |    |
|--|----|----|
| A. Conocer que en las cruces entre las variedades de tomate pueden presentarse cambios debidos al azar.    | SI | NO |
| B. Conocer que las variedades útiles con demanda en el mercado son producto de los cambios ambientales.    | SI | NO |
| C. Saber que los programas de cruzamiento funcionan de la misma manera para cualquier planta cultivada     | SI | NO |
| D. Saber que los programas de cruzamiento son un medio propicio para producir mutaciones o cambios al azar | SI | NO |

11. Las plantas del tabaco genéticamente modificadas podrían curar las enfermedades inflamatorias. Un equipo de científicos de la Universidad de Verona ha integrado en el genoma del tabaco el gen viral llamado interleukine IL-10, pequeña proteína capaz de regular el sistema inmunológico, que al estar concentrado en las hojas del tabaco podría entonces ser ingerido directamente. En el texto la frase "plantas de tabaco genéticamente modificadas" se refiere a que...

- |   |    |    |
|---|----|----|
| A. El material genético contenido en el ADN de la planta de tabaco se ha modificado por medio de la ingeniería genética | SI | NO |
| B. Se ha modificado genéticamente la planta de tabaco al integrarse el gen viral llamado interleukine IL-10 a su genoma | SI | NO |
| C. La estructura genética de la planta del tabaco se ha modificado para curar enfermedades infecciosas.                 | SI | NO |
| D. Se ha modificado la estructura celular de la planta de tabaco para curar enfermedades inflamatorias.                 | SI | NO |

12. El paludismo (o malaria) es una enfermedad que causa más de un millón de muertes al año. La transmisión de la enfermedad entre las personas se produce a través de los mosquitos, ya que el parásito del paludismo (un protozoario) se transmite a los humanos a través de un mosquito hembra. El mosquito portador del paludismo se ha vuelto resistente a muchos pesticidas, y los medicamentos que se usan para combatir el parásito del paludismo cada vez son menos eficaces. Si tuvieras que hacer recomendaciones para prevenir la picadura del mosquito infectado por el parásito del paludismo ¿qué métodos preventivos sugerirías?

- |  |    |    |
|--|----|----|
| A. Utilizar mosquiteros en las casas y dormir bajo un mosquitero.            | SI | NO |
| B. Tomar medicamentos para curar la malaria.                                 | SI | NO |
| C. Utilizar insecticidas para que maten el mosquito que transmite la malaria | SI | NO |
| D. Aplicar vacunas contra la malaria.  | SI | NO |

13. Actualmente en México y en muchos países del mundo, se ha propagado la enfermedad infecciosa de tipo viral conocida como "virus de la gripe o influenza A/H1N1, la cual ha causado muchas muertes de personas infectadas. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el 99% de los casos el virus de la gripe se transmite por vía aérea, por medio de los estornudos infectados que los enfermos liberan en el aire cada vez que tosen o respiran. Señala los medios que consideres eficaces para prevenir la propagación del virus de la gripe que afecta a millones de personas en el mundo.

- |  |    |    |
|--|----|----|
| A. Tomar medicamentos contra enfermedades virales. | SI | NO |
| B. Uso de tapabocas.                               | SI | NO |
| C. Aplicación de vacunas.                          | SI | NO |
| D. Aislamiento de las personas infectadas.         | SI | NO |

14. Investigaciones realizadas con las "lentillas de agua", pequeñas plantas acuáticas, han mostrado su capacidad de absorber hasta el 85% de los minerales contenidos en el agua, entre ellos amonio y fosfatos. Es por ello que se consideran eficaces para "limpiar" las aguas residuales que son producto de desechos orgánicos o industriales. Además estas plantas acuáticas al convivir con microorganismos que completan la depuración del agua, son capaces de absorber los elementos orgánicos contenidos en el agua, funcionando como filtros naturales ¿Cuáles preguntas son importantes resolver para asegurar que estas plantas acuáticas son eficaces para limpiar las aguas residuales ?

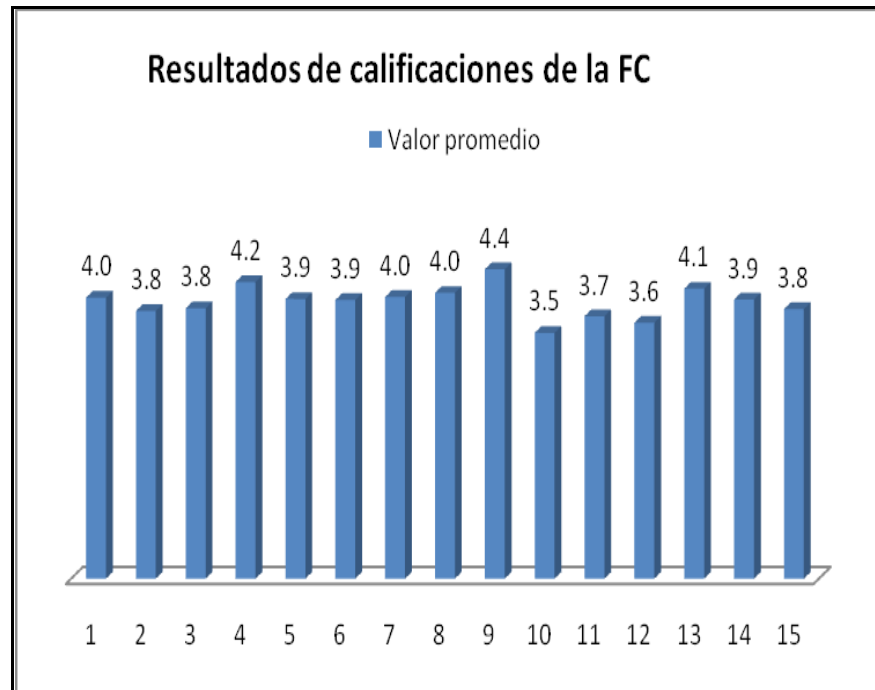
- |   |    |    |
|---|----|----|
| A. ¿Cómo se producen los contaminantes de desechos orgánicos e industriales?                    | SI | NO |
| B. ¿Qué tipo de minerales y compuestos orgánicos son capaces de eliminar las plantas acuáticas? | SI | NO |
| C. ¿Qué efecto tiene sobre la salud los contaminantes presentes en las aguas residuales?        | SI | NO |
| D. ¿Cómo actúan las plantas acuáticas y los microorganismos para lograr la depuración del agua? | SI | NO |

15. Actualmente se tienen evidencias de que el calentamiento global y sus efectos son realidades indiscutibles, por ello científicos de todo el mundo están diseñando estrategias que permitan adaptarnos, de la mejor manera posible, a los cambios que se avecinan. Se conoce que una de las mayores amenazas a la agricultura, a causa del cambio climático, será la disminución de la humedad de los suelos y los fenómenos meteorológicos extremos. En cuanto a los bosques, se aumentará el riesgo de incendios forestales y con ello la pérdida de cubierta forestal. Respecto al agua, la situación será crítica, ya que se reducirá más este recurso y sufrirá el efecto de la contaminación ¿Qué medidas sugieres como acertadas para disminuir o mitigar los efectos del cambio climático en la agricultura, los bosques y el agua?

