



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**PROPUESTA DE ELABORACIÓN DE EXÁMENES DE
OPCIÓN MÚLTIPLE PARA EVALUACIÓN DE
COMPRENSIÓN DE LECTURA EN EL IDIOMA INGLÉS
PARA ALUMNOS DE LA FACULTAD DE QUÍMICA**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA**

**PRESENTA
MARGARITA ORTEGA ROMERO**



MÉXICO, D.F.

2013



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.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: **Profesor: SILVIA BELLO GARCÉS**

VOCAL: **Profesor: ELIZABETH NIETO CALLEJA**

SECRETARIO: **Profesor: ALFONSO MIERES HERMOSILLO**

1er. SUPLENTE: **Profesor: PLINIO JESÚS SOSA FERNÁNDEZ**

2° SUPLENTE: **Profesor: JOSÉ MANUEL MÉNDEZ STIVALET**

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

**FACULTAD DE QUÍMICA Y EL CENTRO DE ENSEÑANZA DE LENGUAS EXTRANJERAS DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

ASESOR DEL TEMA:

Q. Silvia Bello Garcés

SUSTENTANTE:

Margarita Ortega Romero

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, en especial a mi Madre. A mis hermanos y a mi abuelo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México en especial a la Facultad de Química y a la Coordinación de Evaluación y Certificación del Centro de Enseñanza de Lenguas Extranjeras por su valiosa ayuda en mi formación académica, profesional y seguir avanzando en mis estudios.

A la Química Silvia Bello Garcés de la Facultad de Química, UNAM por su continuo apoyo y valiosa dirección para la realización de mi tesis.

De la Coordinación de Evaluación y Certificación del Centro de Enseñanza de Lenguas Extranjeras,
UNAM:

A la Coordinadora, Lic. Barbara Byer Clark por todo su apoyo.

A la profesora Guillermina Feher de la Torre por colaborar en mi formación.

Y en especial, por su valiosísima ayuda a la Lic. Martha Mora Barreto.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
OBJETIVO.....	4
HIPÓTESIS DE TRABAJO	5
MARCO TEÓRICO	6
METODOLOGÍA	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	83
CONCLUSIONES	92
REFERENCIAS	94
ANEXOS	97
TO BE A MOLECULE, OR NOT TO BE?	97
BIOTIC INTERACTIONS MODIFY THE TRANSFER OF CESIUM-137 IN A SOIL-EARTHWORM-PLANT-SNAIL FOOD WEB.....	106
SPIN, SCIENCE AND CLIMATE CHANGE	114

INTRODUCCIÓN

La evaluación es uno de los grandes retos que enfrentan el docente, el investigador educativo y el aprendiz. A la vez, es eje rector del proceso enseñanza aprendizaje. De allí la relevancia de desarrollar instrumentos idóneos para su ejecución. En el aprendizaje del idioma inglés la comprensión de lectura es una de las habilidades básicas para la comunicación y conocimiento del mismo. Debido al actual impulso del desarrollo de la ciencia y al avance tecnológico de la información, se demanda cada vez más el dominio de esta lengua.

El inglés es el idioma reconocido internacionalmente para la comunicación entre los países, presenta una acelerada expansión internacional y tiene un valor como recurso económico. El inglés es la lengua en que se comunican los resultados en documentos impresos y conferencias científicas.

Es por lo tanto cada vez más demandante enfatizar en la formación de profesionales e investigadores de competencia internacional la capacidad de comunicarse y establecer relaciones con instituciones del extranjero.

Dentro de este contexto globalizado, la Facultad de Química tiene como requisito alcanzar cierto dominio del idioma y acreditar un examen de comprensión de lectura en inglés para poder certificar¹ su aprobación a nivel licenciatura. Es uno de los requerimientos para la titulación de las cinco carreras que se imparten en la Facultad de Química.

Por ser profesora de inglés y trabajar en la Coordinación de Evaluación y Certificación del Centro de Enseñanza de Lenguas Extranjeras me

¹ Examen obligatorio para todos los alumnos después de haber terminado los cursos de cada carrera.

percaté de la necesidad que existe en la elaboración y continua actualización de exámenes de comprensión de lectura del idioma inglés.

Con la inquietud personal como egresada de la Facultad de Química propongo la metodología elaborada por Gronlund, D. E. (1988). *Assessment of student achievement*. 6th Edition. Boston, MA/USA: Allyn and Bacon con adaptaciones y modificaciones de Mora, M. (2011) Taller: Introducción al Diseño de Exámenes de Opción Múltiple para Evaluar Comprensión de Lectura en Inglés, 24-28 01 11 y que se utiliza en la Coordinación de Evaluación y Certificación del Centro de Enseñanza de Lenguas Extranjeras de la UNAM para la **elaboración** de exámenes de comprensión de lectura del idioma inglés en la Facultad de Química. Usando esta metodología seleccioné textos de química para la construcción y aplicación de exámenes con alumnos de dicha facultad. Considerando que ésta aportación sea una herramienta más para mejorar los instrumentos de evaluación de este idioma en beneficio de los alumnos y elevando la calidad educativa de la institución.

Elaboré cuatro versiones diferentes de exámenes para el área de Química siguiendo la metodología propuesta descrita en detalle posteriormente. Se sometieron a revisión por diferentes moderadores que son especializados en el tema y la lengua. Posteriormente uno de los exámenes se seleccionó y fue piloteado en un grupo de Química Inorgánica 1 en 2013-1. Los resultados fueron sometidos a un programa estadístico para ser evaluados. Se analizaron los resultados a detalle para verificar la metodología propuesta y obtener la validez del examen.

Se seleccionaron temas de Química y se elaboraron los siguientes exámenes: Metals: what makes them react?, To be a molecule or not to be; Biotic interactions modify the transfer of cesium; Spin, science and

climate change. De los cuales se eligió Metals: what makes them react? para su aplicación y evaluación, en un grupo de alumnos de tercer semestre.

Se definieron conceptos clave como validez, reactivo de examen y confiabilidad. Así como el constructo psicológico como propósito de los reactivos de examen y el constructo de la comprensión de lectura en general para determinar el contenido de reactivos.

Se plantearon los reactivos de examen en tres niveles: el de conocimiento, el de comprensión y el de aplicación.

Se explicaron los formatos de reactivos de examen, las partes de un reactivo de examen y los criterios para su selección. Se eligió el de opción múltiple. Se plantearon los componentes para el examen de comprensión de lectura. Se establecieron las fortalezas y limitaciones de los reactivos del mismo.

Siguiendo la metodología seleccionada se elaboraron los reactivos, la tabla de especificaciones y se determinó el número de reactivos. Se revisaron los reactivos del examen y se documentaron los pasos de elaboración de los mismos.

Después de la aplicación del examen se analizó la efectividad de los reactivos de examen con análisis estadístico. Este análisis permite tomar en cuenta el índice de dificultad, el índice de discriminación y qué tan pertinente es cada opción.

Se concluye que el contenido de reactivos es válido porque se trabajó desde el constructo operativo. Relacionando los resultados obtenidos con el propósito del examen se puede deducir que en general el examen sí discrimina entre los alumnos que tienen las (sub)habilidades de

comprensión de los que no las tienen. Se puede concluir que la propuesta implica conocimiento del tema, práctica continua, habilidades técnicas que requieren de niveles sofisticados de pensamiento y creatividad.

Planteamiento del problema

Este trabajo está dirigido a maestros para facilitar la elaboración de exámenes de comprensión de lectura en el área correspondiente.

En las diferentes áreas de la Química existe la necesidad de elaboración de exámenes de comprensión de lectura en el idioma Inglés, debido a la variedad y cantidad de publicaciones de textos científicos e información tecnológica que continuamente se publican en esta lengua.

La comprensión de lectura es una herramienta que capacita y habilita a alumnos en la comprensión tanto del idioma inglés como de su propio idioma.

Es necesaria la práctica continua de la comprensión de lectura, ya que muchos alumnos tienen dificultades en ésta y son numerosos los que carecen de conocimientos básicos de inglés. También es necesario hacerla aterrizar a conceptos básicos que tengan sentido. Esto resultaría en afianzar y ampliar el conocimiento de los alumnos.

Objetivo

Proponer una metodología para la elaboración de exámenes de opción múltiple para evaluar la comprensión de lectura en el idioma Inglés, para alumnos de la Facultad de Química, con el fin de certificar al finalizar la carrera el nivel del idioma necesario en el área.

Hipótesis de Trabajo

Se supone que al seguir la metodología propuesta en la elaboración del examen se evalúa la comprensión de lectura en tema y lengua. Se espera que los reactivos del examen sean los adecuados en discriminación y dificultad con el indicador de un programa estadístico.

MARCO TEÓRICO

CONCEPTOS CLAVE EN LA ELABORACIÓN DE UN EXAMEN

Validez

La definición de validez dada por los estándares de AERA/APA/NCME (1985) en Osterlind, S. J. (1989). *Constructing test items*. Boston, MA/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publishers es:

La validez es la consideración más importante en el desarrollo de un examen. El concepto se refiere a lo apropiado, a lo significativo y a lo útil de las inferencias hechas de los resultados de un examen. La validación de un examen es un proceso de acumular evidencia para apoyar tales inferencias. Se puede hacer una variedad de inferencias de los resultados de un examen y hay muchas maneras de acumular evidencia para apoyar cualquier inferencia en particular. Sin embargo, la validez es un concepto unitario. Aunque la evidencia se pueda acumular de muchas maneras, la validez siempre se refiere al grado en que esa evidencia apoya las inferencias que se hacen de los resultados. Las inferencias de usos específicos de un examen son las validadas, no el examen en sí.

Es un concepto de suma importancia para la elaboración de reactivos de examen. La validez abarca el contenido, el criterio y el constructo.

Un concepto moderno de validez, adaptado de Brown, J. D. (2000) es el siguiente:

-Contenido: el grado en que el examen es una muestra representativa de cualquier contenido o especificación que se desee evaluar. Ej. Examen final o de especificación.

-Criterio: valor empírico predictivo o de correlación con base en lo que el evaluado debería ser capaz de hacer en la "vida real" o en comparación con los resultados que obtuvo con otro examen considerado 'válido'.

-Constructo: el grado en que el examen mide lo que se quiere evaluar según una definición teórica, abstracta de un proceso psicológico.

Validez, unificada y ampliada según Messick, (1988,1989):

Además de tener validez de contenido, constructo y criterio (o empírica) un examen debe considerar la validez de su uso (la utilidad y las consecuencias sociales de las calificaciones o de su interpretación).

La validez se refiere a las interpretaciones de los resultados del examen y no a como se elaboró el examen. Las preguntas son válidas hasta que uno sepa el contexto o constructo.

Reactivo de examen

Un reactivo de examen según Osterlind, S. J. (*op.cit.*, 1989) es en una evaluación de atributos mentales, una unidad de medición con un estímulo y una forma prescriptiva de contestar; y está intencionado en dar una respuesta del evaluado, en donde se infiere un constructo psicológico de su ejecución. Esta definición se limita para reactivos de examen de conocimientos, aptitudes o habilidades. Y los resultados son de alguna manera cuantificables. Y pueden ser comparados con un criterio o estándar predeterminado. Prescriptiva se refiere a que el reactivo del examen guía a una forma particular en cómo se debe contestar. Los reactivos del examen son una forma de inferir la

existencia de constructos psicológicos y el grado relativo en que se manifiesta por el que se está evaluando.

Confiabilidad

Según Heaton, J. B. (1979): *Writing English Language Tests*. Singapore: Longman. la confiabilidad normalmente se relaciona con:

1. La cantidad de reactivos que contiene el examen: entre menos reactivos, hay menos confiabilidad; y demasiados reactivos, puede ser más válido pero puede haber posible impacto negativo sobre el desempeño del evaluado.
2. Las condiciones de aplicación: que el ambiente, horario, duración, instrucciones, uso de diccionario sea de igual manera para todos los evaluados.
3. La forma de calificar: que se haga con la misma escala o criterio para todos los evaluados.

EL PROPÓSITO DE LOS REACTIVOS DE EXAMEN

Constructo Psicológico

Cronbach, 1971; Cronbach & Meehl, 1955; Messick, 1975 definen un constructo psicológico cuando se ejecuta consistentemente un patrón de comportamiento repetidamente y en diferentes contextos por muchos individuos. Osterlind, S. J. (*op.cit.*, 1989) menciona que los constructos psicológicos son hipótesis o imaginación teórica de los procesos que pueden estar ocurriendo en la mente. Ejemplos de constructos psicológicos pueden ser habilidades verbales o cuantitativas, habilidad de razonamiento, desarrollo de vocabulario, etc.

Con los reactivos del examen los evaluados pueden mostrar comportamientos en donde se puede inferir el grado de existencia de un constructo psicológico en ellos. Los reactivos del examen son el eje central de medición de atributos mentales.

DETERMINAR EL CONTENIDO DE REACTIVOS

Para que el contenido de reactivos sea válida se debe considerar varios factores según Osterlind, S. J. (*op.cit.*, 1989). Primero, el elaborador de reactivos debe tener claro el propósito del examen y debe de trabajar desde el contenido o constructo psicológico. Segundo, se necesita tener las especificaciones del examen y las especificaciones de los reactivos. Y, por último, se debe tener en mente métodos sistemáticos para la revisión de la congruencia entre los reactivos y las (sub)habilidades o procesos cognitivos que se intentan evaluar.

Constructo de la Comprensión de Lectura en general

Según Mora, Martha (*op.cit.*, 2011) La comprensión de lectura es una habilidad que esencialmente consiste en

- Reconocer el tema y entender (identificar, inferir, aplicar, analizar, sintetizar y evaluar) las ideas principales de un texto así como las ideas de apoyo (ejemplos, reformulaciones).
- Establecer relaciones de sentido entre las ideas (causa-efecto, secuencias, etc.)

La comprensión de lectura también implica

- Distinguir hechos de opiniones
- Reconocer el tono del texto y las intenciones del autor para evaluar críticamente la información contenida en el texto, así como
- Identificar el género y otras características del texto (organización, fecha de publicación, público potencial, etc.).

Por lo tanto, es esencial para el lector

- Leer con fluidez y tomar en cuenta el propósito de la lectura y la tarea a realizar y
- Decidir el tipo de lectura que necesita (general, en detalle, crítica, ...) y
- Las estrategias que le conviene usar (ignorar palabras desconocidas, utilizar el diccionario, releer, activar conocimientos previos del mundo y de la lengua, etc.).

