

Diseño y desarrollo de la prueba experimental en las Olimpiadas Chilenas de Química

Emilio Balocchi, Manuel Martínez M.,^{1} Hernan von Marttens,² Daniel Bartet y Teodoro Meruane³*

Abstract

The Chilean Chemistry Olympiad is an activity sponsored by the Division of Chemical Education of the Chilean Chemical Society that takes place in different universities all over the country. The main purposes of the olympiads are: to stimulate young people to achieve excellence in chemistry; to recognize gifted students in order to pay special attention to them, and to improve chemistry teaching standards. This program calls each year, since 1992, for students from grades 10 through 12 to participate in a series of qualifying events to determine the best three students in each grade (bronze, silver and gold medals) and involves about 2,000 students. The event is arranged in three consecutive stages: Regional, National and Final Exam. The first and second stages involve the answering of a multiple-choice items test, but the final stage also involves a laboratory experiment. In this article we describe the design and development of the laboratory experiments included in the Final Exam. In spite of the Chilean Chemistry Olympiad being a rather young activity, some interesting observations can be made: secondary schools (grades 10 through 12) are sending better prepared students each year; laboratory activities are of growing concern and teachers are engaged in preparing their students.

Introducción

La Olimpiada Chilena de Química (OChQ) es una competencia nacional dirigida a todos los alumnos de 2°, 3° y 4° años de Educación Media (equivalente

a los grados 10, 11 y 12 de otros países), invitados a demostrar sus conocimientos y destrezas en la disciplina (Vargas *et al.*, 1994). Sus objetivos inmediatos son incentivar a los estudiantes hacia el estudio de la química, descubrir talentos y contribuir al mejoramiento de la educación química en el país.

El sistema educacional chileno consta de dos ciclos: la Educación Básica, con 8 años de duración, y la Educación Media, con 4 años, la cual considera dos modalidades: el área científico-humanista, y el área técnico-profesional, áreas que son de libre elección. Los alumnos que egresan de este sistema pueden postular a la Enseñanza Terciaria (universidades e instituciones de educación superior).

La OChQ se distingue de otras similares (Martínez, M., 1989; Castro C.M., 1990, 1993, 1994, 1995; Hernández, L. 1995) pues contempla pruebas diferenciadas para cada nivel de la Educación Media (2°, 3° y 4°). Esta modalidad responde al propósito de motivar lo más tempranamente posible a los educandos hacia el estudio de la química, a la vez que fomentar el desarrollo de experiencias de laboratorio en todos los niveles.

La OChQ se desarrolla en tres etapas consecutivas:

Etapas Regionales

En esta etapa participan los alumnos inscritos por los establecimientos de Enseñanza Media sin otra restricción que estar cursando los niveles respectivos y ser alumnos destacados de la asignatura.

Normalmente se inscriben dos alumnos por nivel y por establecimiento. En esta instancia son seleccionados los mejores alumnos de cada una de las regiones administrativas en la que está organizado el país, que son trece, mediante una prueba teórica consistente en 30 preguntas de selección múltiple. El número de alumnos finalmente seleccionados en esta etapa es de 240.

Etapas Nacionales

En ella participan los alumnos seleccionados en la etapa regional, más los seis alumnos ganadores de

Trabajo presentado parcialmente en el XXII Congreso Latinoamericano de Química, Concepción, Chile, 1996.

* Autores a quienes debe ser dirigida la correspondencia.

(1) Facultad de Química y Biología; Universidad de Santiago de Chile. Casilla 5659-2; Santiago de Chile.

(2) Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas; Universidad de Chile. Casilla 2777; Santiago de Chile.

(3) Facultad de Ciencias; Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. Casilla 147. Santiago de Chile.

la olimpiada inmediatamente anterior en los niveles de 2° a 3° Medio, los que se incorporan directamente en este tramo. Los alumnos son sometidos nuevamente a una prueba de similares características seleccionando a los mejores 15 alumnos en cada nivel, lo que da un total de 45 alumnos que son invitados con todos sus gastos pagados a la sede organizadora de las olimpiadas, la cual cambia anualmente, de acuerdo a las solicitudes de las distintas universidades del país.