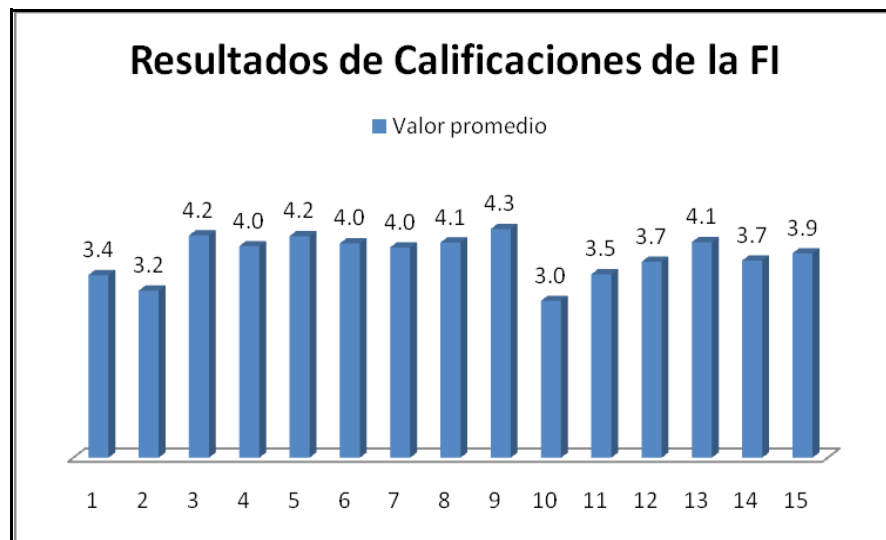
- |  |    |    |
|--|----|----|
| A. Programas de recuperación de suelos.                        | SI | NO |
| B. Construir invernaderos con cultivos de plantas comestibles. | SI | NO |
| C. Programas de plantación de árboles resistentes a la sequía. | SI | NO |
| D. Conservación de zonas de recarga en bosques y humedales.    | SI | NO |

## APÉNDICE IV. GRÁFICAS

Gráfica 1. Resultados de la Calificación Promedio en la Facultad de Ciencias

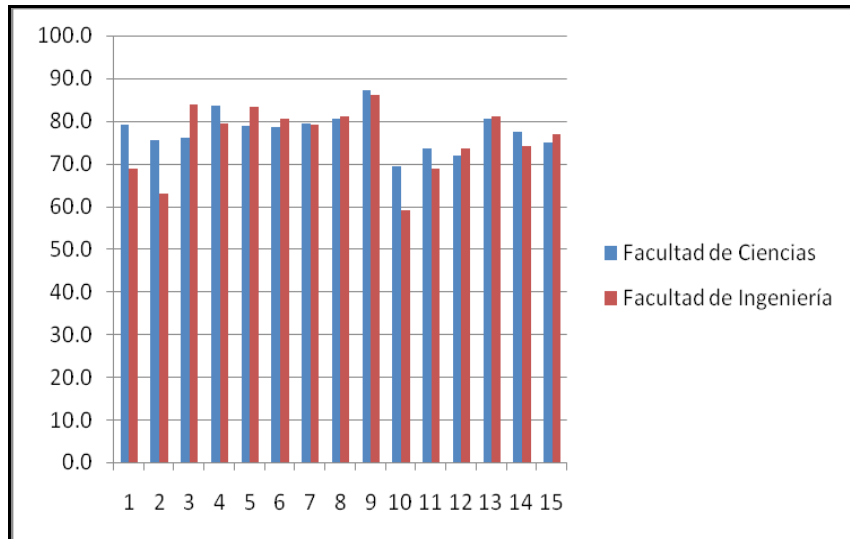


Gráfica 2. Resultados de la Calificación Promedio en la Facultad de Ingeniería

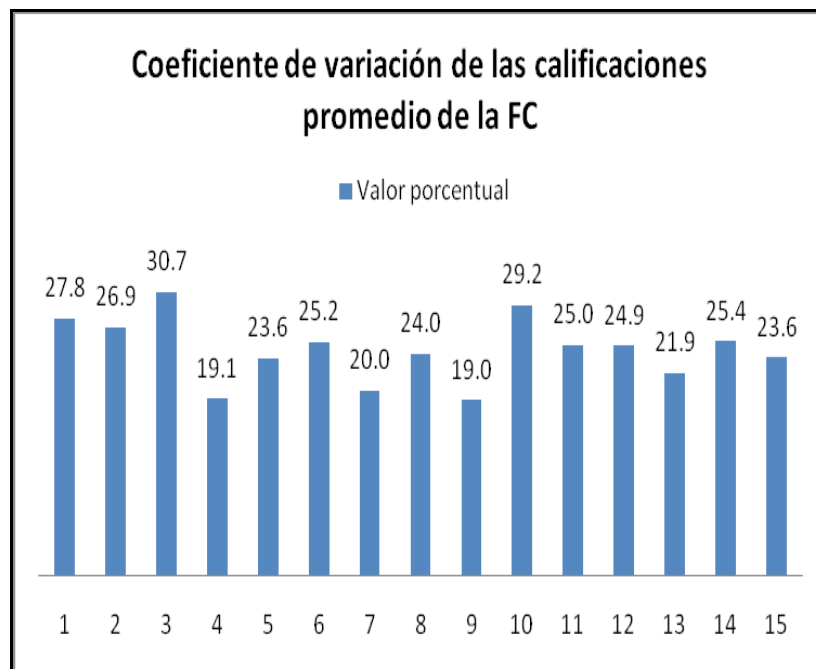




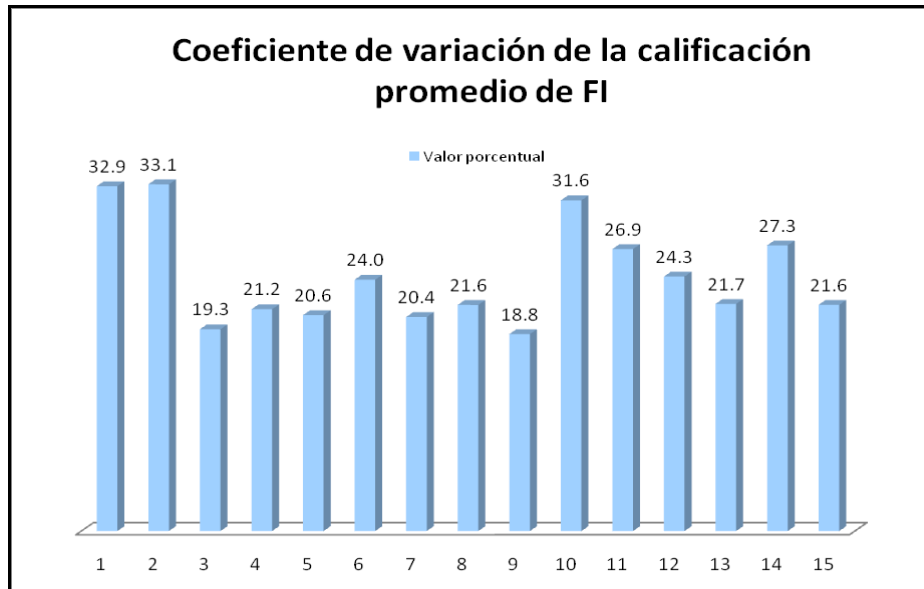
**Gráfica 3. Porcentaje de Respuestas Contestadas de la Población Total (izquierda FC; derecha FI)**