Según Spolsky, B. (1994): "Comprehension testing, or can understanding be measured?", en Brown, G. et al. (1994): Language and Understanding, UK: OUP un examen de comprensión de lectura en realidad consta de por lo menos 2 textos:

El texto 1: la lectura.

El texto 2: los reactivos

REACTIVOS DE EXAMEN

Reactivo de Conocimiento

Según Gronlund, N. E. (*op.cit.*, 1988) los reactivos de conocimiento miden el grado sencillo en que se recuerda el material previamente aprendido (términos, hechos, etc.).

Reactivo de Comprensión

Los reactivos de comprensión según Gronlund, N. E. (*op.cit.*, 1988) normalmente miden en el nivel más bajo de entendimiento. La extensión en que se ha entendido el material. Determinan si se ha entendido el significado del material sin tener que aplicarlo. Es importante que los reactivos contengan algo de novedad.

Reactivo de Aplicación

Los reactivos de aplicación según Gronlund, N. E. (*op.cit.*, 1988) miden entendimiento pero a un nivel más alto que los de comprensión. Determinan el grado en que se pueda transferir el aprendizaje (conocimiento: hechos, conceptos, principios, reglas, métodos y teorías) para ser usado en resolver problemas. Miden si los evaluados pueden usar la información en situaciones concretas. Tanto los reactivos de aplicación como los de comprensión son adaptables en cualquier área y proveen lo básico para medir entendimiento.

FORMATOS DE REACTIVOS DE EXAMEN

Al reactivo de examen según Osterlind, S. J. (*op.cit.*, 1989) no se le puede llamar pregunta porque tiene diferentes formatos y no es únicamente interrogativo, como el completar, respuesta corta, correlacionar, etc.

Los formatos de reactivo son: su diseño y la distribución de elementos. Ejemplos de formatos de reactivo son opción múltiple, falso-verdadero, correlacionar, completar una oración, respuesta corta, cloze, preguntas abiertas, ejemplos de escritos, ejercicios de escritos y composiciones. Hay dos tipos de formatos de reactivo del examen: respuesta de selección o respuesta de construcción o de suministrar. En los de respuesta de selección se le da al evaluado la respuesta correcta como respuestas opciones que son incorrectas, como en reactivo del examen de opción múltiple y falso-verdadero. El evaluado escoge una respuesta de las dadas. En los de respuesta de construcción o de suministrar el evaluado tiene que suplir la respuesta correcta con una palabra o una oración, como en reactivo del examen de respuesta corta y respuesta abierta como en composiciones.

PARTES DE UN REACTIVO DE EXAMEN

Osterlind, S. J. (*op.cit.*, 1989) describe al encabezado de un reactivo como el estímulo que plantea de la situación problema para una respuesta. Si el reactivo del examen tiene un gráfico/imagen (caricatura, mapa, tabla, cuadro, fórmula, símbolo, forma geométrica, expresión algebraica, o texto) como en el formato de opción múltiple, se le llama texto o gráfico/imagen y es parte del encabezado de un reactivo. Las opciones incluye la respuesta correcta como las incorrectas. Una respuesta correcta es cuando se elige, se identifica o provee una

respuesta positiva al estímulo. Las opciones que no es la correcta son los distractores.

El orden de las partes de reactivo del examen es: las instrucciones, gráfico y/o texto, encabezado o pregunta y las opciones.

CRITERIOS PARA BUENOS REACTIVOS DE EXAMEN

Para elaborar buenos reactivos de examen Osterlind, S. J. (*op.cit.*, 1989) menciona que demanda de (sub)habilidades técnicas, los cuales requieren de niveles sofisticados de pensamiento. Se necesita cierta creatividad en la elaboración de reactivos del examen. Los objetivos del examen son necesarios para que el elaborador de los reactivos del examen siga los lineamientos requeridos. Hay ciertos criterios para buenos reactivos de examen que han sido aceptados, los cuales son estándares que se deben seguir en la elaboración de buenos reactivos de examen.

El primer criterio y el más importante es que debe de haber un alto grado de congruencia entre un reactivo particular y el objetivo específico de todo el examen (constructo psicológico) y estar relacionado a interpretaciones válidas de los resultados del examen.

El segundo criterio es que el objetivo específico debe estar claramente definido.

El tercer criterio es que la contribución a la medición del error de cada reactivo en los resultados de un examen debe de ser mínimo. Se debe de considerar el grado en que los reactivos del examen puedan contribuir a errores de medición.

El cuarto criterio es que el formato debe de ser apropiado a los propósitos del examen.

El quinto criterio es que cada reactivo debe cumplir suposiciones técnicas.

El sexto criterio es que los reactivos del examen deben estar bien escritos, siguiendo un estilo uniforme y estándares editoriales (gramática, dicción, uso, ortografía, puntuación y sintaxis).

El séptimo y último criterio es que satisfagan cuestiones legales y éticas.

ELABORACIÓN DE REACTIVOS

Según Gronlund, N. E. (*op.cit.*, 1988) la elaboración de reactivos de examen debe de ser guiado por un conjunto cuidadosamente preparado de especificaciones del examen. La función de las especificaciones es describir lo que se quiere medir y dar los lineamientos para obtener una muestra representativa de lo que se quiere medir.

Según Haladyna, T. M. (1997). *Writing test items to evaluate higher order thinking*. Boston, MA: Allyn and Bacon los buenos exámenes consisten en buenos reactivos. Pero lo principal en elaborar reactivos de examen es saber qué es lo que se quiere evaluar.

Para entender la base de elaborar reactivos de exámenes es necesario conocer lo que está implícito en un reactivo de examen: la (sub) habilidad, la cual debe estar especificada en una tabla de especificaciones.

TABLA DE ESPECIFICACIONES

Según Gronlund, N. E. (*op.cit.*, 1988) la tabla de especificaciones relaciona los resultados esperados al contenido. El propósito de la tabla es garantizar que el examen mida una muestra representativa de las (sub)habilidades. La tabla indica el tipo de examen que se necesita para medir de una manera balanceada las (sub)habilidades. Especifica el número y el tipo de reactivo en el examen, por lo que es una guía para la elaboración de reactivos.

Elaboración De Una Tabla De Especificaciones

Según Gronlund, N. E. (*op.cit.*, 1988) la elaboración de una tabla de especificaciones para la preparación de un examen formal dependerá de lo que se quiere medir, debe de indicar lo que se va a medir y como. Para su elaboración se requiere de:

- 1) Seleccionar lo que se va a examinar. Dependerá de la naturaleza específica del campo, los objetivos del área, la filosofía de la escuela, las necesidades especiales de los evaluados y otros factores. Identificando las (sub)habilidades que se quieran medir.
- 2) Delinear y dar la prioridad de acuerdo a la importancia de las (sub)habilidades especifica cómo se espera que los evaluados reaccionen.
- 3) Elaborar la tabla.

Para la elaboración de la tabla de especificaciones se consideraron los siguientes puntos, según Mora, (*op. cit*, 2011.):

Elaboración de una Tabla de Especificaciones

1. La población.
2. El propósito del examen.
3. Información del texto: la fuente, su extensión y grado de dificultad del texto.
4. El elaborador responsable del examen.
5. El número aproximado de reactivos.
6. Lo que se quiere medir con los reactivos: (sub)habilidades/estrategias
7. El tiempo: del tiempo de que el elaborador tardaría en resolver el examen, tres veces más tiempo al alumno para contestar el examen. Para que el peor alumno pueda resolverlo. También se puede estimar un tiempo aproximado. En la Coordinación de Evaluación y Certificación (CEC) del Centro de Enseñanza de Lenguas Extranjeras (CELE) es 1:30h (90 min) para resolver un examen de 2 secciones (variable dependiente) de 45 minutos cada una.
8. Formato a usar.
9. Condiciones de aplicación (No se pondría aquí).
10. Manera en que se va a calificar.
11. Peso de cada reactivo.
12. Número de distractores.
13. Ponderación: 1-0. 1 respuesta correcta, 0 respuesta incorrecta o no contestada.

Determinar el Número de Reactivos

Según Gronlund, N. E. (*op.cit.*, 1988) el número de reactivos en el examen deberá estar estipulado en la tabla de especificaciones. Para estimar el número de reactivos en el tiempo estipulado depende del tipo de reactivo del examen, la complejidad de las (sub)habilidades que se midan y la edad de los evaluados. Para el tiempo total del examen se necesita considerar el número de reactivos.

OPCIÓN MÚLTIPLE

Osterlind, S. J. (*op.cit.*, 1989) y Gronlund, N. E. (*op.cit.*, 1988) mencionan que la opción múltiple es el formato que más se usa, el más útil y el más considerado.

Según Gronlund, N. E. (*op.cit.*, 1988) pueden ser diseñados para medir una variedad de (sub)habilidades, de sencillo a complejo y pueden ser los reactivos de más alta calidad.

Al plantear un problema en el encabezado del reactivo, si se escribe en forma de pregunta es más fácil de escribir y fuerza a plantear un problema claro, pero tiende a ser más largo que un enunciado incompleto. Un elaborador de reactivos principiante debe de comenzar planteando una pregunta y después a escribir enunciados incompletos, siempre y cuando se pueda obtener algo más conciso.

Un tipo de opción múltiple es el de la forma de *mejor respuesta*. Aquí todos los distractores son parcialmente correctos, pero uno es claramente mejor que los otros.

Dependiendo del tipo de (sub)habilidad que se quiera medir se utiliza la forma de *respuesta correcta* o la forma de *la mejor respuesta*.

Los reactivos de un examen pueden tener diferente número de opciones. Los reactivos de opción múltiple normalmente son de tres, cuatro o cinco opciones. Entre más opciones, menor la oportunidad de obtener la respuesta correcta por adivinanza. Sin embargo, Haladyna, T. M. (*op.cit.*, 1997) menciona que la investigación indica que se debe de usar dos o tres opciones, porque raramente se puede encontrar o escribir una buena cuarta o quinta opción. El adivinar afecta poco en un examen de diez o más reactivos.

La opción múltiple, según Gronlund, N. E. (*op.cit.*, 1988) se puede usar para medir resultados de conocimiento y varios tipos de (sub)habilidades desde sencillos a complejos.

Los componentes de un examen de Comprensión de Lectura en formato Opción Múltiple son:

- La tabla de especificaciones
- Las instrucciones
- El texto
- Los reactivos: encabezados o preguntas y sus opciones.
- La clave de respuestas

Fortalezas de los reactivos de Opción Múltiple, según Gronlund, N. E. (*op.cit.*, 1988) son:

1. Se pueden medir las (sub)habilidades.
2. Proporcionan tareas altamente estructuradas y claras.
3. Se puede medir una amplia muestra de evaluación.
4. Las opciones incorrectas proporcionan información diagnóstica.

5. Los resultados son menos influenciados por adivinanza que otros reactivos (como falso-verdadero).
6. Calificar es fácil, objetivo y confiable.
7. Eliminan la influencia de la habilidad de escritura.

Limitaciones de los reactivos de Opción Múltiple, según Gronlund, N. E. (*op.cit.*, 1988) son:

1. El elaborar buenos reactivos toma tiempo.
2. Es difícil idear distractores convencibles.
3. Este tipo de reactivo es ineficiente para medir algunos tipos de resolución de problemas y la habilidad para organizar y expresar ideas.
4. La respuesta puede estar influenciada por la habilidad de lectura.

REVISIÓN DE LOS REACTIVOS DEL EXAMEN

Según Haladyna, T. M. (*op.cit.*, 1997) una vez escritos los reactivos de examen éstos se deben pulir y mejorar teniendo en mente que se van a estar utilizando una y otra vez. Lo puede hacer una persona, pero idealmente es mejor un conjunto de éstas con habilidades complementarias. Reactivos mal redactados pueden confundir a los evaluados y no permitir que demuestren lo que realmente saben y pueden causar frustración y enojo. Otra consecuencia de reactivos mal redactados es que puede haber efectos negativos en los evaluados como en los aplicadores. También, puede haber una mala impresión del programa de evaluación y una disminución de respeto a los aplicadores.

Los resultados de una evaluación informan la utilidad del reactivo: si es bueno o no o si se necesita revisar.

La evaluación también tiene aspectos estadísticos que son cruciales para cualquier reactivo.

DOCUMENTAR LOS PASOS DE ELABORACIÓN DE REACTIVOS

Osterlind, S. J. (*op.cit.*, 1989) estipula que es necesario documentar los pasos que se llevaron a cabo para producir los reactivos del examen para poder reproducirlos y para poder determinar si una interpretación de los resultados de un examen es válida o no.

ANÁLISIS DE LA EFECTIVIDAD DE LOS REACTIVOS DE EXAMEN

Análisis Estadísticos de las Respuestas de Reactivos

Según Haladyna, T. M. (*op.cit.*, 1997) debido a que cada reactivo es como un examen en miniatura, se espera que correlacione con la calificación final del examen que resulta sumando los resultados de todos los reactivos. Un evaluado de alto nivel deberá acertar la mayoría de los reactivos y un evaluado de bajo nivel lo contrario. Si ocurre lo contrario se debe de investigar y corregir. En el análisis de reactivos el foco de atención radica en aquellos reactivos que sean muy difíciles para los evaluados de alto nivel y en los reactivos que sean muy fáciles para los evaluados de bajo nivel. Los evaluados deberán de ser expuestos a reactivos que reflejen lo importante que deben saber. Sin embargo, los reactivos de examen pueden 1) ser muy difíciles, 2) ser muy fáciles, 3) que no discriminen entre evaluados o 4) que la clave no corresponda, lo cual puede reflejar una mala enseñanza, aprendizaje inadecuado o mala evaluación.

El análisis de reactivos generalmente se hace con un programa de computación, después de que se escanearon o capturaron las respuestas de los reactivos. El análisis de reactivos da información

acerca de los reactivos y del examen. Un programa típico es el ITEMAN, producido por *Assessment Systems Corporation* (1993) en Haladyna, T. M. (op.cit., 1997), el cual es fácil de usar, rápido y versátil. Es importante saber interpretar el análisis de estos programas.

Las características de los reactivos y cómo interactúan arrojan información de las (sub)habilidades de los evaluados y que tan bien funcionan los reactivos.