Etapa Final

Es la etapa culminante de la OChQ en la cual los educandos son sometidos a un examen final que consta de una prueba teórica y una prueba experimental. Dada la importancia de la parte experimental en química, y con el objeto de fomentarla en la Educación Media, la OChQ considera esencial esta prueba en la selección de los alumnos ganadores, por lo que pondera el resultado de esta prueba en un 60%. Se procede a seleccionar los tres mejores alumnos de cada nivel, los que reciben medallas de oro, plata y bronce, respectivamente, además de diplomas y premios.

En este trabajo se describe el diseño y desarrollo de la prueba experimental y se señalan las pruebas administradas en el periodo 1992-1995.

La prueba experimental

La prueba experimental permite evaluar la rigurosidad con que un alumno aborda un problema, la creatividad con que lo hace y la honestidad científica con que presenta sus resultados. Para ello debe resolver un problema que implica un desarrollo experimental en el laboratorio. Este problema cumple con ciertos criterios, los cuales son:

Pertinencia

El problema debe ser coherente con los conocimientos teórico-prácticos de los alumnos según nivel. Estos contenidos y objetivos están establecidos en los programas oficiales de la asignatura de Química para la Educación Media elaborados por el Ministerio de Educación de la República de Chile.

Propiedad

Su resolución hace necesaria la observación y obtención de datos experimentales, la proposición y evaluación de hipótesis de trabajo, y el análisis crítico de los resultados.

Seguridad

Su desarrollo supone el uso de accesorios simples y de reactivos inocuos o de bajo riesgo de manipulación. De esta manera se garantiza tanto la seguridad personal del alumno como la del medio ambiente.

Condiciones de la prueba experimental

La prueba, de una duración máxima de tres horas, se desarrolla en laboratorios espaciosos, limpios, ventilados y convenientemente iluminados que cuentan con el equipamiento necesario en calidad y cantidad, de suerte que los alumnos se desempeñen sin limitaciones de esta especie.

Los alumnos son asistidos, durante su prueba experimental por un profesor. Este profesor es el encargado de proveer los materiales y reactivos que solicita el alumno; de dar el pase al trabajo experimental; de calificar el desempeño usando una lista de cotejo y de cuidar la seguridad personal del alumno y la del medio.

Los alumnos cuentan además con un medio impreso (ver anexo 1) a través del cual se les invita a trabajar con tranquilidad, y se les felicita por haber alcanzado la etapa final. En este impreso los alumnos encuentran normas de seguridad generales y específicas de acuerdo a la tarea que tendrán que desarrollar. Incluye hojas en blanco para el registro de datos y hojas para el informe final. Asimismo en ella se sugiere la estructura del informe que los alumnos deben desarrollar (Objetivos, Desarrollo Experimental, Resultados y Discusión).

Como precaución adicional existe un local de primeros auxilios en permanente comunicación con servicios hospitalarios.

Calificación de la prueba

La prueba se califica considerando dos aspectos: el desempeño del alumno durante el desarrollo de la prueba, y los resultados obtenidos (Meruane *et al.*, 1994).

El desempeño se mide a través de una lista de cotejo (ver anexo 2). Este instrumento lo aplica el profesor que asiste al alumno durante su prueba experimental, y permite medir las siguientes características: grado de autonomía; orden; pulcritud y habilidad manual. Cada una de ellas está graduada en una escala de cuatro tramos.

Los resultados obtenidos se evalúan a partir del informe de laboratorio que se entrega una vez finalizada la prueba. En este informe el alumno describe

y justifica el método seguido, registra sus observaciones, entrega los resultados y su discusión respectiva.

Para evitar que la prueba experimental sea una experiencia traumática para aquellos alumnos que por diferentes motivos son incapaces de proseguir con la prueba experimental, el profesor asistente está autorizado para dar ayuda a los alumnos que lo requieran en este aspecto. Esta ayuda queda registrada en la lista de cotejo en el aspecto autonomía y es determinante en el momento de calificar el trabajo del alumno, particularmente si hay igualdad de puntajes.

Determinación de los tres ganadores en cada categoría

La labor de determinar los ganadores está a cargo de la Comisión Académica Nacional de la OChQ. Esta comisión es nombrada por la División de Educación Química de la Sociedad Chilena de Química y está conformada por profesores de diferentes instituciones de educación superior, destacados en el área de educación química. La Comisión es responsable de elaborar todas las pruebas de la Olimpiada y de supervisar el desarrollo de la etapa final, así como de determinar los ganadores.

Los ganadores son seleccionados considerando la calificación obtenida en la prueba teórica ponderada en un 40% y la calificación de la prueba experimental en un 60%. También se tiene a la vista las calificaciones obtenidas en las etapas Regional y Nacional de la Olimpiada en caso de haber empate.