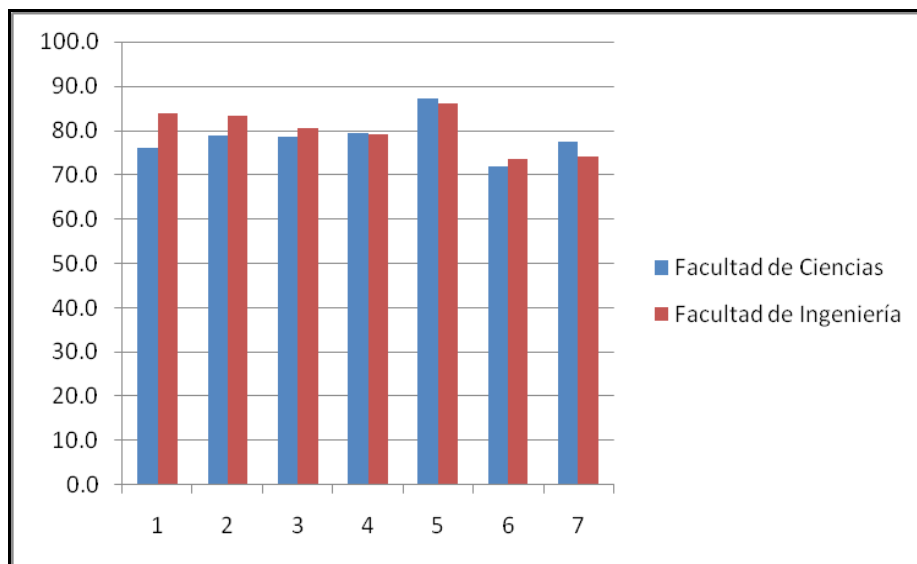
**Gráfica 4. Porcentaje Promedio del Coeficiente de Variación de la Facultad de Ciencias**



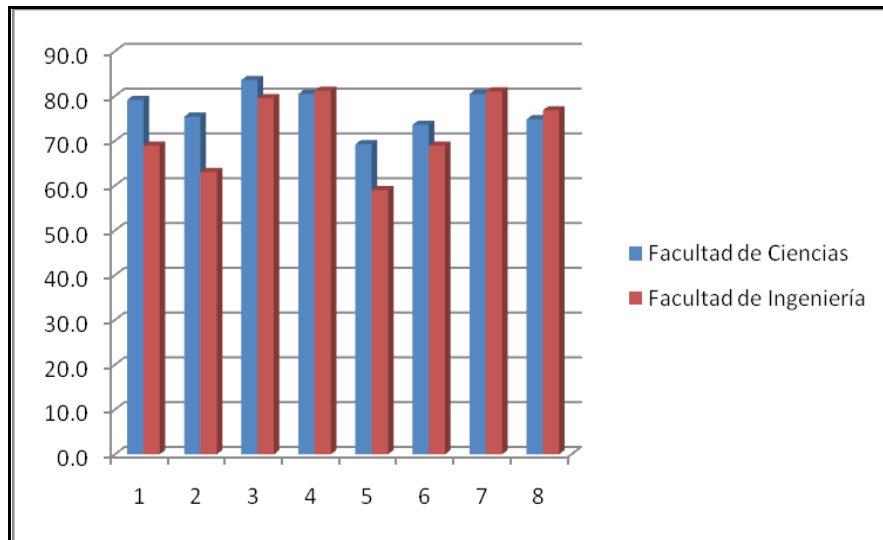
Gráfica 5. Porcentaje Promedio del Coeficiente de Variación de la Facultad de Ingeniería



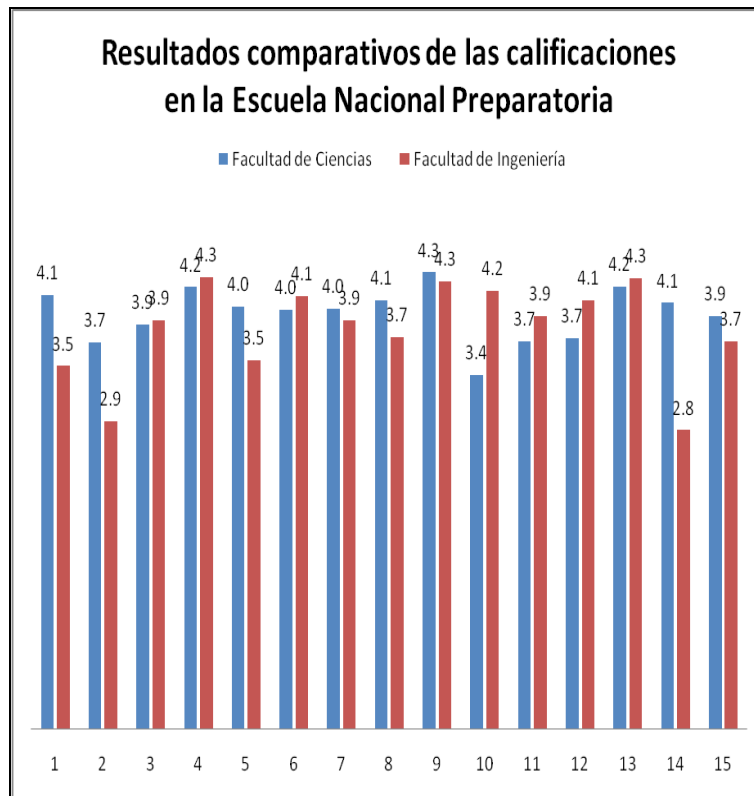
Gráfica 6. Porcentaje de Preguntas Contestadas de la Competencia de Comprensión (izquierda FC; derecha FI)