Índice de Dificultad

Según Haladyna, T. M. (op.cit., 1997) el índice de dificultad indica que tan difícil es un reactivo. La proporción que seleccionó la respuesta correcta es el índice de dificultad en porcentaje. Generalmente, el índice de dificultad depende de los evaluados que contestan el reactivo. Si el reactivo es apropiado para los evaluados, se esperaría que el índice de dificultad fuera 1.0, indicando que todos los evaluados lo contestaron correctamente. El rango del índice de dificultad deberá ser $\geq 0.3 \leq 0.75$. Cuanto más alto es el número, indica que es más fácil el reactivo.

Generalmente los valores límites para la dificultad de un reactivo se basan en el número de opciones en un reactivo de opción múltiple:

Número de Opciones:	5	4	3	2
Valores inferiores:	0.20	0.25	0.33	0.50

Se cree que entre más opciones para cada reactivo, es mejor porque entre más opciones se minimiza el adivinar. Sin embargo, la

investigación indica que se debe de usar dos o tres opciones, porque raramente se puede encontrar o escribir una buena cuarta o quinta opción. El adivinar afecta poco en un examen de diez o más reactivos.

El índice de dificultad se obtiene para cada reactivo de la siguiente manera:

a-Sumar el número de alumnos que lo contestaron correctamente.

b-Dividir este resultado entre el número total de alumnos.

Índice de Discriminación

Según Haladyna, T. M. (op.cit., 1997) el programa identifica el 33% más alto y calcula cuantos contestaron esa opción (grupo superior o altos), hace lo mismo para el grupo inferior o bajos. La diferencia entre estos números es el índice de discriminación.

El índice de discriminación indica que tan bien cada reactivo discrimina entre los niveles de los evaluados. Éste debe ser mayor al 0.30. Cuanto más se acerque a 1 mejor discrimina. Un índice bajo o negativo indica que hay problemas con el reactivo y se debe revisar: modificar o eliminar.

Se debe de considerar el índice de discriminación con cautela, ya que si todos tienen buenos resultados debido al aprendizaje o la facilidad del reactivo, entonces el reactivo no discriminará.

El índice de discriminación se obtiene de la siguiente forma:

a-Poner los exámenes en orden decreciente de calificaciones. Si son menos numerosos, dividir a la mitad: superior, inferior. Si son numerosos, dividirlo en tres grupos: superior, medio, inferior, y quitar los de en medio.

Para cada reactivo:

b-Contar el número de candidatos que tuvo el reactivo bien en el grupo superior. Hacer lo mismo con el grupo inferior.

c-Restar el resultado obtenido en el grupo inferior del grupo superior.

d-Dividir el resultado anterior entre el número de alumnos del grupo superior.

Ejemplos de análisis de reactivos considerando el índice de dificultad y el índice de discriminación son:

Reactivo	Índice de Dificultad	Índice de Discriminación	Grupo Superior (GS)	Opción			Comentarios
	$\geq 0.3 \leq 0.75$ $= \frac{\# \text{ Correctos}}{\text{Total alumnos}}$	≥ 0.3 $= \frac{\text{Correcto GS} - \text{Correcto GI}}{\text{GS}}$	Grupo Inferior (GI)	A	B	C	
1	$10+3=13/20$	$10-3=7/10$	G.S.	10			Dificultad regular, pero discrimina.
	$= 0.65$	$= 0.7$	G.I.	3	4	3	
2	$7+4=11/20$	$7-4=3/10$	G.S		7	3	Está bien.
	$= 0.55$	$=0.3$	G.I.	5	4	1	
3	$3+7=10/20$	$3-7=-4/10$	G.S	6	1	3	No sirve. Reformular.
	$=0.5$	$=-0.4$	G.I.	3		7	

METODOLOGÍA

Se seleccionaron temas de Química y se elaboraron los siguientes exámenes: Metals: what makes them react?, To be a molecule or not to be; Biotic interactions modify the transfer of cesium; Spin, science and climate change. De los cuales se eligió Metals: what makes them react? para su aplicación y evaluación, en un grupo de alumnos de tercer semestre de la carrera de Química.

Se sometieron a revisión por diferentes moderadores que son especializados en el tema y la lengua. Posteriormente uno de los exámenes se seleccionó y fue piloteado en un grupo de Química Inorgánica 1 en 2013-1. El texto seleccionado fue el de Laing, M. (2001).

Elaboración de un Examen

Para el proceso de elaboración de los exámenes de opción múltiple de comprensión de lectura se llevaron a cabo los siguientes pasos siguiendo la metodología de Gronlund, N. E. (1988) con adaptaciones y modificaciones de Mora, M. (2011):

1. Identificar y definir el propósito del examen, población y requerimientos.
2. Preparar las especificaciones del examen. Diseño de una tabla de especificaciones o tabla de especificaciones mínima.
3. Seleccionar textos.
4. Analizar el potencial del texto.

5. Hacer la clave de respuestas de manera aleatoria antes de elaborar los reactivos. Para que las respuestas correctas estén distribuidas al azar: a, b, c.
6. Construir los reactivos del examen. Diseño de la primera versión del examen.
7. Revisar y editar los reactivos.
8. Preparar las instrucciones.
9. Editar el examen.
10. Validar: La versión final. Revisión del examen y entrega de observaciones del/los moderador(es)².
11. Analizar y sistematizar las observaciones de los moderadores (lo ideal: lengua y disciplina).
12. Elaborar la segunda versión del examen.
13. Pilotear la segunda versión del examen (con población similar a la población objetivo).
14. Procesar y analizar estadísticamente el examen piloto. ITEMAN.

² Llamamos moderador al experto que revisa el examen.

Al aplicar la metodología anterior se llegó a lo siguiente:

1. IDENTIFICAR Y DEFINIR EL PROPÓSITO DEL EXAMEN, POBLACIÓN Y REQUERIMIENTOS:

Examen de opción múltiple para la evaluación de comprensión de lectura en el idioma inglés para alumnos de la Facultad de Química.

2. PREPARAR LAS ESPECIFICACIONES DEL EXAMEN. DISEÑO DE UNA TABLA DE ESPECIFICACIONES O TABLA DE ESPECIFICACIONES MÍNIMA:

Como alternativa, se elaboró una tabla de especificaciones mínima especificando los siguientes puntos, según Mora, (*op. cit*, 2011.):

Tabla de especificaciones mínima

- 1** Población: disciplina (área de conocimiento y nivel (licenciatura, posgrado) y origen (UNAM).
- 2** Propósito del examen (en nuestro caso, certificación de Comprensión de Lectura).
- 3** Nivel de dificultad que se busca (B2 y parte del constructo operativo que se aplicará) y justificación.
- 4** Duración máxima estimada del examen.
- 5** Formato a usar (en nuestro caso, Opción Múltiple; número de opciones).
- 6** Número de reactivos.

La tabla de especificaciones mínima que se elaboró es la siguiente:

Tabla de Especificaciones Mínima

1	Población	Estudiantes de la UNAM: Lic. Química (primeros semestres: 1-3).
2	Propósito del examen	Preparación para la certificación de comprensión de lectura.
3	Nivel de dificultad	B2 y constructo operativo.
4	Duración máxima estimada del examen	45 min.
5	Técnica o formato a usar	Opción Múltiple: 3 (opción correcta y dos distractores).
6	Número reactivos	10

3. SELECCIONAR TEXTOS:

Para la selección de textos se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones de Mora, (*op. cit*, 2011.):

a) Fuente: textos del área de Química. El texto que se eligió es: Laing, M. (2001). Metals: what makes them react? *Education in Chemistry*, 38(77-79).

b) Se ubique en la dificultad de medio sencillo a difícil.

La dificultad: es el "ideal" **B2 del Marco Común Europeo de Referencia** como posible parámetro para el contexto CELE, tomado del libro Instituto Cervantes para la traducción en español (2002).

<http://cvc.cervantes.es/obref/marco>

http://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca_ele/marco/cvc_mer.pdf,
pág.71,72. Consultada el 17/01/13, menciona que:

- La comprensión de lectura en general es donde se puede leer con alto grado de independencia, adaptando el estilo y la velocidad a diferentes textos y finalidades; tiene un amplio vocabulario activo de lectura, pero puede tener alguna dificultad con modismos poco frecuentes.
- Leer para obtener información y discusión es donde se puede obtener información, ideas y opiniones de recursos altamente especializados dentro de su campo; puede entender artículos especializados fuera de su campo, mientras se pueda utilizar un diccionario; puede entender artículos y reportes relativos a problemas contemporáneos en donde los autores adoptan puntos de vista concretos.

c) Tipo (“continuo de dificultad de textos”).

El continuo de dificultad de los textos que se utilizan para exámenes de Comprensión de Lectura es:

<i>Sencillos</i>		<i>Difíciles</i>
		Difícil es aquello que toma más tiempo comprender el significado semántico de una estructura.
Textos con contenido concreto y/o “real”.	↔	Textos con contenido abstracto o “irreal”.

El texto seleccionado es de contenido difícil y abstracto.

Se seleccionó el siguiente texto:

Metals: what makes them react?

Michael Laing

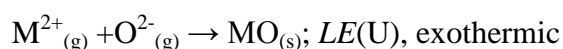
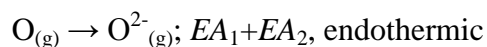
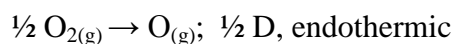
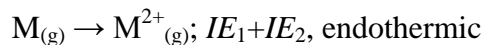
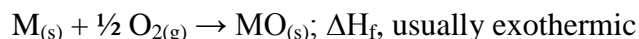
What two simple properties of a metal, well-known to students, together give us a useful qualitative guide to the metal's chemical behavior?

In a typical, undergraduate text the chapter on the Periodic Table and chemical periodicity follows the presentation on atomic structure and electron configuration. Values of atomic and ionic radii, ionization energies, and even electronegativities are given for each metal. These data are important, but one must ask: is there a link between these values measured for atoms in the gas phase and the students' everyday experiences? Are there alternative physical properties of metals with which the students are familiar – *i.e.* data that are simple to understand, straightforward to measure, and can give an indication of the relative reactivities of the metals? The answer is 'yes' – the melting point and density of the metal. This was evident to Lothar Meyer in 1869 when he drew up his graph of atomic volumes, the reciprocals of the densities. He observed that the least dense metals were the most reactive; the most dense were the most inert.

Reactivity of a metal

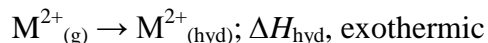
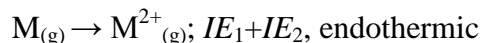
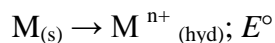
We all have an intuitive idea that the word 'reactivity' of a metal tells us about its behavior towards oxygen and water. We use terms like 'active metals', 'slowly' and 'vigorously'. And 'activity increases with temperature'. The word 'reactivity' is found in text-books at both GCSE and A-level where metals are listed in the 'activity series'. Hill and Holman specifically also give the various heats of reaction to show that there is a relationship between the reactivity and how exothermic the reaction is. Unfortunately, reactivity is a problem word because what we observe is a complex combination of both kinetics – the rate at which the reaction proceeds – and thermodynamics – the stability of the products that are formed. We will examine, by using Born-Haber cycles, the two reactions most commonly used as criteria of 'reactivity'. (For simplicity we will assume that the metal is divalent).

1. Metal plus oxygen → metal oxide



$$\Delta H_f = \Delta H_{\text{sub}} + IE_1 + IE_2 + \frac{1}{2}D + EA_1 + EA_2 + LE$$

2. Standard electrode potential (tendency to displace other metals)



$$E^\circ_{\text{oc}} (\Delta H_{\text{sub}} + IE_1 + IE_2 + \Delta H_{\text{hyd}})/n$$

Whether reactivity of a metal is thought of in terms of the ease of formation of a stable oxide or of the metal as having a large negative electrode potential is not important because both measures involve the same two energy processes that are characteristic of the metal: the enthalpy of sublimation ΔH_{sub} and the ionisation energy IE . These in turn are reflected qualitatively in the melting point and the density of the metal.

Melting point

The enthalpy of sublimation describes the energy required to rip the atoms from the solid and hurl them into the gas phase. If this energy is large and endothermic, then the metal

will be unreactive. Students understand that the metal-metal bonds in the solid must be broken for the vapor to form, and that the first step would be equivalent to melting, and the second to boiling. The stronger the metal-metal bonding, the higher must be the melting point, the lower must be the reactivity. This trend is evident in the melting points for the series of metal from potassium to titanium, see Table 1. ⁶⁻⁸

Table 1 *Melting points of some metals*

Z	Metal	Mp/°C	$\Delta H_{sub}/\text{kJ mol}^{-1}$	E°/volts
19	K	64	90	-2.92
20	Ca	850	155	-2.87
21	Sc	1539	376	-2.08
22	Ti	1668	469	-1.63

Our observations confirm the predicted order of decreasing reactivity: potassium reacts violently with water, while titanium is used for the turbine blades in the turbo jet motors for aeroplanes.

Density

If a metal is to be chemically reactive then its atoms must easily lose at least one electron to become a cation, at the cost of the ionisation energy. The more easily the electron is lost, the more reactive will be the metal. The electron is held to the atom by Coulombic forces of attraction: so the further away the electron is from the nucleus, the weaker will be the attraction. On moving across the Periodic Table, for consecutive atoms of similar atomic number, the larger the atomic radius the lower will be the density. Thus, the lower the density, the lower will be the ionisation energy and so the greater will be the reactivity. The data in Table 2 show this effect for metals in Period 5. The reactivity of the metals in this series decreases steadily with increase in density. Zirconium, the most dense, is used as cladding for the uranium fuel rods in nuclear reactors because of the corrosion resistance of the metal and its inertness to attack by both water and oxygen.

Table 2 *Densities of some metals*

Z	Metal	Density/g cm⁻³	IE1/kJ mol⁻¹	E°/volts
37	Rb	1.53	403	-2.93
38	Sr	2.60	549	-2.89
39	Y	4.47	616	-2.37
40	Zr	6.45	660	-1.53

Anomalies within a Period

The values of density and melting point of the metals generally change smoothly across a Period, but there are a few interesting irregularities.

Manganese and the 3-d metals

Chromium is used for plating because of its inertness, while iron is probably the most widely used metal for construction. Conversely, we never see any artefacts made of manganese metal. This is because manganese is very reactive and it has a low tensile strength. Table 3 gives the melting points of chromium, manganese and iron.