Con este objeto la Comisión se divide en tres grupos de a lo menos dos profesores. A cada grupo se le asigna la revisión de uno de los tres niveles de la competencia. Terminada su tarea cada grupo propone a los ganadores al resto de la Comisión justificando su selección. Los casos difíciles de discriminar son analizados cuidadosamente por toda la Comisión. La tarea finaliza cuando la Comisión en pleno refrenda a los ganadores de cada uno de los niveles para lo cual confecciona un acta.

Pruebas experimentales desarrolladas

Durante las cuatro olimpiadas ya realizadas, se han utilizado las siguientes experiencias para cada categoría.

Categoría 2° Año

- 1992 Obtener e identificar: hidrógeno o dióxido de carbono.
- 1993 Determinar algunas propiedades del gas:
1) Resultante de la reacción de carburo de calcio y agua.
2) Utilizado en un encendedor.
- 1994 Determinar el porcentaje de cinc en una pieza de hierro galvanizado.
- 1995 Identificar un metal a través de sus propiedades fisicoquímicas.

Categoría 3° Año

- 1992 Identificar los componentes de la leche.
- 1993 Caracterizar reactivos y productos de una reacción entre sustancias cuyos nombres no son informados al alumno.
- 1994 Ordenar tres especies químicas en estado líquido de acuerdo con su densidad relativa, tensión superficial y viscosidad.
- 1995 Separar sustancias sólidas.

Categoría 4° Año

- 1992 Identificar el tipo de enlace químico presente en diversas especies químicas.
- 1993 Determinar el porcentaje de dióxido de carbono contenido en el aire que se expelen en el fenómeno de la respiración.
- 1994 Determinar el porcentaje de ácido acetil salicílico en tabletas de aspirina.
- 1995 Identificar cuatro especies químicas en función de su carácter ácido-base

Resultados y conclusiones

El análisis del desarrollo de la prueba experimental y de los informes correspondientes, permite extraer algunas observaciones de interés:

Frente a situaciones de complejidad comparable resulta evidente una mayor capacidad analítica en los finalistas de 2° año, en comparación con los de tercero y cuarto.

El mayor bagaje cognoscitivo de los alumnos de 4° año conspira, al parecer, en contra de su capacidad para proponer soluciones originales. El alumno de nivel mayor tendió a apoyarse lo más que podía en sus conocimientos previos (particularmente, en la aplicación de fórmulas), situación que obviamente no sucedía con postulantes de 2° año, quienes debieron recurrir a su ingenio e imaginación.

En las primeras olimpiadas no se apreció una correlación consistente entre los resultados en las



José de Santiago. El eterno retorno, xilografía, 30 x 38 cm, 1993.

pruebas escritas y en la prueba experimental, pero esta situación ha cambiado últimamente, lo que creemos se debe a un mejoramiento progresivo en la preparación de la parte experimental. Éste era uno de los objetivos de la organización de las olimpiadas.

La prueba experimental resultó decisiva en la premiación final. Los informes de los ganadores, en total concordancia con las opiniones de los profesores asistentes, revelaron atributos esenciales en la formación de un espíritu científico: imaginación, ingenio, habilidad mental y manual, audacia para proponer verificaciones, y honestidad en la entrega de datos y resultados obtenidos.

La prueba experimental es crítica para detectar a aquellos alumnos que están particularmente dotados para destacarse en la labor científica. Sin embargo, es necesario reconocer que de los nueve ganadores hasta 1995, solo uno ha optado por estudiar bioquímica, y el resto ha optado por seguir carreras con mejores remuneraciones en el mercado nacional, tales como Ingeniería Civil o Medicina.

Los alumnos que han resultado ganadores en las diversas olimpiadas, a su vez han obtenido altos puntajes en las pruebas de conocimientos específicos utilizadas como requisito para ingresar a las universidades que reciben aportes del Estado. Esto se puede considerar como demostración de que los crite-

rios de evaluación utilizados en las OChQ correlacionan positivamente con otros tipos de evaluación.