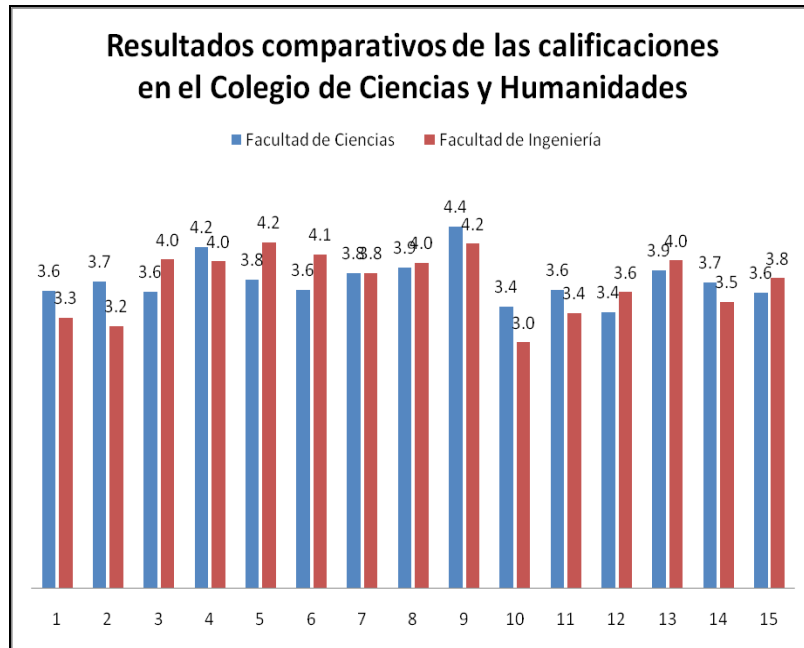
**Gráfica 7. Porcentaje de Preguntas Contestadas de la Competencia de Evaluación (izquierda FC; derecha FI)**



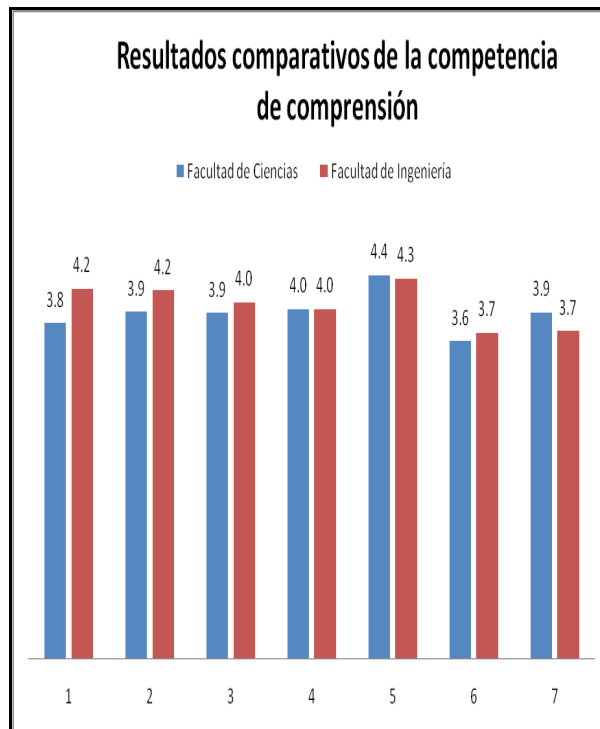
**Gráfica 8. Calificaciones Promedio de Estudiantes Provenientes de la ENP (izquierda FC; derecha FI)**



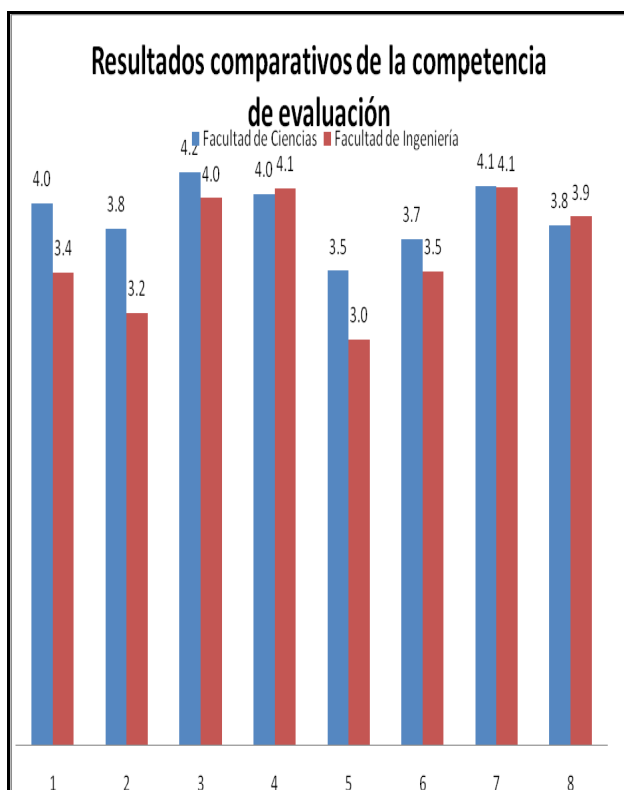
**Gráfica 9. Calificaciones Promedio de Estudiantes Provenientes del CCH (izquierda FC; derecha FI)**



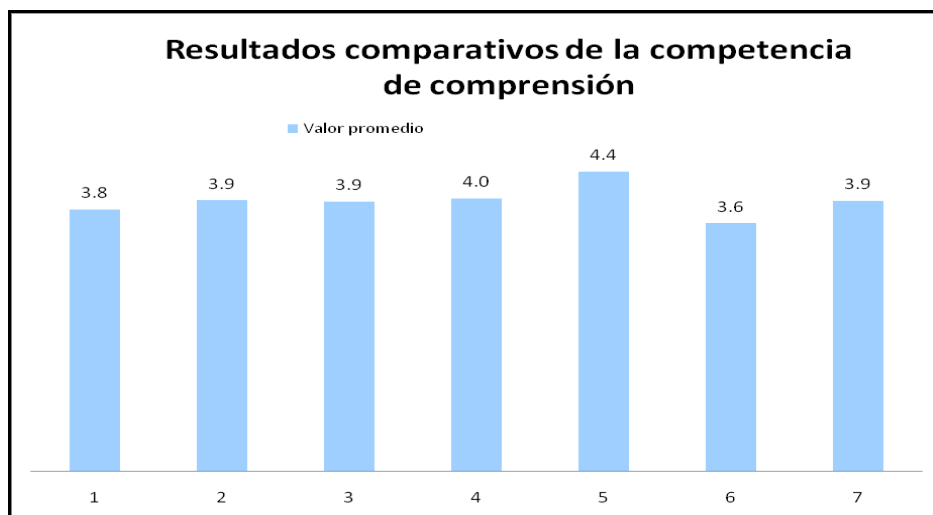
**Gráfica 10. Calificaciones Promedio Relativas a la Competencia de Comprensión (izquierda FC; derecha FI)**