Table 3 *Melting points of some 3-d transition metals*

Z	Metal	Mp/°C
24	Cr	1875
25	Mn	1244
26	Fe	1535

The anomalously low melting point of manganese suggests that it will have anomalous chemical reactivity compared with chromium and iron. This is what we observe. Both Cr(II) and Fe(II) are reducing agents, while Mn(II) is inert. Conversely, Mn(III) is a strong oxidizer, while Cr(III) and Fe(III) are not.

Eropium and the lanthanides

The melting points and densities of the early lanthanide metals are given in Table 4.

Table 4 *Melting points and densities of some lanthanides*

Z	61	62	63	64	65
Metal	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb
Mp/°C	1050	1072	826	1312	1356
Density/g cm⁻³	7.20	7.53	5.25	7.89	8.25

The physical properties of europium are clearly out of line and so one should expect its chemical properties to be anomalous. They are. While the lanthanides are generally characterized by a common oxidation state of +3, europium is unusual in having an easily formed oxidation state of +2 in aqueous solution, and it forms relatively stable compounds such as EuSO₄.⁹ This unexpected behavior is reflected in both the low melting point and the low density of europium compared with those of its neighbouring lanthanides.

The discontinuities at manganese and europium can be linked to their electron configurations, which are both ‘spherically’ symmetrical with a filled s² shell: Mn d⁵s² and Eu f⁷s². Why these electron configurations should lead to the observed chemical properties of the metals requires sophisticated arguments beyond the scope of this article.

Only qualitative?

Is it possible to make the correlations with density and melting point quantitative? The answer is 'no'. Melting is not subliming; neither melting point nor even boiling point can be equivalent to the energy of sublimation. Nevertheless, melting point can guide us.

The ionisation energy of an atom is related in a complex manner to its electron configuration and its effective nuclear charge, as well as to its radius. The density of the metal cannot take into account all of these properties, yet it can give useful information.

The quantitative measures of the thermodynamic reactivity of a metal, ΔH_f of the metal oxide, and the standard reduction potential E° , are both influenced by energy factors remote from the metal itself. For example, it is the lattice energy, U , of the metal oxide that totally dominates the value of ΔH_f . And U depends on the packing pattern of the cations and anions in the crystal. The hydration energy of the cation, ΔH_{hyd} , depends on the electron configuration of the cation as well as its coordination number. Application of Born-Haber cycles with the appropriate energy values allows us to estimate correctly the numerical values of both E° for the metal and ΔH_f of its oxide. But these thermodynamic data cannot give a true measure of the reactivity that we see because they cannot give information about the rates of the reactions. It is an inert surface oxide layer that often dictates what we actually experience.

We can summarize by saying: low density, low melting point indicate high reactivity; high density, high melting point indicate low reactivity; and a sharp discontinuity in density or melting point within a Period warns of anomalous chemical reactivity.

Other metals

We can apply these simple ideas to metals from diverse parts of the Periodic Table.

Aluminium

The properties of this metal are compared with those of its neighbours, magnesium and sodium in Table 5.

Table 5 *Physical properties of aluminium and its neighbours*

	Na	Mg	Al
Mp/°C	98	644	660
Density/g cm⁻³	0.97	1.74	2.74
E°/volts	-2.37	-2.37	-1.66
IE/kJ mol⁻¹	496	738	578
ΔH_{sub}/kJ mol⁻¹	107	146	326

The regular increase in density indicates a systematic decrease in reactivity, but the low melting point relative to magnesium is a warning sign. We have all seen the spectacular demonstration of burning a magnesium pencil sharpener in steam.¹⁰ Aluminium behaves similarly. During the Falklands War, the aluminium super-structures of burning British ships exploded when water was sprayed onto them in an attempt to douse the fires. We do not observe this phenomenon with our hot frying pans because the inert surface layer of Al₂O₃ protects the metal from reaction.

Mercury

This metal must be compared with the familiar metals that surround it: zinc about it in Group 12, and gold and lead on either side in Groups 11 and 14 respectively. The pertinent data are in Table 6. The density of 13.5g cm⁻³ indicates that mercury will be more reactive than gold but less reactive than lead. The values of E° are consistent with this. We know also that, on heating, HgO readily decomposes to give the metal plus oxygen; while PbO (litharge) is stable up to 900°C.

Table 6 *Physical properties of mercury and its neighbours*

	Au	Hg	Pb	Zn
Mp/°C	1064	-39	327	419
Density/g cm⁻³	19.3	13.5	11.3	7.1
IE₁/kJ mol⁻¹	890	1007	716	906
E°/volts⁻¹	+1.68	+0.82	-0.13	-0.76
ΔH_{sub}/kJ mol⁻¹	368	64	195	131

The melting point of Hg of -39°C poses a problem: what does it mean, compared with the value of 419°C for zinc and 1064°C for gold? The mercury atom is clinging so tightly to its s² pair of electrons that they do not have the freedom to form the delocalized bonding structure of a typical metal. This remarkable characteristic of mercury tells us that it will not easily lose its electrons to form a cation, and therefore we must expect low reactivity, which is indeed the case.

Thorium and uranium

These are venerable elements. Berzelius obtained metallic thorium in 1828, while metallic uranium was prepared by Peligot in 1841. In 1869, Mendeleev placed these elements into groups IV and VI of his Periodic Table, based on the parallels of the stoichiometry of their compounds with those of zirconium and tungsten. It is the physical properties that are of interest to us here, see Table 7.

Table 7 *Physical properties of thorium, uranium and their congeners*

	Zr	Hf	Th	Mo	W	U
Z	40	72	90	42	74	92
Mp/°C	1857	2220	1750	2160	3380	1130
Density/g cm⁻³	6.5	13.3	11.8	10.3	19.3	19.0
E₁/kJ mol⁻¹	660	654	598	685	770	590
ΔH_{sub}/kJ mol⁻¹	605	621	575	659	860	482

If thorium really was the next heavier element in Group IV then we should expect a melting point of *ca* 3000°C and a density of *ca* 20g cm⁻³. Similarly, for uranium the melting point would be *ca* 4000°C and the density at least 25g cm⁻³. The observed values are far lower, i.e. the atoms are far larger and the M-M bonds are far weaker than would be expected for Eda Hf and Eda W. We must therefore expect thorium and uranium to be very reactive; to react rapidly with oxygen in air to give oxides, and to decompose water. They do.¹¹ ThO₂ is inert and found in Nature, while UO₃ is easily formed and is stable at 600°C. Both metals are ‘oxygen lovers’ as their position on the left-hand side of the Periodic Table indicates.

Finally...

Our aim should be to help our students correctly predict what to expect by using the minimum of easily obtained and understood information. Taken together, these two simple properties of a metal: density and melting point, can give a useful qualitative guide to the metal’s chemical behavior. We should therefore teach our students about them and their relationship to the chemical reactivity of the metal.

Michael Laing is emeritus professor in the School of Pure and Applied Chemistry at the University of Natal, Durban 4041, South Africa.

4. ANALIZAR EL POTENCIAL DEL TEXTO:

Al analizar el potencial del texto se consideraron: el tipo de texto, la dificultad del texto, el posible número de reactivos a extraer, y la consistencia con el constructo.

Para la elaboración del Constructo Operativo se consideró la siguiente tabla tomado de Mora, (*op. cit*, 2011.) que incluyen las (sub)habilidades de comprensión de lectura susceptibles de evaluar:

Constructo Operativo de Comprensión de Lectura

<i>Complejidad</i>	<i>(sub)habilidades de Comprensión de Lectura susceptibles de evaluar</i>
Baja	1 Reconocer información fáctica explícita (hechos).
↓	2 Reconocer relaciones explícitas entre ideas (conectores visibles).
↓	3 Reconocer relaciones entre el texto y sus elementos gráficos.
↓	4 Reconocer temas y conceptos (ideas principales).
↓	5 Identificar el tipo de texto o género (periódico, artículo).
↓	6 Identificar el tipo de público al que está dirigido el texto.
↓	7 Distinguir entre ideas principales y secundarias.
↓	8 Comprender los significados de palabras y expresiones claves en el texto (evaluados pueden usar diccionario).

↓	9 Comprender el significado semántico de las estructuras (gramática).
↓	10 Inferir información fáctica (a partir de hechos, inferir otro hecho).
↓	11 Reconocer relaciones implícitas entre ideas (ya no hay conectores).
↓	12 Distinguir entre hechos, opiniones, suposiciones o predicciones (gramática y léxico).
↓	13 Inferir opiniones.
↓	14 Reconocer la organización del texto (estructura visible).
↓	15 Reconocer, identificar o inferir el tono del texto o la actitud del autor.
↓	16 Leer con fluidez.
↓	17 Resumir información.
Alta	18 Analizar la información contenida en un texto y aplicarla.

Elaborado por: Byer, B., Fehér, G., Mallén, M., Mora, M., Suárez, J.

El **constructo** que se elaboró para fines de evaluación es el siguiente:

Reactivo	Sub-(sub)habilidades de Comprensión de Lectura susceptibles de evaluar³
<p>1. Las propiedades de un metal que nos dan información sobre cómo podría comportarse son</p> <p>a) densidad y punto de fusión.</p> <p>b) volúmenes atómicos y densidades.</p> <p>c) estructura atómica y configuración electrónica.</p>	<p>1 Reconocer información fáctica explícita (hechos). <i>... can give an indication of the relative reactivities of the metals? The answer is 'yes' –</i></p> <p>4 Reconocer temas y conceptos (ideas principales).</p>
<p>2. En la reactividad de un metal están implícitas</p> <p>a) la cinética de la reacción y la termodinámica de los productos.</p> <p>b) las entalpías de reacción y qué tan exotérmica es la reacción.</p> <p>c) la entalpía de sublimación y la energía de ionización.</p>	<p>2 Reconocer relaciones explícitas entre ideas (conectores visibles). <i>Whether... is not important because...</i></p> <p>3 Reconocer relaciones entre el texto y sus elementos gráficos. <i>Reacciones pg.2 texto.</i></p> <p>8 Comprender los significados de palabras y expresiones claves en el texto (evaluados pueden usar diccionario). <i>Enthalpy of sublimation, ionisation energy.</i></p>

³ Se destaca en gris la parte del texto a que se hace referencia específica.

<p>3. La relación entre la entalpía de sublimación y la reactividad es</p> <p>a) entre mayor sea la entalpía de sublimación, menor será la reactividad.</p> <p>b) entre menor sea la entalpía de sublimación, menor será la reactividad.</p> <p>c) entre mayor sea la entalpía de sublimación, mayor será la reactividad.</p>	<p>8 Comprender los significados de palabras y expresiones claves en el texto (evaluados pueden usar diccionario). <i>enthalpy of sublimation, large and endothermic</i></p> <p>9 Comprender el significado semántico de las estructuras (gramática). <i>If..., then</i></p>
<p>4. En átomos con números atómicos cercanos, entre menor sea el radio atómico, respectivamente la energía de ionización, la densidad y la reactividad serán</p> <p>a) menor, menor y mayor.</p> <p>b) mayor, mayor y menor.</p> <p>c) mayor, menor y mayor.</p>	<p>8 Comprender los significados de palabras y expresiones claves en el texto (evaluados pueden usar diccionario). <i>Atomic radius, ionisation energy.</i></p> <p>9 Comprender el significado semántico de las estructuras (gramática). <i>-er</i></p> <p>10 Inferir información fáctica (a partir de hechos, inferir otro hecho). <i>larger the atomic radius the lower will be the density...the lower will be the ionisation energy and so the greater will be the reactivity.</i></p>

<p>5. De acuerdo al texto, los ejemplos de que Cr(II) y Fe(II) son agentes reductores y que Cr(III) y Fe(III) no son fuertes oxidantes sirven para mostrar que el manganeso en general</p> <p>a) es inerte como Mn(II).</p> <p>b) tiene un comportamiento diferente.</p> <p>c) es un oxidante débil como Mn(III).</p>	<p>9 Comprender el significado semántico de las estructuras (gramática). <i>The anomalously low melting point of manganese suggests that it will have anomalous chemical reactivity compared with chromium and iron.</i></p> <p>10 Inferir información fáctica (a partir de hechos, inferir otro hecho). <i>De específico en el texto: Cr(II) and Fe(II), Mn(II), Mn(III), Cr(III) and Fe(III)... a general en la pregunta: el manganeso en general</i></p>
<p>6. El europio es un ejemplo más de las irregularidades en las características con respecto a otros lantanoideos por su</p> <p>a) estado de oxidación.</p> <p>b) baja densidad.</p> <p>c) configuración electrónica.</p>	<p>1 Reconocer información fáctica explícita (hechos). <i>The physical properties of europium are clearly out of line and so one should expect its chemical properties to be anomalous.</i> Y, <i>The discontinuities at manganese and europium can be linked to their electron configurations.</i></p> <p>8 Comprender los significados de palabras y expresiones claves en el texto (evaluados pueden usar diccionario). <i>Clearly out of line, anomalous.</i></p>

	<p>10 Inferir información fáctica (a partir de hechos, inferir otro hecho). <i>...lanthanides oxidation state of +3, europium oxidation state of +2, low melting point and low density of europium compared with lanthanides.</i></p>
<p>7. ¿Por qué NO es posible que el punto de fusión ni la densidad den correlaciones cuantitativas? Porque se infiere que</p> <p>a) los que influyen son factores de energía ajenos al metal en sí.</p> <p>b) en la densidad no están consideradas tan minuciosamente la configuración electrónica, la carga nuclear efectiva y el radio.</p> <p>c) el punto de fusión no es equivalente a la energía de sublimación.</p>	<p>8 Comprender los significados de palabras y expresiones claves en el texto (evaluados pueden usar diccionario). <i>...remote from the metal itself.</i></p> <p>10 Inferir información fáctica (a partir de hechos, inferir otro hecho).</p> <p>11 Reconocer relaciones implícitas entre ideas (ya no hay conectores). <i>Is it possible to make the correlations with density and melting point quantitative? The answer is 'no'... The quantitative measures of the thermodynamic reactivity of a metal, ΔH_f of the metal oxide, and the standard reduction potential E°, are both influenced by energy factors remote from the metal itself.</i></p>

8. La relación de la reactividad del magnesio con la del aluminio se hace con el fin de indicar que

a) el incremento en la densidad es proporcional al decremento en la reactividad.

b) la discontinuidad aguda, en el punto de fusión o en la densidad, predicen una reactividad diferente.

c) el punto de fusión del magnesio es una señal de advertencia.