Como conclusión, puede afirmarse que se ha incentivado el estudio de la química a nivel de enseñanza media en nuestro país, con énfasis en el desarrollo de actividades experimentales en liceos y colegios; se ha logrado una mayor difusión de la química a nivel nacional con la valiosa cooperación de la prensa y la televisión que han cubierto las Olimpiadas; y los profesores, algunos de los cuales acompañan a sus alumnos a la etapa final, han encontrado un nuevo estímulo en el desarrollo de su trabajo. Finalmente, las actividades de premiación a nivel regional, de carácter espontáneo pero de gran solemnidad, reconocen el esfuerzo de alumnos y establecimientos lo que motiva a unos y a otros a seguir participando.

Es necesario enfatizar en la Enseñanza Media, la adquisición de las habilidades propias del científico tales como el pensamiento analítico, es decir racional y ordenado; la capacidad de síntesis y de integración de conocimientos fragmentarios; la paciencia y la honradez. Quizás se le ha estado dando demasiada importancia al conocimiento final, al producto ya elaborado de la ciencia, dejando de lado el proceso de gestación de dicho conocimiento. Es hora de balancear adecuadamente estos dos aspectos en

los programas de estudios venideros

Agradecimientos: Los autores desean agradecer a Fundación ANDES por su auspicio y financiamiento parcial de estas olimpiadas, al Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas, al Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (DICYT) de la Universidad de Santiago de Chile, y particularmente a los profesores de Educación Media, por su constante apoyo a esta iniciativa. También a las instituciones universitarias que colaboran en todas las regiones del país.

Bibliografía

- Castro, A.M., "Reflexiones acerca de las Olimpiadas Internacionales de Química", en *Anuario Latinoamericano de Química*, 3[3], 91-94, 1990.
- Castro, A.M., Pérez de G., G., "La XXIV Olimpiada Internacional de Química", en *Educación Química*, 4[2], 90-93, 1993.
- Castro, A., C.M., Dosal G., M., "La XXV Olimpiadas Internacional de Química", en *Educación Química*, 5[1], 56-58, 1994.
- Castro, A.M., Pérez de G., G., "La XXVII Olimpiada Internacional de Química", en *Educación Química*, 6[4], 222-224, 1995.
- Martínez, M., "Olimpiadas Internacionales de Química", en *Noticias Panamericanas en Educación Química*, 1[3], 7-9, 1989.

Méndez de H., L., "Chemistry Olympiads in Venezuela", en *Chem 13 News*, n. 236, 1, enero 1995.

Meruane, T.; Bartet, D.; Von Marttens, H.; Von Schakmann, L.; Balocchi, E.; Martínez, M.; Loeb, B., "Olimpiada Chilena de Química: desarrollo y evaluación de la prueba experimental correspondiente a la II Olimpiada", en *Actas del IV Encuentro de Educación Química*, 114-116, Santiago de Chile, 1994.

Vargas, J.; Mena, G.; Bartet, D.; Meruane, T.; Balocchi, E.; Martínez, M.; Loeb, B.; Von Marttens, H.; Von Schakmann; L. Méndez, L.; Gebauer, C.; Condell, J., "Olimpiadas Chilenas de Química: propósitos y organización", en *Actas del IV Encuentro de Educación Química*, 112-113, Santiago de Chile, 1994.

In memoriam

Los autores desean dedicar este trabajo a la memoria del profesor Claudio Gebauer C., quien falleciera en 1995, por haber sido un permanente impulsor de la Educación Química en el país y organizador de la Primera Olimpiada Chilena de Química que se llevó a cabo en la Universidad de la Serena en el año 1992. ■

Anexo1. El material impreso

ESTRUCTURA:

- Portada y ficha para la identificación del alumno.
- Instrucciones generales

Ud. cuenta con tres horas para desarrollar esta prueba de laboratorio. En este lapso deberá: planificar sus actividades experimentales, ejecutar la planificación, registrar sus observaciones y redactar su informe de laboratorio.

– Normas de Seguridad en el Laboratorio

Como es habitual en el trabajo de laboratorio no olvide usar delantal, gafas de seguridad, zapatos cerrados, guantes (cuando sea necesario), el cabello tomado. Otras advertencias: Manipule los compuestos y elementos químicos con cuidado y seguridad. Extraiga líquidos usando una propipeta o una probeta (no succione usando la boca). Utilice la campana de gases cuando sea aconsejable. No tome los reactivos sólidos directamente con las manos. Use una espátula. No

identifique los reactivos probando su sabor. No huela los reactivos volátiles colocando directamente la nariz en la boca del frasco.