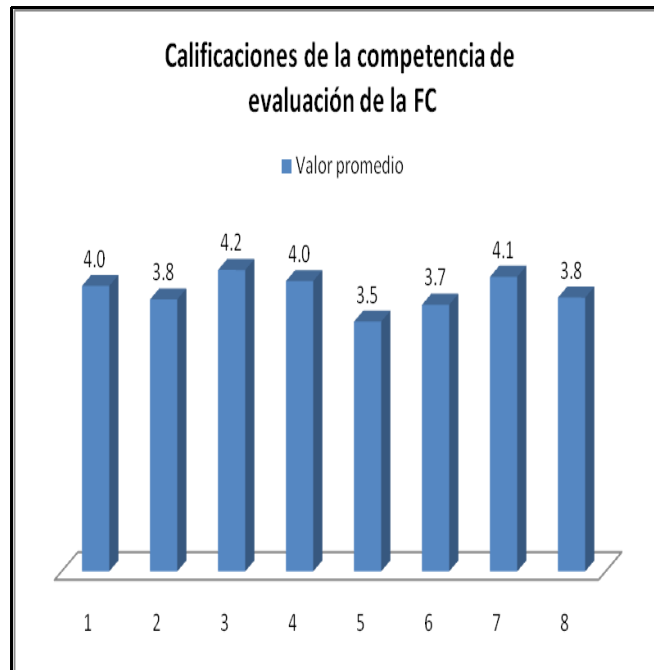
**Gráfica 11. Calificaciones Promedio Relativas a la Competencia de Evaluación (izquierda FC; derecha FI)**



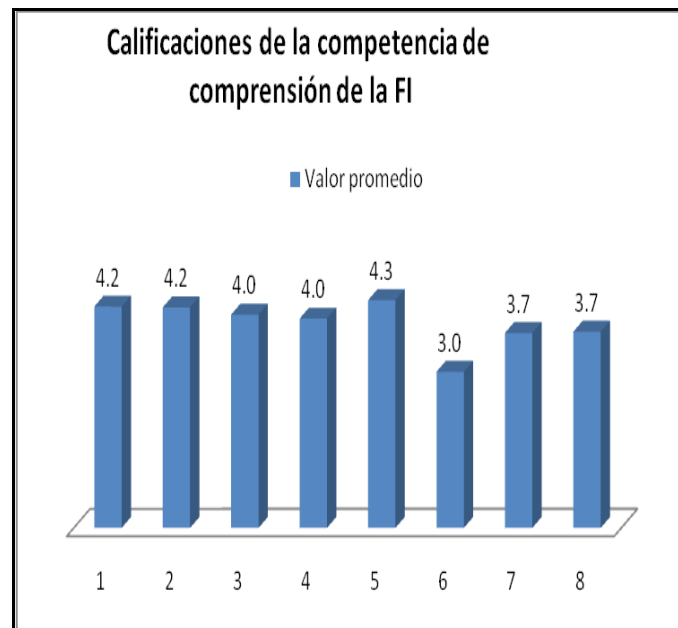
**Gráfica 12. Calificaciones de la Facultad de Ciencias Relativas a la Competencia de Comprensión**



**Gráfica 13. Calificaciones de la Facultad de Ciencias Relativas a la Competencia de Evaluación**



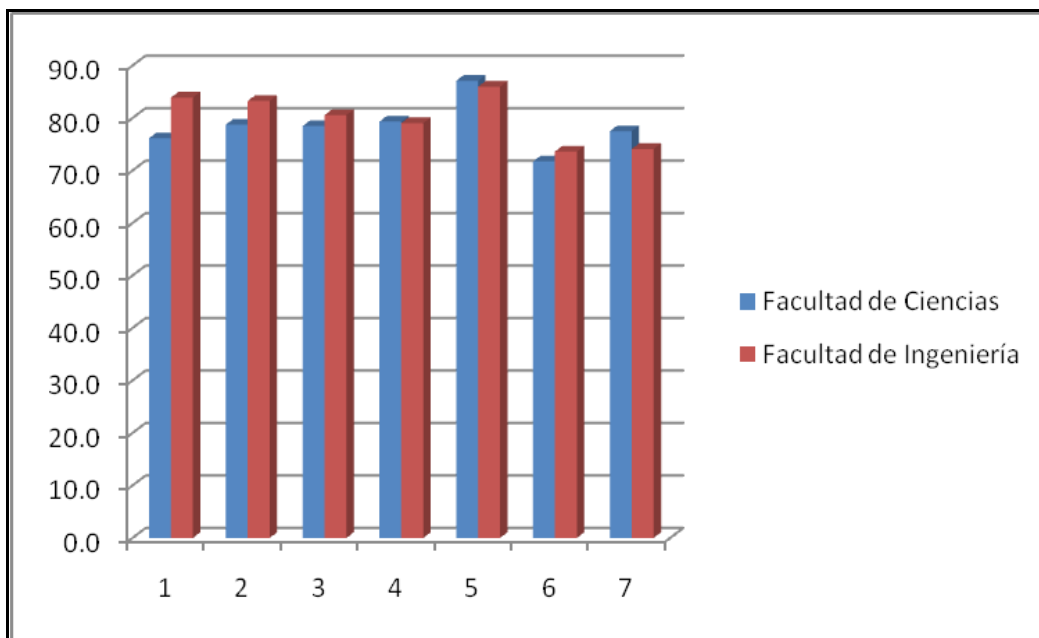
**Gráfica 14. Calificaciones de la Facultad de Ingeniería Relativas a la Competencia de Comprensión**



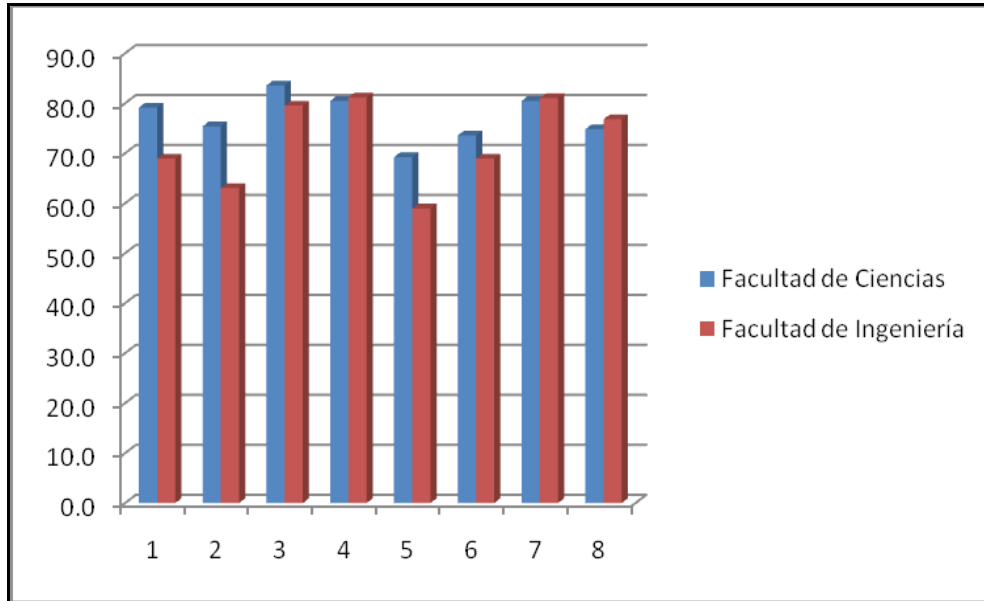
**Gráfica 15. Calificaciones de la Facultad de Ingeniería Relativas a la Competencia de Evaluación**