8 Comprender los significados de palabras y expresiones claves en el texto (evaluados pueden usar diccionario). *A sharp discontinuity, warns of anomalous chemical reactivity.*

10 Inferir información fáctica (a partir de hechos, inferir otro hecho).

11 Reconocer relaciones implícitas entre ideas (ya no hay conectores).

...a sharp discontinuity in density or melting point within a Period warns of anomalous chemical reactivity.

We can apply these simple ideas to metals from diverse parts of the Periodic Table.

The properties of this metal (aluminium) are compared with those of its neighbours, magnesium and sodium.

<p>9. De acuerdo al texto, el punto de fusión del mercurio indica</p> <p>a) su baja reactividad.</p> <p>b) que se formará un catión fácilmente.</p> <p>c) que los electrones s^2 no pueden formar un enlace fuerte entre estos átomos metálicos.</p>	<p>8 Comprender los significados de palabras y expresiones claves en el texto (evaluados pueden usar diccionario). <i>Tells us, we must expect , which is indeed the case.</i></p> <p>12 Distinguir entre hechos, opiniones, suposiciones o predicciones (gramática y léxico). <i>The melting point of Hg of -39°C. This remarkable characteristic of mercury tells us that it will not easily lose its electrons to form a cation, and therefore we must expect low reactivity, which is indeed the case.</i></p>
<p>10. ¿Por qué los valores del torio y el uranio son diferentes a lo esperado? Porque se concluye que</p> <p>a) los átomos son mucho más grandes y los enlaces M-M son mucho más débiles.</p> <p>b) reaccionan rápidamente con el oxígeno en el aire y descomponen al agua.</p> <p>c) son muy reactivos ya que se encuentran a la izquierda de la Tabla Periódica.</p>	<p>8 Comprender los significados de palabras y expresiones claves en el texto (evaluados pueden usar diccionario). <i>We must therefore expect, they do, as their position on the left-hand side indicates.</i></p> <p>10 Inferir información fáctica (a partir de hechos, inferir otro hecho).</p> <p>11 Reconocer relaciones implícitas entre ideas (ya no hay conectores).</p> <p>12 Distinguir entre hechos, opiniones, suposiciones o predicciones (gramática y léxico).</p>

We must therefore expect thorium and uranium **to be very reactive;** (10b) to react rapidly with oxygen in air to give oxides, and to decompose water. They do.

Conclusión: Both metals are 'oxygen lovers' **as their position on the left-hand side of the Periodic Table indicates.**

5. HACER LA CLAVE DE RESPUESTAS DE MANERA ALEATORIA ANTES DE ELABORAR LOS REACTIVOS. PARA QUE LAS RESPUESTAS CORRECTAS ESTÉN DISTRIBUIDAS AL AZAR: A, B, C.

La clave de respuestas que se elaboró es la siguiente:

Clave de Respuestas

1. a	2. c	3. a	4. b	5. b	6. c	7. a	8. b	9. a	10. c
------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------

6. CONSTRUIR LOS REACTIVOS DEL EXAMEN. DISEÑO DE LA PRIMERA VERSIÓN DEL EXAMEN:

Para la elaboración de reactivos de opción múltiple se consideraron las reglas sugeridas por Gronlund, N. E. (op.cit., 1988) con adaptaciones y modificaciones realizadas por Mora, (op. cit, 2011), así como aportaciones de Haladyna, T. M. (1997) y de Kehoe, Jerard. (1995). Writing Multiple-Choice Test Items. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 4(9).

Reglas al Elaborar Reactivos de Opción Múltiple

1. Lee el texto y subraya las ideas que te gustaría preguntar en cada párrafo.
2. Diseña cada reactivo para medir una (sub)habilidad importante especificada en la tabla de especificaciones.
3. Agrupa los reactivos que miden la misma (sub)habilidad.
4. Verifica que existe material para construir distractores (basados en nuestra experiencia, ej. gramática).

5. Presenta un solo problema claramente planteado en el encabezado del reactivo, que venga de una pregunta. Debe ser tan claro que no sea necesario leer las opciones. Y, debe estar relacionado a una (sub)habilidad importante.

No debe ser como se muestra a continuación: debido a que no se sabe quién es o a que se refiere M.O.

M.O.

a) Leía

b) ...

c) ...

Las muestras estudiadas después de M.O.

a) Presentaron

b) ...

c) ...

6. Escribe el encabezado del reactivo en lenguaje simple, claro y preciso. Una oración compleja puede hacer que el reactivo mida más la comprensión de lectura que lo que realmente se quiere medir y también consume más tiempo. Es importante no sobre llenar el encabezado con material irrelevante y sin funcionalidad alguna.

7. No repetir el mismo material en cada opción. En la construcción de un examen es importante economizar palabras y tener claridad de expresión. Los reactivos funcionan mejor al ser concisos y breves.

El paciente empeoró

a) Porque

b) Porque

c) Porque

Mejor:

El paciente empeoró porque

a)

b)

c)

8. Si el encabezado del reactivo es confuso, transformarlo en forma de pregunta.

9. Escribe el encabezado del reactivo en forma afirmativa cuando sea posible. Ya que esto mide la(s) (sub)habilidades más importantes. El identificar respuestas que NO aplican no se asegura que se esté evaluando la(s) (sub)habilidades.

10. Enfatiza redacción negativa cuando ésta se use en el encabezado del reactivo, subrayándolo o escribiéndolo en mayúsculas y poniéndolo al final del enunciado. Esto con el fin de que no sea ignorado y el evaluado se enfoque con esta información en mente al leer las opciones.

11. Redacta la respuesta correcta primero, después los distractores.

12. Asegura que la respuesta correcta sea *correcta* o *claramente la mejor*. En el primer caso (que la respuesta correcta sea *correcta*), con una buena redacción en el encabezado del reactivo, se elimina la confusión. Un problema mal planteado generalmente hace que la respuesta correcta sea parcialmente correcta o hace que más de una opción sea adecuada. Es necesario verificar que ninguna de las opciones sea posiblemente correcta. En el segundo caso (la respuesta correcta sea *claramente la mejor*), añadiendo la frase en el encabezado del reactivo "de los/las siguientes" puede hacerlo más claro.

13. Redacta las opciones con una longitud corta y no larga.

14. Elabora todas las opciones gramaticalmente consistentes entre si y gramaticalmente aceptables con el encabezado del reactivo. Normalmente la respuesta correcta si lo es, pero los distractores no. Lo cual daría pauta a la respuesta correcta o hacer algunas de las opciones ineficientes. Cuando la estructura gramatical de una opción difiere de otras se puede detectar como una respuesta correcta o incorrecta.

15. Evita pistas en la redacción que permita que se seleccione la respuesta correcta o que se elimine una opción incorrecta (distractores). Estas pueden ser:

a) Una redacción similar tanto en el encabezado como en la respuesta correcta.

b) Redactar la respuesta correcta en lenguaje de texto o fraseología de estereotipo puede verse mejor que las otras opciones o porque se recuerda vagamente.

c) Redactar la respuesta correcta con mayor detalle (como calificativos: "a veces", "puede", "generalmente") es dar pistas.

d) Incluir términos absolutos (“siempre”, “nunca”, “todo”, “ningún”, “únicamente”) en los distractores incita a que se eliminen ya que normalmente están asociados con enunciados falsos.

e) Incluir dos respuestas que sean inclusivas totalmente hace posible eliminar las otras opciones ya que una de las dos debe de ser la respuesta correcta.

f) Incluir dos respuestas que tengan el mismo significado.

16. Elabora los distractores posibles/creíbles y atractivos para quien carece de la (sub)habilidad que se mide. El arte de elaborar buenos reactivos de opción múltiple radica bastante en el desarrollo de distractores efectivos. Se puede hacer lo siguiente para incrementar la posibilidad y lo atractivo de los distractores:

a) Usar las confusiones o errores comunes de los evaluados como distractores.

Ej. Voz pasiva: ¿Quién hizo qué?

The husband was hit by his wife.

¿Quién le pegó al esposo?

a) La esposa le pegó.

b) Le pegó a la esposa

c) Etc.

b) Redactar las opciones en el nivel del lenguaje del alumno.

c) Usar palabras que “suenen bien” (como: “preciso”, “importante”) tanto en los distractores como en la respuesta correcta.

d) Elaborar los distractores de manera similar a la respuesta correcta tanto en longitud como en la complejidad de redacción.

e) Usar sin exceso claves extrañas en los distractores tal como fraseo de estereotipo, respuestas que suenen científicas y asociaciones con el encabezado del reactivo.

f) Elaborar las opciones homogéneamente, teniendo en cuenta las discriminaciones sutiles que puedan tener.

17. Varía la longitud de la respuesta correcta para así eliminar la longitud como clave. Se tiende a poner calificativos en los enunciados para hacerlos correctos. En algunos casos, se elaboran las opciones de aproximadamente el mismo tamaño, ajustando los distractores en lugar de ajustar la respuesta correcta.

18. Evita poner la opción "todos los anteriores" y "ninguno de los anteriores" ya que hacen al reactivo menos efectivo. Al ver que una opción es correcta o incorrecta, muchos lo seleccionan sin leer las demás opciones. El reconocer respuestas incorrectas no es garantía de que un evaluado tenga la (sub)habilidad.

19. Varía la posición de la respuesta correcta de manera aleatoria. Poniendo las opciones en orden alfabético de acuerdo a la primera letra, es otra alternativa. Cuando las opciones sean números estos deben listarse en orden ascendente de tamaño.

20. Controla la dificultad del reactivo ya sea variando el problema en el encabezado o en las opciones. El nivel de dificultad debe de coincidir con la (sub)habilidad que se quiere medir y el uso que tendrán los resultados.

21. Los reactivos se deben acomodar de acuerdo al orden ascendente de dificultad ((sub)habilidades) para así tener un efecto motivacional deseable en los evaluados.

22. Asegura que cada reactivo sea independiente de los otros en el examen. Ocasionalmente, información dada en el encabezado de un reactivo puede ayudar a contestar otro o la respuesta de uno dependa de la respuesta de otro.

23. Usa un formato de reactivo eficiente. Las opciones deben de listarse en líneas separadas, una bajo la otra, lo cual hace que sea más fácil leerlas y compararlas. Lo cual también facilita calificar. El uso de letras enfrente de la opción es preferible al uso de números, para evitar confusión.

24. Sigue las reglas normales de la gramática. Evita el punto en respuestas numéricas para evitar confusión con puntos decimales. Cuando el encabezado del reactivo sea un enunciado incompleto, comienza cada opción con minúscula y termina con la puntuación adecuada.

25. Las instrucciones deben ser claras, precisas y concisas. Aclarando el puntaje de cada reactivo y el tiempo para realizar el examen.

26. Evita gráficos o imágenes innecesarios o que reflejen preferencias de raza, éticas o de sexo.

27. Escribe más reactivos de los necesarios. En la revisión se podrán descartar aquellos que estén débiles.

28. Una presentación adecuada y efectiva de los reactivos de examen en una página impresa dará una imagen de alto nivel de evaluación.

29. Rompe o altera cualquiera de estas reglas si se mejora la efectividad del reactivo. Al obtenerse experiencia en la elaboración de reactivos pueden ocurrir situaciones en donde sea mejor ignorar o modificar una regla. Pero, hasta no tener suficiente experiencia, seguir estas reglas dará reactivos de bastante buena calidad.

30. Si es posible, que un colega experto en el área del examen y de lengua (moderador), revise los reactivos por si tienen ambigüedades, redundancias o cualquier otra cuestión.

La primera versión del examen es la siguiente:

Metals: what makes them react?

1. Las propiedades de un metal que nos dan información sobre cómo podría comportarse son

- a) densidad y punto de fusión.
- b) volúmenes atómicos y densidades.
- c) estructura atómica y configuración electrónica.

2. En la reactividad de un metal se están implícitas

- a) la cinética de la reacción y la termodinámica de los productos.
- b) las entalpías de reacción y qué tan exotérmica es la reacción.
- c) la entalpía de sublimación y la energía de ionización.

3. La relación entre la entalpía de sublimación y la reactividad es

- a) entre mayor sea la entalpía de sublimación, menor será la reactividad.
- b) entre menor sea la entalpía de sublimación, menor será la reactividad.
- c) entre mayor sea la entalpía de sublimación, mayor será la reactividad.

4. En átomos con números atómicos cercanos, entre menor sea el radio atómico, respectivamente la energía de ionización, la densidad y la reactividad serán

- a) menor, menor y mayor.
- b) mayor, mayor y menor.
- c) mayor, menor y mayor.

5. De acuerdo al texto, los ejemplos de que Cr(II) y Fe(II) son agentes reductores y que Cr(III) y Fe(III) no son fuertes oxidantes sirven para mostrar que el manganeso en general

- a) es inerte como Mn(II).
- b) tiene un comportamiento diferente.
- c) es un oxidante débil como Mn(III).

6. El europio es un ejemplo más de las irregularidades en las características con respecto a otros lantanoides por su

- a) estado de oxidación.
- b) baja densidad.
- c) configuración electrónica.

7. ¿Por qué NO es posible que el punto de fusión ni la densidad den correlaciones cuantitativas? Porque se infiere que

- a) los que influyen son factores de energía ajenos al metal en sí.
- b) en la densidad no están consideradas tan minuciosamente la configuración electrónica, la carga nuclear efectiva y el radio.
- c) el punto de fusión no es equivalente a la energía de sublimación.

8. La relación de la reactividad del magnesio con la del aluminio se hace con el fin de indicar que

- a) el incremento en la densidad es proporcional al decremento en la reactividad.
- b) la discontinuidad aguda, en el punto de fusión o en la densidad, predicen una reactividad diferente.
- c) el punto de fusión del magnesio es una señal de advertencia.

9. De acuerdo al texto, el punto de fusión del mercurio indica

- a) su baja reactividad.
- b) no formará un catión fácilmente.
- c) que los electrones s^2 no pueden formar un enlace fuerte entre estos átomos metálicos.

10. ¿Por qué los valores del torio y el uranio son diferentes a lo esperado? Porque se concluye que

- a) los átomos son mucho más grandes y los enlaces M-M son mucho más débiles.
- b) reaccionan rápidamente con el oxígeno en el aire y descomponen al agua.
- c) son muy reactivos ya que se encuentran a la izquierda de la Tabla Periódica.