Encendido del mechero Bunsen y calentamiento: Siga los siguientes pasos en el mismo orden:

1. Cierre el paso del aire en la base del mechero (ajuste el collarín).
2. Encienda un fósforo y ubíquelo al costado del extremo superior del tubo.
3. Abra la llave de paso del gas
4. Regule la llama de acuerdo con las necesidades de la experiencia.

Cuando desee calentar una solución ubicada en un tubo de ensayos, primero ubique una rejilla sobre un trípode e instale el mechero bajo ella. Tome el tubo con una pinza de madera. Exponga el tubo y su contenido al calor sobre la rejilla. Nunca caliente sobre la llama directa. No olvide orientar el extremo abierto del tubo de ensayos hacia un lugar donde no haya compañeros.

– **Instrucciones**

Durante el trabajo experimental Ud. estará acompañado por un profesor, el cual le proporcionará los elementos que Ud. solicite y a quien deberá acudir en caso de dudas. Antes de desarrollar su trabajo experimental debe planificar su tarea. Para ello: escriba los pasos que piensa dar y el orden en que piensa desarrollarlos. Incluya la lista de los reactivos, materiales e instrumentos necesarios.

Muestre su planificación a su profesor. Éste sólo revisará el aspecto de la seguridad. Examinada la planificación autorizará su desarrollo y le entregará los materiales de laboratorio y los reactivos solicitados. Desarrolle su planificación. Registre sus observaciones.

Terminado su trabajo experimental desarrolle un

informe en el cual deberá incluir aspectos tales como: 1) Objetivos; 2) Desarrollo experimental: Señalar lo que hizo indicando los materiales, instrumentos utilizados. Incluya dibujos o esquemas si lo estima necesario. 3) Resultados; 4) Discusión de los resultados. Opcionalmente puede incluir comentarios o consideraciones que estime importantes dar a conocer en relación con los resultados obtenidos y a la experiencia en general.

Ud. trabajará individualmente. La consulta entre compañeros no está permitida.

– **Prueba experimental**

Descripción de la tarea

Listado de materiales (opcional)

Anexo 2. Lista de cotejo del desempeño del alumno

ESTRUCTURA

– **Instrucciones para el profesor asistente**

Junto con agradecer su participación en esta crucial etapa de la Olimpiada, el Comité Académico Nacional de esta jornada le solicita utilizar esta Pauta de Desempeño del Alumno en la cual quedarán registrados, en forma general, aquellos aspectos relacionados con el estilo de trabajo del alumno.

Esta fuente de información, sumada al informe de laboratorio del alumno, permitirá a esta Comisión calificar con más propiedad el desempeño estudiantil.

– **Aspectos a medir:**

1. *Grado de autonomía*

Dice relación con la independencia con que el alumno realiza su tarea. Se entenderá como ayuda a las indicaciones hechas por el profesor, *a solicitud del alumno*, relacionadas con aspectos sustantivos de la situación problemática.

Obviamente, el profesor podrá intervenir sin el requerimiento explícito del alumno cuando la acción que desarrolla el alumno atenta contra su seguridad personal o la de sus compañeros o puede ocasionar daños a los materiales que se está usando.

Se consideran los siguientes grados:

Autónomo: Si la ayuda suministrada por el profesor fue secundaria.

Parcialmente independiente: Si requirió cierta ayuda, en algún punto de su trabajo, luego de la cual se aprecia un trabajo independiente.

Dependiente: Si requirió constante ayuda, sin la cual el alumno poco habría hecho.

Muy dependiente: Si la ayuda fue permanente. Esta situación se produce en aquellos casos en que el alumno reconoce que no está en condiciones de abordar el problema.

2. *Orden*

Dice relación con el grado de planificación con que el alumno realiza su trabajo, es decir que los pasos importantes están respaldados por una planificación. En el extremo más negativo se encuentran aquellos alumnos cuyo accionar es errático, sin planificación.

Se califica esta característica en cuatro grados:

Muy ordenado; ordenado; regularmente ordenado; desordenado.

3. *Pulcritud*

Dice relación con la disposición de los elementos en el mesón de trabajo y con la limpieza con que trabaja.

Se califica esta característica en cuatro grados:

Muy pulcro; pulcro; medianamente pulcro; poco pulcro.

4. *Habilidad manual*

Dice relación con la habilidad con que manipula y monta el material de laboratorio.

Se califica esta característica en cuatro grados:

Muy hábil; hábil; medianamente hábil; poco hábil.