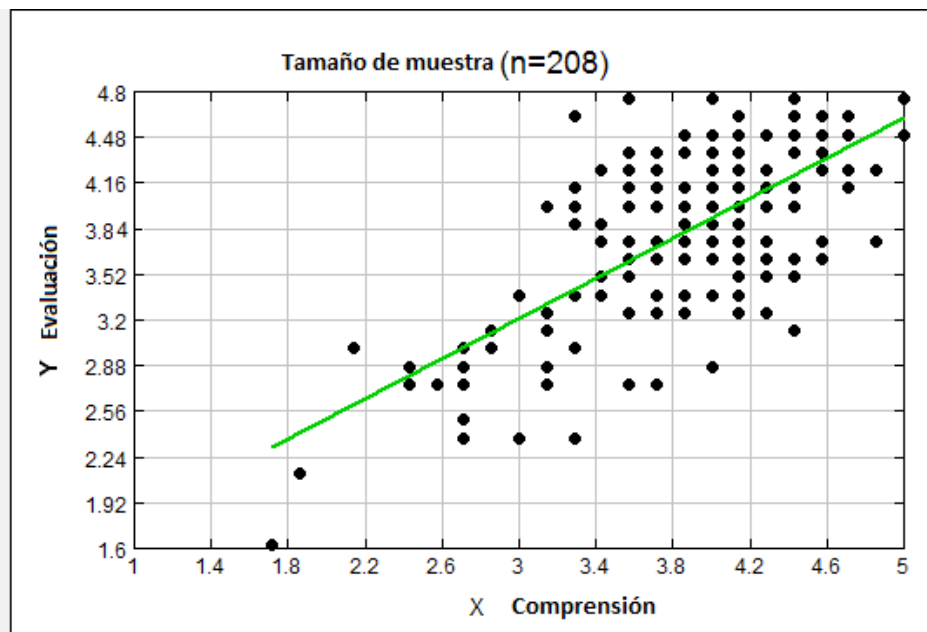
**Gráfica 16. Porcentaje de Preguntas Contestadas de la Competencia de Comprensión (izquierda FC; derecha FI)**



**Gráfica 17. Porcentaje de Preguntas Contestadas de la Competencia de Evaluación (izquierda FC; derecha FI)**



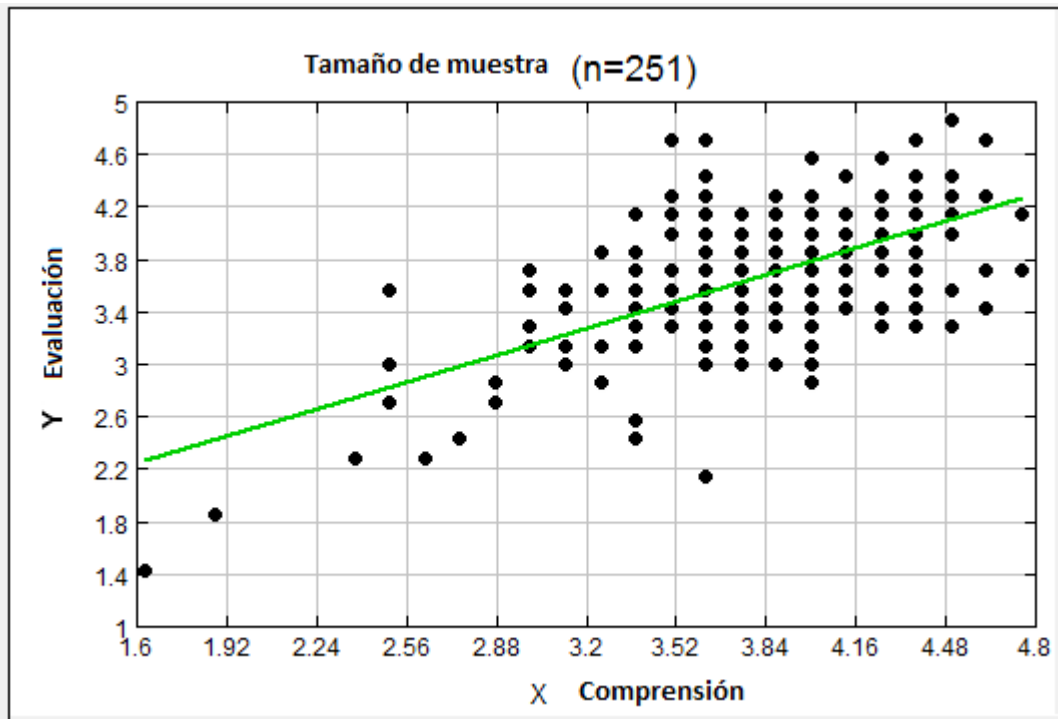
**Gráfica 18. Diagrama de Dispersión de las Calificaciones Promedio en la Facultad de Ciencias**