Simultáneamente, se resaltó para el docente el sitio en el texto donde se encuentran las respuestas (donde el reactivo hace referencia:)

Metals: what makes them react?

Michael Laing

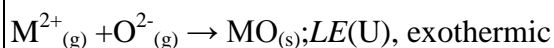
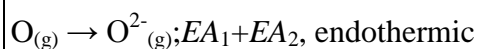
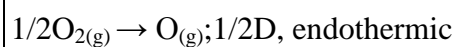
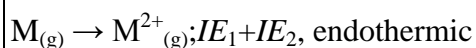
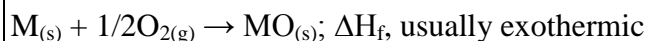
What two simple properties of a metal, well-known to students, together give us a useful qualitative guide to the metal's chemical behavior?

In a typical, undergraduate text the chapter on the Periodic Table and chemical periodicity follows the presentation on (1c)atomic structure and electron configuration. Values of atomic and ionic radii, ionization energies, and even electronegativities are given for each metal. These data are important, but one must ask: is there a link between these values measured for atoms in the gas phase and the students' everyday experiences? Are there alternative physical properties of metals with which the students are familiar – *i.e.* data that are simple to understand, straightforward to measure, and (1a)can give an indication of the relative reactivities of the metals? The answer is 'yes' – the melting point and density of the metal. This was evident to Lothar Meyer in 1869 when he drew up his graph of (1b)atomic volumes, the reciprocals of the densities. He observed that the least dense metals were the most reactive; the most dense were the most inert.

Reactivity of a metal

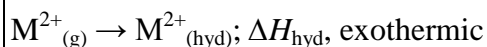
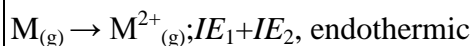
We all have an intuitive idea that the word ‘reactivity’ of a metal tells us about its behavior towards oxygen and water. We use terms like ‘active metals’, ‘slowly’ and ‘vigorously’. And ‘activity increases with temperature’. The word ‘reactivity’ is found in text-books at both GCSE and A-level where metals are listed in the ‘activity series’. Hill and Holman specifically also give the various ΔH_f heats of reaction to show that there is a relationship between the reactivity and how exothermic the reaction is. Unfortunately, reactivity is a problem word because what we observe is a complex combination of both (2a)kinetics – the rate at which the reaction proceeds – and thermodynamics – the stability of the products that are formed. We will examine, by using Born-Haber cycles, the two reactions most commonly used as criteria of ‘reactivity’. (For simplicity we will assume that the metal is divalent).

1. Metal plus oxygen \rightarrow metal oxide



$$\Delta H_f = \Delta H_{sub} + IE_1 + IE_2 + 1/2D + EA_1 + EA_2 + LE$$

2. Standard electrode potential (tendency to displace other metals)



$$E^\circ_{oc} (\Delta H_{sub} + IE_1 + IE_2 + \Delta H_{hyd})/n$$

Whether reactivity of a metal is thought of in terms of the ease of formation of a stable oxide or of the metal as having a large negative electrode potential is not important because both measures involve the same two energy processes (2c) that are characteristic of the metal: the enthalpy of sublimation ΔH_{sub} and the ionisation energy IE . These in turn are reflected qualitatively in the melting point and the density of the metal.

Melting point

(3a) The enthalpy of sublimation describes the energy required to rip the atoms from the solid and hurl them into the gas phase. If this energy is large and endothermic, then the metal will be unreactive. Students understand that the metal-metal bonds in the solid must be broken for the vapor to form, and that the first step would be equivalent to melting, and the second to boiling. The stronger the metal-metal bonding, the higher must be the melting point, the lower must be the reactivity. This trend is evident in the melting points for the series of metal from potassium to titanium, see Table 1.

Table 1 *Melting points of some metals*

Z	Metal	Mp/°C	$\Delta H_{sub}/\text{kJ mol}^{-1}$	E°/volts
19	K	64	90	-2.92
20	Ca	850	155	-2.87
21	Sc	1539	376	-2.08
22	Ti	1668	469	-1.63

Our observations confirm the predicted order of decreasing reactivity: potassium reacts violently with water, while titanium is used for the turbine blades in the turbo jet motors for aeroplanes.

Density

If a metal is to be chemically reactive then its atoms must easily lose at least one electron to become a cation, at the cost of the ionisation energy. The more easily the electron is lost, the more reactive will be the metal. The electron is held to the atom by Coulombic forces of attraction: so the further away the electron is from the nucleus, the weaker will be the attraction. On moving across the Periodic Table, (4b)for consecutive atoms of similar atomic number, the larger the atomic radius the lower will be the density. Thus, the lower the density, the lower will be the ionisation energy and so the greater will be the reactivity. The data in Table 2 show this effect for metals in Period 5. The reactivity of the metals in this series decreases steadily with increase in density. Zirconium, the most dense, is used as cladding for the uranium fuel rods in nuclear reactors because of the corrosion resistance of the metal and its inertness to attack by both water and oxygen.

Table 2 *Densities of some metals*

Z	Metal	Density/g cm ⁻³	IE1/kJ mol ⁻¹	E°/volts
37	Rb	1.53	403	-2.93
38	Sr	2.60	549	-2.89
39	Y	4.47	616	-2.37
40	Zr	6.45	660	-1.53

Anomalies within a Period

The values of density and melting point of the metals generally change smoothly across a Period, but there are a few interesting irregularities.

Manganese and the 3-d metals

Chromium is used for plating because of its inertness, while iron is probably the most widely used metal for construction. Conversely, we never see any artefacts made of manganese metal. This is because manganese is very reactive and it has a low tensile strength. Table 3 gives the melting points of chromium, manganese and iron.

Table 3 *Melting points of some 3-d transition metals*

Z	Metal	Mp/°C
24	Cr	1875
25	Mn	1244
26	Fe	1535

The anomalously low melting point of (5b)manganese suggests that it will have anomalous chemical reactivity compared with chromium and iron. This is what we observe. Both Cr(II) and Fe(II) are reducing agents, while (5a)Mn(II) is inert. Conversely, (5c)Mn(III) is a strong oxidizer, while Cr(III) and Fe(III) are not.

Eropium and the lanthanides

The melting points and densities of the early lanthanide metals are given in Table 4.

Table 4 *Melting points and densities of some lanthanides*

Z	61	62	63	64	65
Metal	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb
Mp/°C	1050	1072	826	1312	1356
Density/g cm⁻³	7.20	7.53	5.25	7.89	8.25

The physical properties of europium are clearly out of line and so one should expect its chemical properties to be anomalous. They are. While the lanthanides are generally characterized by a common oxidation state of +3, europium is unusual in having an easily formed (6a)oxidation state of +2 in aqueous solution, and it forms relatively stable compounds such as EuSO₄. This unexpected behavior is reflected in both the low melting point and (6b)the low density of europium compared with those of its neighbouring lanthanides.

(6c)The discontinuities at manganese and europium can be linked to their electron configurations, which are both ‘spherically’ symmetrical with a filled s² shell: Mn d⁵s² and Eu f⁷s². Why these electron configurations should lead to the observed chemical properties of the metals requires sophisticated arguments beyond the scope of this article.

Only qualitative?

Is it possible to make the correlations with density and melting point quantitative? The answer is 'no'. Melting is not subliming; (7c)neither melting point nor even boiling point can be equivalent to the energy of sublimation. Nevertheless, melting point can guide us.

The ionisation energy of an atom is related in a complex manner to its (7b)electron configuration and its effective nuclear charge, as well as to its radius. The density of the metal cannot take into account all of these properties, yet it can give useful information.

(7a)The quantitative measures of the thermodynamic reactivity of a metal, ΔH_f of the metal oxide, and the standard reduction potential E° , are both influenced by energy factors remote from the metal itself. For example, it is the lattice energy, U , of the metal oxide that totally dominates the value of ΔH_f . And U depends on the packing pattern of the cations and anions in the crystal. The hydration energy of the cation, ΔH_{hyd} , depends on the electron configuration of the cation as well as its coordination number. Application of Born-Haber cycles with the appropriate energy values allows us to estimate correctly the numerical values of both E° for the metal and ΔH_f of its oxide. But these thermodynamic data cannot give a true measure of the reactivity that we see because they cannot give information about the rates of the reactions. It is an inert surface oxide layer that often dictates what we actually experience.

We can summarize by saying: low density, low melting point indicate high reactivity; high density, high melting point indicate low reactivity; and (8b)a sharp discontinuity in density or melting point within a Period warns of anomalous chemical reactivity.

Other metals

We can apply these simple ideas to metals from diverse parts of the Periodic Table.

Aluminium

The properties of this metal are compared with those of its neighbours, magnesium and sodium in Table 5.

Table 5 *Physical properties of aluminium and its neighbours*

	Na	Mg	Al
Mp/°C	98	644	660
Density/g cm⁻³	0.97	1.74	2.74
E°/volts	-2.37	-2.37	-1.66
IE/kJ mol⁻¹	496	738	578
ΔH_{sub}/kJ mol⁻¹	107	146	326

(8a)The regular increase in density indicates a systematic decrease in reactivity, but (8c)the low melting point relative to magnesium is a warning sign. We have all seen the spectacular demonstration of burning a magnesium pencil sharpener in steam. Aluminium behaves similarly. During the Falklands War, the aluminium super-structures of burning British ships exploded when water was sprayed onto them in an attempt to douse the fires. We do not observe this phenomenon with our hot frying pans because the inert surface layer of Al₂O₃ protects the metal from reaction.

Mercury

This metal must be compared with the familiar metals that surround it: zinc about it in Group 12, and gold and lead on either side in Groups 11 and 14 respectively. The pertinent data are in Table 6. The density of 13.5g cm⁻³ indicates that mercury will be more reactive than gold but less reactive than lead. The values of E° are consistent with this. We know also that, on heating, HgO readily decomposes to give the metal plus oxygen; while PbO (litharge) is stable up to 900°C.

Table 6 *Physical properties of mercury and its neighbours*

	Au	Hg	Pb	Zn
Mp/°C	1064	-39	327	419
Density/g cm⁻³	19.3	13.5	11.3	7.1
IE₁/kJ mol⁻¹	890	1007	716	906
E°/volts⁻¹	+1.68	+0.82	-0.13	-0.76
ΔH_{sub}/kJ mol⁻¹	368	64	195	131

The melting point of Hg of -39°C poses a problem: what does it mean, compared with the value of 419°C for zinc and 1064°C for gold? (9c)The mercury atom is clinging so tightly to its s² pair of electrons that they do not have the freedom to form the delocalized bonding structure of a typical metal. This remarkable characteristic of mercury tells us that (9b)it will not easily lose its electrons to form a cation, and (9a)therefore we must expect low reactivity, which is indeed the case.

Thorium and uranium

These are venerable elements. Berzelius obtained metallic thorium in 1828, while metallic uranium was prepared by Peligot in 1841. In 1869, Mendeleev placed these elements into groups IV and VI of his Periodic Table, based on the parallels of the stoichiometry of their compounds with those of zirconium and tungsten. It is the physical properties that are of interest to us here, see Table 7.

Table 7 *Physical properties of thorium, uranium and their congeners*

	Zr	Hf	Th	Mo	W	U
Z	40	72	90	42	74	92
Mp/°C	1857	2220	1750	2160	3380	1130
Density/g cm⁻³	6.5	13.3	11.8	10.3	19.3	19.0
E₁/kJ mol⁻¹	660	654	598	685	770	590
ΔH_{sub}/kJ mol⁻¹	605	621	575	659	860	482

If thorium really was the next heavier element in Group IV then we should expect a melting point of *ca* 3000°C and a density of *ca* 20g cm⁻³. Similarly, for uranium the melting point would be *ca* 4000°C and the density at least 25g cm⁻³. The observed values are far lower, i.e. (10a)the atoms are far larger and the M-M bonds are far weaker than would be expected for Eda Hf and Eda W. (10c)We must therefore expect thorium and uranium to be very reactive; (10b)to react rapidly with oxygen in air to give oxides, and to decompose water. They do. ThO₂ is inert and found in Nature, while UO₃ is easily formed and is stable at 600°C. (10c)Both metals are ‘oxygen lovers’ as their position on the left-hand side of the Periodic Table indicates.

Finally...

Our aim should be to help our students correctly predict what to expect by using the minimum of easily obtained and understood information. Taken together, these two simple properties of a metal: density and melting point, can give a useful qualitative guide to the metal’s chemical behavior. We should therefore teach our students about them and their relationship to the chemical reactivity of the metal.

7. REVISAR Y EDITAR LOS REACTIVOS.

Como sugiere Gronlund, N. E. (1988), después de reposar el conjunto de reactivos por un tiempo, se revisaron por quien los elaboró. Se contestó cada reactivo como si se estuviese tomando el examen, para verificar la respuesta correcta y poder identificar cualquier anomalía.

Se verificó que cada reactivo del examen se enfocara en su importancia, relevancia, claridad, dificultad, independencia y libre de pistas. También se hizo una evaluación más cuidadosa de los reactivos considerando las siguientes preguntas sugeridas por Gronlund, N. E. (1988) y por la Coordinación de Evaluación y Certificación (CEC) del Centro de Enseñanza de Lenguas Extranjeras (CELE):

Lista de Preguntas para Revisar Reactivos de Opción Múltiple (para el elaborador)

1. ¿El reactivo mide la (sub)habilidad que se quiere medir según el constructo de la tabla de especificaciones del examen?
2. ¿Es apropiada la dificultad del reactivo de acuerdo a la (sub)habilidad que está estipulada en la tabla de especificaciones (discrimina entre los evaluados que saben y los que no saben)?
3. ¿Se ha identificado de qué parte del texto proviene la información en la que se basa la respuesta para cada reactivo?
4. ¿El orden de los reactivos sigue la secuencia de información en el texto?
5. ¿Se tienen discrepancias con la forma en que se interpretó el texto (y que pudiera implicar la formulación de un reactivo que induzca a error entre los evaluados)?
6. ¿Cada reactivo se puede contestar SÓLO leyendo el texto?

7. ¿Cada reactivo es independiente de los demás y no proporciona información para otros reactivos?

8. ¿La gramática y el vocabulario del reactivo (encabezado y opciones) están en el nivel adecuado del evaluado?

OPCIONES

9. ¿Se ha evitado la opción "todas/ninguna de las anteriores"?

10. ¿Todas las opciones son gramaticalmente consistentes y también son gramaticalmente aceptables con el encabezado?

11. ¿Las opciones de un enunciado incompleto en el encabezado no empiezan con mayúscula (salvo si empiezan con un nombre propio)?

12. ¿Las opciones empiezan con mayúscula cuando el encabezado esté formulado como pregunta?

13. ¿Las palabras **NEGRITAS** fueron subrayadas o resaltadas en las opciones?

ENCABEZADO

14. ¿El encabezado del reactivo está redactado de manera que presenta un problema claramente planteado?

15. ¿El encabezado está redactado en lenguaje sencillo y claro (evitando información superflua)?

16. ¿El encabezado está redactado de manera que no se repita el material en las opciones?

17. ¿El encabezado está redactado en forma afirmativa donde sea posible?

18. ¿Se resalta (subrayando o en mayúsculas o en negritas) la redacción negativa si se encuentra en el encabezado?

DISTRACTORES

19. ¿Se evitaron repeticiones de información "común" en distractores y se pasaron al encabezado?

20. ¿Cada distractor es independiente de los demás?
21. ¿Los distractores son posibles/creíbles y atractivos para quien carece de la (sub)habilidad que se mide?
22. ¿Los distractores se derivan del texto?

RESPUESTA CORRECTA

23. ¿La longitud de la respuesta correcta es similar a la de los distractores?
24. ¿La respuesta es *la correcta* o *la mejor*?
25. ¿Sólo hay una respuesta correcta?
26. ¿La "respuesta correcta" es realmente correcta?
27. ¿Es variada la longitud de la respuesta correcta?
28. ¿La posición de la respuesta correcta está variada?
29. ¿Las respuestas correctas tienen una distribución al azar en todo el examen y no hay predominio de una letra para las opciones correctas?
30. ¿Las opciones no dan pistas a la respuesta correcta?

OTROS

31. ¿Se siguen las reglas gramaticales?
32. ¿Se aprovechó el texto en forma balanceada (evitando dejar grandes porciones sin "explotar")?
33. ¿El diseño del examen es adecuado y agradable, facilita el realizar eficientemente el examen?
34. ¿Sabe el evaluado lo que se espera de él/ella?

Se revisaron y editaron los reactivos y se obtuvo lo siguiente resaltando las partes que se modificaron:

Metals: what makes them react?

1. Las propiedades de un metal que nos dan información sobre cómo podría comportarse son

- a) densidad y punto de fusión.
- b) volúmenes atómicos y densidades.
- c) estructura atómica y configuración electrónica.

2. En la reactividad de un metal se puede observar que están implícitas

- a) la cinética de la reacción y la termodinámica de los productos.
- b) las entalpías de reacción y qué tan exotérmica es la reacción.
- c) la entalpía de sublimación y la energía de ionización.

3. La relación entre la entalpía de sublimación y la reactividad es

- a) entre mayor sea la entalpía de sublimación, menor será la reactividad.
- b) entre menor sea la entalpía de sublimación, menor será la reactividad.
- c) entre mayor sea la entalpía de sublimación, mayor será la reactividad.

4. En átomos con números atómicos cercanos, entre menor sea el radio atómico, respectivamente la energía de ionización, la densidad y la reactividad serán

- a) menor, menor y mayor.
- b) mayor, mayor y **mayor**.
- c) mayor, menor y mayor.

5. Los ejemplos de que Cr(II) y Fe(II) son agentes reductores y que Cr(III) y Fe(III) no son fuertes oxidantes sirven para mostrar que el manganeso

- a) es inerte como Mn(II).
- b) tiene un comportamiento diferente.
- c) es un oxidante **débil** como Mn(III).

6. El europio es un ejemplo más de las irregularidades en las características con respecto a otros lantanoides por su

- a) estado de oxidación.
- b) baja densidad.
- c) configuración electrónica.

7. Para explicar que **NO** es posible que el punto de fusión y la densidad den correlaciones cuantitativas se afirma que

- a) los que influyen son factores de energía ajenos al metal en sí.
- b) en la densidad no están consideradas tan minuciosamente la configuración electrónica, la carga nuclear efectiva y el radio.
- c) el punto de fusión no es equivalente a la energía de sublimación.

8. La relación de la reactividad del magnesio con la del aluminio se hace con el fin de indicar que

- a) el incremento en la densidad es proporcional al decremento en la reactividad.
- b) la discontinuidad aguda, en el punto de fusión o en la densidad, predicen una reactividad diferente.
- c) el punto de fusión del magnesio es una señal de advertencia.

9. El punto de fusión del mercurio indica

- a) su baja reactividad.
- b) no formará un catión fácilmente.
- c) que los electrones s^2 no pueden formar un enlace **fuerte entre estos átomos metálicos.**

10. ¿Por qué los valores del torio y el uranio son diferentes a lo esperado? Porque

- a) los átomos son mucho más grandes y los enlaces M-M son mucho más débiles.
- b) reaccionan rápidamente con el oxígeno en el aire y descomponen al agua.
- c) son muy reactivos y se encuentran a la izquierda de la Tabla Periódica.

8. PREPARAR LAS INSTRUCCIONES.

Para la redacción de instrucciones se tomaron en cuenta las sugerencias hechas por Gronlund, N. E. (*op.cit.*, 1988)

Redacción de Instrucciones

La redacción de instrucciones debe ser sencilla y concisa, al nivel apropiado de lectura y debe contener información acerca de:

- 1) el propósito de examen,
- 2) el tiempo para terminar el examen,
- 3) cómo anotar las respuestas.

Se redactaron las instrucciones de la siguiente manera:

INSTRUCCIONES: Puedes consultar el artículo y tu resumen, pero no puedes usar más de 40 min para resolverlo. Lee cuidadosamente todas las opciones de cada una de las siguientes preguntas y elige la mejor opción, según el texto de M. Laing. Cada pregunta equivale a un punto. ¡ÉXITO!

9. EDITAR EL EXAMEN

Para el diseño del examen, se consideraron los siguientes criterios según Gronlund, N. E. (*op.cit.*, 1988):

Diseño del examen

-Los reactivos deben estar espaciados en la página para que sea sencillo de leer y calificar.

-En el formato de opción múltiple, las opciones deben estar abajo del encabezado del reactivo. Todas las partes de un reactivo deben de estar en la misma página.

-Si se van a anotar las respuestas en el examen, se recomienda que se contesten del lado izquierdo, para facilitar calificar.

-Si se va a contestar el examen en hojas de respuesta se recomienda advertir de no marcar el folleto de examen y tener más juegos de los necesarios.

-Siempre se debe verificar (arreglo de los reactivos, interlineado, legibilidad, precisión en imágenes, libre de errores tipográficos) la copia maestra del examen antes de reproducirlo/fotocopiarlo.

Y se tomaron en cuenta las siguientes preguntas sugeridas por Gronlund, N. E. (*op.cit.*, 1988) para su revisión:

Lista de Preguntas para Revisar el Diseño de un Examen (para el elaborador)

1. ¿Los reactivos miden una muestra representativa de las (sub)habilidades?
2. ¿Los reactivos tienen la dificultad adecuada, están libre de defectos y tienen respuestas que son justificables?
3. ¿Los reactivos son independientes de tal manera que no se ayuden a contestarse?
4. ¿Están agrupados los reactivos que miden la misma (sub)habilidad?
5. ¿Los reactivos están ordenados en orden ascendente de dificultad?
6. ¿Los reactivos están numerados en orden en todo el examen?
7. ¿Hay instrucciones en todo el examen y en cada sección?
8. ¿Las instrucciones son concisas y al nivel de lectura adecuado?
9. ¿Las instrucciones incluyen límites de tiempo, mencionan cómo anotar las respuestas y el puntaje de cada reactivo?
10. ¿Los espacios en la página contribuyen al leer y responder más fácilmente?
11. ¿Está la copia final libre de errores tipográficos?

10. VALIDAR: LA VERSIÓN FINAL. REVISIÓN DEL EXAMEN Y ENTREGA DE OBSERVACIONES DEL/LOS MODERADOR(ES) (QUIEN(ES) REVISA(N) EL EXAMEN).

Una vez revisado el examen y tabla de especificaciones, se les entregó una copia a varios expertos en el área y lengua (moderadores) para ser revisado. En el proceso de análisis del examen se utilizó la siguiente lista de preguntas sugeridas por Gronlund, N. E. (*op.cit.*, 1988), adaptadas y modificadas por Mora, (*op. cit*, 2011) y con aportaciones de la Coordinación de Evaluación y Certificación (CEC) del Centro de Enseñanza de Lenguas Extranjeras (CELE):

Lista de Preguntas para Revisar el Examen y la Tabla de Especificaciones (para moderador(es))

1. ¿Está claro el propósito del examen?
2. ¿Se han identificado y definido las (sub)habilidades que se quieren evaluar?
3. ¿La tabla de especificaciones indica el tipo de reactivos que se van a incluir en el examen?
4. ¿El tipo de reactivo es apropiado para las (sub)habilidades que se van a medir?
5. ¿Los reactivos son una “muestra representativa” de las (sub)habilidades que se quieren evaluar según la tabla de especificaciones?
6. ¿Se balanceó el número de reactivos para medir cada (sub)habilidad en función de la dificultad perseguida?

7. ¿Es apropiado el número de reactivos para los evaluados?
8. ¿Es apropiada la dificultad de los reactivos para los evaluados?
9. ¿Los reactivos sólo se pueden contestar leyendo el texto?
10. ¿La distribución de letras para la opción correcta está balanceada y distribuida "al azar"?
11. ¿Se respetaron las reglas de ortografía (mayúsculas, puntuación, etc.)?
12. ¿Las instrucciones, encabezados y ejemplos (de ser posible) son claros?
13. ¿Se han escrito las instrucciones, aclarando el puntaje de cada reactivo y el tiempo para realizar el examen?
14. ¿Es posible responder el examen en el tiempo previsto en la tabla de especificaciones?
15. ¿La tabla de especificaciones incluye características que contribuyen a resultados válidos y confiables?
16. ¿Está claramente delimitado el texto?
17. ¿Existe clara demarcación entre el texto y los reactivos?
18. ¿El formato y tipografía es ordenada, agradable y legible?
19. ¿El examinado sabe qué se espera de él?

11. ANALIZAR Y SISTEMATIZAR LAS OBSERVACIONES DE LOS MODERADORES (LO IDEAL: LENGUA Y DISCIPLINA).

Se analizaron y sistematizaron las observaciones de los moderadores.

12. ELABORAR LA SEGUNDA VERSIÓN DEL EXAMEN.

Se elaboró una segunda versión del examen, resaltando las partes corregidas:

Metals: what makes them react?

1. Las propiedades de un metal que nos dan información sobre cómo podría comportarse son

- a) densidad y punto de fusión.
- b) volúmenes atómicos y densidades.
- c) estructura atómica y configuración electrónica.

2. En la reactividad de un metal **se están implícitas**

- a) la cinética de la reacción y la termodinámica de los productos.
- b) las entalpías de reacción y qué tan exotérmica es la reacción.
- c) la entalpía de sublimación y la energía de ionización.

3. La relación entre la entalpía de sublimación y la reactividad es

- a) entre mayor sea la entalpía de sublimación, menor será la reactividad.
- b) entre menor sea la entalpía de sublimación, menor será la reactividad.
- c) entre mayor sea la entalpía de sublimación, mayor será la reactividad.

4. En átomos con números atómicos cercanos, entre menor sea el radio atómico, respectivamente la energía de ionización, la densidad y la reactividad serán

- a) menor, menor y mayor.
- b) mayor, mayor y **menor**.
- c) mayor, menor y mayor.

5. **De acuerdo al texto**, los ejemplos de que Cr(II) y Fe(II) son agentes reductores y que Cr(III) y Fe(III) no son fuertes oxidantes sirven para mostrar que el manganeso **en general**

- a) es inerte como Mn(II).
- b) tiene un comportamiento diferente.
- c) es un oxidante débil como Mn(III).

6. El europio es un ejemplo más de las irregularidades en las características con respecto a otros lantanoides por su

- a) estado de oxidación.
- b) baja densidad.
- c) configuración electrónica.

7. ¿Por qué NO es posible que el punto de fusión ni la densidad den correlaciones cuantitativas? Porque se infiere que

- a) los que influyen son factores de energía ajenos al metal en sí.
- b) en la densidad no están consideradas tan minuciosamente la configuración electrónica, la carga nuclear efectiva y el radio.
- c) el punto de fusión no es equivalente a la energía de sublimación.

8. La relación de la reactividad del magnesio con la del aluminio se hace con el fin de indicar que

- a) el incremento en la densidad es proporcional al decremento en la reactividad.
- b) la discontinuidad aguda, en el punto de fusión o en la densidad, predicen una reactividad diferente.
- c) el punto de fusión del magnesio es una señal de advertencia.

9. De acuerdo al texto, el punto de fusión del mercurio indica

- a) su baja reactividad.
- b) **que se formará un catión fácilmente.**
- c) que los electrones s^2 no pueden formar un enlace fuerte entre estos átomos metálicos.

10. ¿Por qué los valores del torio y el uranio son diferentes a lo esperado? **Porque se concluye que**

- a) los átomos son mucho más grandes y los enlaces M-M son mucho más débiles.
- b) reaccionan rápidamente con el oxígeno en el aire y descomponen al agua.
- c) son muy reactivos **ya que** se encuentran a la izquierda de la Tabla Periódica.

13. PILOTEAR LA SEGUNDA VERSIÓN DEL EXAMEN (CON POBLACIÓN SIMILAR A LA POBLACIÓN OBJETIVO).

Para la aplicación del examen y para calificar el examen se siguieron las recomendaciones de Gronlund, N. E. (*op.cit.*, 1988):

Aplicación del Examen

Para la aplicación de un examen bien preparado se requiere de condiciones adecuadas de trabajo, mantener las interrupciones al mínimo y acomodar a los evaluados con suficiente espacio entre ellos. Las instrucciones escritas deben ser lo suficientemente claras para el seguimiento del examen, pero en algunas situaciones puede ser necesario darlas verbalmente. Lo más importante es que todos los evaluados sepan qué deben hacer y proveerlos en las mejores condiciones en donde llevarse a cabo.