**Gráfica**

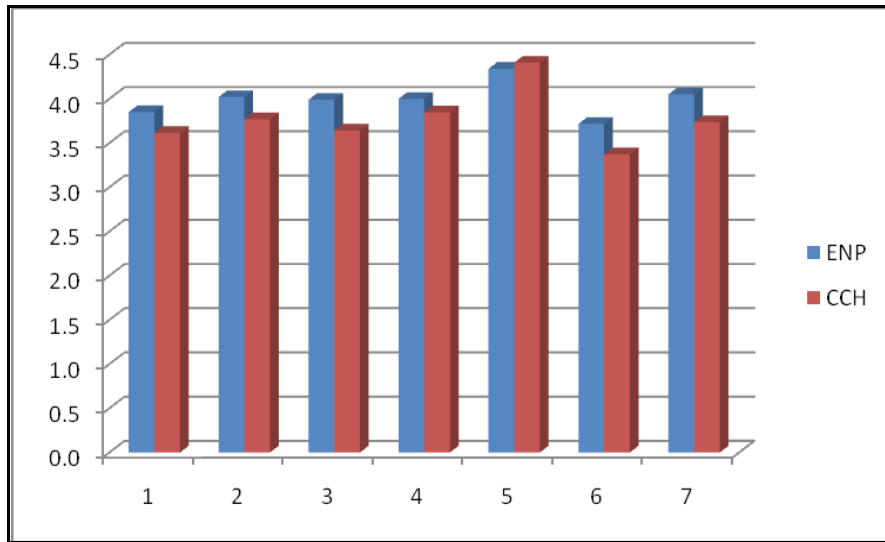


19. Diagrama de Dispersión de las Calificaciones Promedio en la Facultad de Ingeniería

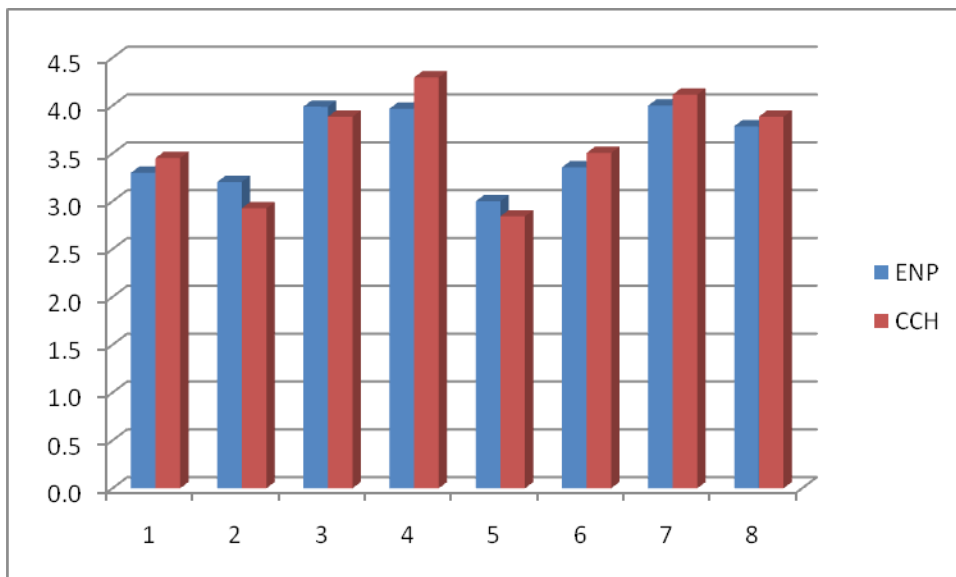




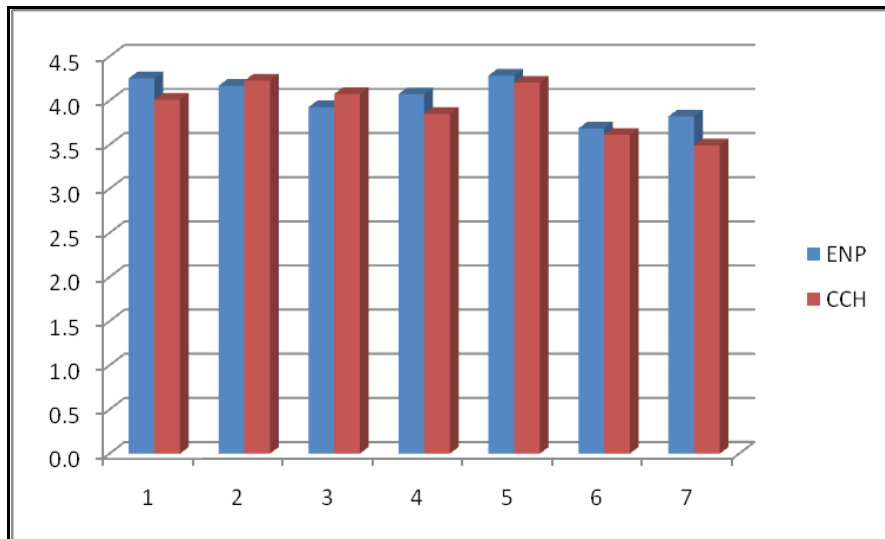
**Gráfica 21. Resultados Promedio de la Competencia de Comprensión en la Facultad de Ciencias (izquierda ENP; derecha CCH)**



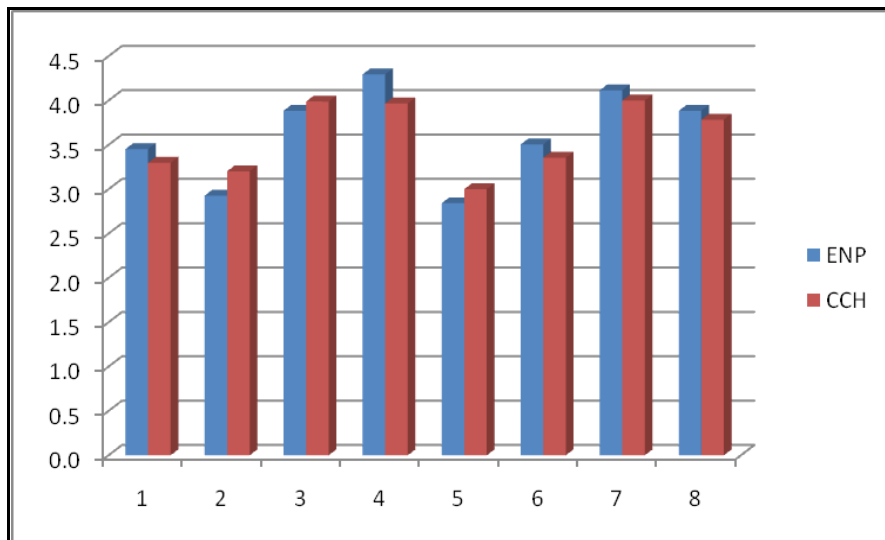
**Gráfica 22. Resultados Promedio de la Competencia de Evaluación en la Facultad de Ciencias (izquierda ENP; derecha CCH)**



**Gráfica 23. Resultados Promedio de la Competencia de Comprensión en la Facultad de Ingeniería (izquierda ENP; derecha CCH)**



**Gráfica 24. Resultados Promedio de la Competencia de Evaluación en la Facultad de Ingeniería (izquierda ENP; derecha CCH)**



## APÉNDICE V. PRUEBAS DE HIPÓTESIS

<b>Prueba de Hipótesis No. 1</b>		
Nivel de significancia: 0.05		
<b>Estadístico</b>	<b>Muestra 1 (FC) Población total</b>	<b>Muestra 2 (FI) Población total</b>
<b>Total (n)</b>	208	251
<b>Media de la muestra (u)</b>	3.8858	3.7963
<b>Desviación estándar de la muestra</b>	0.5244	0.324
<b>Hipótesis alternativa</b>	u1 mayor que u2	
<b>Valor estadístico de t</b>	1.9636	
<b>Valor crítico de t</b>	1.6486	
<b>Hipótesis nula</b>	se rechaza	

<b>Prueba de Hipótesis No. 2</b>		
Nivel de significancia: 0.05		
<b>Estadístico</b>	<b>Muestra 1 (ENP-FC)</b>	<b>Muestra 2 (ENP-FI)</b>
<b>Total (n)</b>	100	95
<b>Media de la muestra (u)</b>	3.9367	3.8077
<b>Desviación estándar de la muestra</b>	0.664	0.4175
<b>Hipótesis alternativa</b>	u1 mayor que u2	
<b>Valor estadístico de t</b>	2.0313	
<b>Valor crítico de t</b>	1.652785	
<b>Hipótesis nula</b>	Se rechaza	

<b>Prueba de Hipótesis No. 3</b>		
Nivel de significancia: 0.01		
<b>Estadístico</b>	<b>Muestra 1 (ENP-FC)</b>	<b>Muestra 2 (ENP-FI)</b>
<b>Total (n)</b>	100	95
<b>Media de la muestra (u)</b>	3.9367	3.8077
<b>Desviación estándar de la muestra</b>	0.4664	0.4175
<b>Hipótesis alternativa</b>	u1 mayor que u2	
<b>Valor estadístico de t</b>	2.0313	
<b>Valor crítico de t</b>	2.3458	
<b>Hipótesis nula</b>	no se rechaza	

<b>Prueba de Hipótesis No. 4</b>		
Nivel de significancia: 0.05		
<b>Estadístico</b>	<b>Muestra 1 (CCH-FC)</b>	<b>Muestra 2 (CCH-FI)</b>
<b>Total (n)</b>	78	94
<b>Media de la muestra (u)</b>	3.7410	3.7085
<b>Desviación estándar de la muestra</b>	0.5041	0.4722
<b>Hipótesis alternativa</b>	u1 no es igual a u2	
<b>Valor estadístico de t</b>	0.4358	
<b>Valor crítico de t</b>	1.9740	
<b>Hipótesis nula</b>	no se rechaza	

<b>Prueba de Hipótesis No. 5</b>		
Nivel de significancia: 0.05		
<b>Estadístico</b>	<b>Muestra 1 (ENP-FC)</b>	<b>Muestra 2 (CCH-FC)</b>
<b>Total (n)</b>	100	78
<b>Media de la muestra (u)</b>	3.9367	3.7410
<b>Desviación estándar de la muestra</b>	0.4664	0.5041
<b>Hipótesis alternativa</b>	u1 mayor que u2	
<b>Valor estadístico de t</b>	2.6807	
<b>Valor crítico de t</b>	1.6535	
<b>Hipótesis nula</b>	se rechaza	

<b>Prueba de Hipótesis No. 6</b> Nivel de significancia: 0.05		
<b>Estadístico</b>	<b>Muestra 1 (ENP-FI)</b>	<b>Muestra 2 (CCH-FI)</b>
<b>Total (n)</b>	95	94
<b>Media de la muestra (u)</b>	3.8077	3.7085
<b>Desviación estándar de la muestra</b>	0.4175	0.4722
<b>Hipótesis alternativa</b>	u1 no es igual a u2	
<b>Valor estadístico de t</b>	1.5304	
<b>Valor crítico de t</b>	1.9727	
<b>Hipótesis nula</b>	no se rechaza	

<b>Prueba de Hipótesis No. 7</b> Nivel de significancia: 0.05		
<b>Estadístico</b>	<b>Muestra 1 (FC) Comprensión</b>	<b>Muestra 2 (FI) Comp. Comprensión</b>
<b>Total (n)</b>	208	251
<b>Media de la muestra (u)</b>	3.9217	3.8715
<b>Desviación estándar de la muestra</b>	0.5697	0.4693
<b>Hipótesis alternativa</b>	u1 no es igual a u2	
<b>Valor estadístico de t</b>	1.0167	
<b>Valor crítico de t</b>	1.9659	
<b>Hipótesis nula</b>	no se rechaza	

<b>Prueba de Hipótesis No. 8</b> Nivel de significancia: 0.05		
<b>Estadístico</b>	<b>Muestra 1 (FC) Comp. Evaluación</b>	<b>Muestra 2 (FI) Comp. Evaluación</b>
<b>Total (n)</b>	208	251
<b>Media de la muestra (u)</b>	3.8540	3.7103
<b>Desviación estándar de la muestra</b>	0.5863	0.4978
<b>Hipótesis alternativa</b>	u1 mayor que u2	
<b>Valor estadístico de t</b>	2.7998	
<b>Valor crítico de t</b>	1.6485	
<b>Hipótesis nula</b>	se rechaza	

<b>Prueba de Hipótesis No. 9</b> Nivel de significancia: 0.05		
<b>Estadístico</b>	<b>Muestra 1 (FC-ENP) Comp. Comprensión</b>	<b>Muestra 2 (FC-CCH) Comp. Comprensión</b>
<b>Total (n)</b>	100	78
<b>Media de la muestra (u)</b>	3.9614	3.7564
<b>Desviación estándar de la muestra</b>	0.5440	0.5390
<b>Hipótesis alternativa</b>	u1 mayor que u2	
<b>Valor estadístico de t</b>	2.5046	
<b>Valor crítico de t</b>	1.6535	
<b>Hipótesis nula</b>	se rechaza	

<b>Prueba de Hipótesis No. 10</b> Nivel de significancia: 0.05		
<b>Estadístico</b>	<b>Muestra 1 (FC-ENP) Comp. Evaluación</b>	<b>Muestra 2 (FC-CCH) Comp. Evaluación</b>
<b>Total (n)</b>	78	100
<b>Media de la muestra (u)</b>	3.7276	3.8575
<b>Desviación estándar de la muestra</b>	0.5636	0.5363
<b>Hipótesis alternativa</b>	u1=u2	
<b>Valor estadístico de t</b>	1.5680	
<b>Valor crítico de t</b>	1.9735	
<b>Hipótesis nula</b>	no se rechaza	

<b>Prueba de Hipótesis No. 11</b> Nivel de significancia: 0.05		
<b>Estadístico</b>	<b>Muestra 1 (FI-ENP) Comp. Comprensión</b>	<b>Muestra 2 (FI-CCH) Comp. Comprensión</b>
<b>Total (n)</b>	95	94
<b>Media de la muestra (u)</b>	3.8815	3.7832
<b>Desviación estándar de la muestra</b>	0.4511	0.4857
<b>Hipótesis alternativa</b>	u1 no es igual a u2	
<b>Valor estadístico de t</b>	1.4419	
<b>Valor crítico de t</b>	1.9727	
<b>Hipótesis nula</b>	no se rechaza	



<b>Prueba de Hipótesis No. 12</b>		
Nivel de significancia: 0.05		
<b>Estadístico</b>	<b>Muestra 1 (FI-ENP)</b>	<b>Muestra 2 (FI-CCH)</b>
<b>Total (n)</b>	95	94
<b>Media de la muestra (u)</b>	3.7233	3.6398
<b>Desviación estándar de la muestra</b>	0.4663	0.5173
<b>Hipótesis alternativa</b>	u1 no es igual a u2	
<b>Valor estadístico de t</b>	1.1658	
<b>Valor crítico de t</b>	1.9727	
<b>Hipótesis nula</b>	no se rechaza	