Calificar el Examen

Calificar se facilita si las respuestas se encuentran en la parte izquierda de la hoja de respuestas. También se puede usar una clave de respuestas en acetato, poniéndolo sobre la hoja de respuestas y marcar con una diagonal en donde no se encuentren respuestas marcadas.

Normalmente cada respuesta corresponde a un punto. Si se desea darle más peso a un área de aprendizaje, entonces añadir mayor número de reactivos.

Se piloteó la segunda versión del examen con alumnos de la Facultad de Química cursando la materia de Química Inorgánica 1 en 2013-1.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Se obtuvieron los siguientes resultados al pilotear el examen:

No. Examen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Calificación	6	5	1	4	7	3	5	5	4	3	4	3	4

No. Examen	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Calificación	6	6	9	5	5	4	6	6	2	3	7	3

14. PROCESAR Y ANALIZAR ESTADÍSTICAMENTE EL EXAMEN PILOTO. RESUMEN Y REFERENCIA ITEMAN

Se capturaron los datos requeridos al programa ITEMAN, producido por *Assessment Systems Corporation* (1993). Estos datos son: el total de reactivos, la clave de respuestas del examen, el número de opciones y las opciones de cada alumno para cada reactivo. Después de haber ejecutado el programa, el programa proporciona la calificación de cada alumno, el promedio de las calificaciones y datos de cada uno de los reactivos, como se muestra en la tabla a continuación. Se analizó la tabla y se hicieron anotaciones que se encuentran entre paréntesis:

REACTIVO	ESTADÍSTICAS DE LOS REACTIVOS		ESTADÍSTICAS DE LAS OPCIONES			CLAVE
	% de los que respondieron correctamente (Índice de Dificultad) $\geq 0.3 \leq 0.75$	Índice de Discriminación ≥ 0.3	Opciones	Bajos (malos alumnos)	Altos (buenos alumnos)	
1	1.00	0.00 (no discrimina)	A B C	1.0 0.00 0.00	1.0 0.00 0.00	A (B,C mejorar, hacer más atractivos)
2 (bien)	0.48	0.75	A B C	0.71 0.29 0.00	0.25 0.00 0.75	C
3 (bien)	0.72	0.30	A B C	0.57 0.14 0.29	0.88 0.13 0.00	A
4 (bien)	0.72	0.57	A B C	0.57 0.43 0.00	0.00 1.00 0.00	B

5 (bien)	0.52	0.46	A B C	0.43 0.29 0.29	0.25 0.75 0.00	B
6	0.32 (algo difícil)	0.09 (no discrimina)	A B C	0.14 0.57 (atrae a los malos, está bien) 0.29	0.38 (atrae a los buenos) 0.25 0.38	(revisar A) C
7 (regular)	0.24 (difícil)	0.50 (si discrimina)	A B C	0.00 0.57 0.43	0.50 0.38 0.13	A
8 (regular)	0.28 (difícil)	0.63 (si discrimina)	A B C	1.00 0.00 0.00	0.25 0.63 0.13	B
9 (regular)	0.28	0.50	A B C	0.00 0.29 0.71	0.50 0.00 0.50	A

10	0.08	0.25	A	0.71	0.25	(revisar B) C
(ojo)	(difícil)	(no discrimina)	B	0.29	0.50	
			C	0.00	(atrae a los buenos)	
					0.25	

Número de Reactivos: 10

Número de evaluados: 25

Promedio: 4.64 (el examen es difícil)

Calificación Máxima (Bajos): 3

Total Bajos: 7

Calificación Mínima (Altos): 6

Total Altos: 8

Los reactivos se analizaron, siguiendo la recomendación de Gronlund, N. E. (*op.cit.*, 1988), para tener la siguiente información:

Análisis de la Efectividad de los reactivos del Examen

- 1) la dificultad del reactivo (porcentaje que contestaron correctamente),
- 2) si el reactivo discrimina o no entre los evaluados que saben y los que no,
- 3) que tan efectiva es cada opción (todas deben de ser escogidas sobre todo por quienes carecen de la (sub)habilidad que se mide).

Reactivo 1:

El % de los que respondieron correctamente (1.00) es mayor al rango ($\geq 0.3 \leq 0.75$) indicando que es fácil. Todos lo contestaron correctamente. El Índice de Discriminación que debería ser ≥ 0.3 es 0.00 por lo que no discrimina a los buenos alumnos (Altos) de los malos alumnos (Bajos). Al analizar las opciones se puede ver que para la opción A tanto los Bajos como los Altos lo eligieron (1.0). Ningún alumno de los Bajos o Altos escogieron las opciones B y C (0.00), por lo que se tienen que mejorar para atraer a los alumnos Bajos.

Reactivo 2:

El % de los que respondieron correctamente es 0.48, lo cual está en el rango de dificultad ($\geq 0.3 \leq 0.75$). El Índice de Discriminación (≥ 0.3) es 0.75, lo cual está muy bien y sí discrimina. Analizando las opciones se puede ver que la mayoría de los Bajos escogió la opción A (0.71) y pocos la opción B (0.29). En cambio, los Altos escogieron la respuesta

correcta (0.75) y unos cuantos la opción A (0.25). El reactivo es apropiado.

Reactivo 3:

El % de los que respondieron correctamente (0.72) se encuentra en rango ($\geq 0.3 \leq 0.75$), por lo que no es un reactivo fácil ni difícil. El Índice de Discriminación (≥ 0.3) es de 0.30 por lo que sí discrimina. Los Bajos escogieron todas las opciones y la mayoría de los Altos escogieron la respuesta correcta 0.88. Es un buen reactivo.

Reactivo 4:

0.72 está en rango del % de los que respondieron correctamente ($\geq 0.3 \leq 0.75$) por lo que no es un reactivo ni fácil ni difícil. Discrimina con 0.57 ya que es ≥ 0.3 . Los alumnos Bajos eligieron las opciones A y B, mientras todos los Altos eligieron la respuesta correcta, B. Es un buen reactivo.

Reactivo 5:

El % de los que respondieron correctamente (0.52) se encuentra en el rango $\geq 0.3 \leq 0.75$, por lo que tiene un dificultad buena. El Índice de Discriminación de 0.46 también está en lo correcto ≥ 0.3 . Todas las opciones fueron atractivas para los Bajos. Mientras que los Altos la gran mayoría eligió la respuesta correcta, B y unos cuantos el distractor A. Es un buen reactivo.

Reactivo 6:

El % de los que respondieron correctamente es de 0.32, lo cual indica que está en el rango $\geq 0.3 \leq 0.75$, pero que es un reactivo algo difícil. Su Índice de Discriminación es de 0.09, lo cual no es ≥ 0.3 , por lo que

no discrimina. La opción B, 0.57 es atractivo para los malos, lo cual es bueno, 0.29 malos eligen la respuesta correcta y pocos la opción A, 0.14. La opción A es atractiva para los buenos, en igual proporción que la opción C, lo cual indica que hay que revisar la opción A.

Reactivo 7:

El % de los que respondieron correctamente, 0.24 no está en el rango de $\geq 0.3 \leq 0.75$, por lo que es un reactivo difícil. Su Índice de Discriminación es de 0.50 por lo que sí discrimina ya que se encuentra ≥ 0.3 . Los Bajos se fueron por las opciones B (0.57) y C (0.43), lo cual es bueno. Pero, hubo Altos que se fueron por las opciones B (0.38) y C (0.13). Por lo que los dos distractores funcionan correctamente.

Reactivo 8:

El 0.28 del % de los que respondieron correctamente no está en el rango de $\geq 0.3 \leq 0.75$, por lo que es un reactivo difícil. Su Índice de Discriminación de 0.63 es ≥ 0.3 entonces sí discrimina. Todos los Bajos optaron por la opción A (1.00). La mayoría de los Altos eligió la opción correcta B, 0.63, pero hubieron quienes eligieron las opciones A (0.25) y C (0.13). Por lo que los dos distractores funcionan correctamente.

Reactivo 9:

El % de los que respondieron correctamente también es de 0.28 y no está en el rango de $\geq 0.3 \leq 0.75$, haciéndolo un reactivo difícil. Su Índice de Discriminación de 0.5 sí es ≥ 0.3 , por lo que sí discrimina. Los Bajos optaron por los distractores B (0.29) y C (0.71). Mientras que la mitad de los Altos (0.50) eligió la respuesta correcta A, y la otra mitad eligió el distractor C (0.50). Por lo que los dos distractores funcionan correctamente.

Reactivo 10:

El % de los que respondieron correctamente es de 0.08, lo cual está totalmente fuera del rango $\geq 0.3 \leq 0.75$, indicando que es un reactivo difícil o que está mal planteado. Su Índice de Discriminación es de 0.25 lo cual tampoco es ≥ 0.3 indicando que no discrimina. Los Bajos optaron por los distractores A (0.71) y B (0.29), lo cual es correcto. Pero, la mayoría de los Altos optaron por el distractor B (0.50) en lugar de la opción correcta C (0.25). La opción B es más atractiva para los Altos que la respuesta correcta, lo cual es un indicador de que se debe revisar la opción B. Es conveniente cambiar el reactivo por su alto nivel de dificultad.

Es importante revisar los reactivos 1, 6 y 10 debido a que los reactivos 6 y 10 no discriminan y son difíciles y el reactivo 1 por ser fácil. Modificando las opciones es una buena alternativa.

De los diez reactivos que se elaboraron, son tres los que se deben modificar.

El promedio del examen, 4.64 es bajo, pero para un examen de preparación para la certificación está en lo correcto. Normalmente se tiende a tener exámenes difíciles, pero es importante que discrimine entre los evaluados que tienen las (sub)habilidades de los que no las tienen.

El total de evaluados fue de 25. Se divide en tres grupos dando 7 alumnos en el grupo de los bajos y 8 alumnos en el grupo de los altos. La calificación máxima del grupo de los bajos es de 3 y la calificación mínima del grupo de los altos de 6. Esto confirma que es un examen difícil.

Con respecto a los criterios para elaborar buenos reactivos de examen que se mencionaron en el MARCO TEÓRICO se puede ver que los reactivos cumplen con estos criterios:

-con el primer criterio: hubo un alto grado de congruencia entre un reactivo particular y el objetivo específico de todo el examen (constructo operativo) y está relacionado a interpretaciones válidas de los resultados del examen.

-con el segundo criterio: el objetivo específico (constructo operativo) está claramente definido.

-con el tercer criterio: la contribución a la medición del error de cada reactivo en los resultados del examen fue casi mínimo.

-con el cuarto criterio: el formato fue el apropiado a los propósitos del examen.

-con el quinto criterio: cada reactivo cumplió suposiciones técnicas.

-con el sexto criterio: los reactivos del examen están bien escritos, siguiendo un estilo uniforme y estándares editoriales (gramática, dicción, uso, ortografía, puntuación y sintaxis).

-y con el séptimo y último criterio: los reactivos satisficieron cuestiones legales y éticas.

Relacionando los resultados obtenidos con lo que se quería medir en el examen que es el constructo operativo ((sub)habilidades) se puede deducir que en general el examen si discrimina entre los alumnos que tienen las (sub)habilidades de los que no las tienen.

CONCLUSIONES

Resultó adecuada la propuesta metodológica para elaborar reactivos de examen apropiados los cuales demandan de (sub)habilidades técnicas que requieren de niveles sofisticados de pensamiento según Osterlind, S. J. (*op.cit.*, 1989). También, se requiere cierta creatividad.

Se cumplió el propósito del examen con base en los requerimientos de la población al definir las especificaciones de los exámenes.

La selección de los textos resultó apropiada para cumplir con el constructo operativo.

El contenido de reactivos es válido, ya que se cumplió con el objetivo de los exámenes y se trabajó desde el constructo operativo.

Los reactivos son congruentes con las (sub)habilidades o procesos cognitivos que se mencionaron en el constructo operativo.

Se cumplió con la metodología propuesta al someter el examen a revisión por el elaborador y los cinco moderadores. Posteriormente, se elaboró una segunda versión al analizar y sistematizar sus observaciones obteniéndose el examen para aplicar.

Al aplicar el examen en una población similar a la población objetivo se obtuvieron los datos necesarios para el procesamiento y análisis estadístico del mismo.

El apoyo estadístico del programa ITEMAN es una herramienta que fue de gran importancia y relevancia para poder analizar cada uno de los reactivos y al examen en general.

Cada examen proporciona información confiable e importante acerca de los evaluados ((sub)habilidades). Es importante saber interpretar estos resultados para decidir cuáles hay que modificar, cambiar o reestructurar.

Se puede concluir que la propuesta metodológica de elaboración de exámenes de opción múltiple para la evaluación de comprensión de lectura en el idioma inglés para alumnos de la Facultad de Química es un procedimiento que implica no sólo conocimiento del tema a evaluar, sino también el dominio del idioma inglés y tener experiencia en el diseño y elaboración de exámenes de opción múltiple y por supuesto una práctica continua.

Fue minucioso el trabajo desde un inicio y me tomó tiempo elaborar los exámenes, aplicarlos, analizarlos y evaluarlos. Esto me dejó una gran satisfacción por los resultados y el esfuerzo que representó la elaboración del mismo.

En puerta quedan tres propuestas de exámenes para su aplicación, análisis y evaluación. Espero que esta metodología sea una contribución para quien aplique los exámenes en un futuro cuente con los elementos necesarios expuestos en este trabajo para ello.

Considero que esta metodología es una herramienta muy útil para los profesores de la Facultad de Química y que continuamente se aplique y se actualice para beneficio de los alumnos y elevar la calidad educativa de la Facultad.

REFERENCIAS

Osterlind, S. J. (1989). *Constructing test items*. Boston, MA/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publishers. (17-61, 62-113)

Gronlund, N. E. (1988). *Assessment of student achievement*. 6th. Edition. Boston, MA/USA: Allyn and Bacon. (31-51, 53-79, 113-133)

Haladyna, T. M. (1997). *Writing test items to evaluate higher order thinking*. Boston, MA: Allyn and Bacon. (13-34, 223-236, 237-259)

Kehoe, J. (1995). Writing Multiple-Choice Test Items. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 4(9).

Hambleton, R. & Rodgers, J. (1995). Item Bias Review. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 4(6).

Rudner, Lawrence (1998). Item Banking. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 6(4).

Stephen, I. and William B. M. (1997) *Handbook in research and evaluation. A collection of principles, methods, and strategies useful in the planning, design, and evaluation of studies in education and the behavioral sciences*. 3rd. Edition. California: Education and Industrial Testing Services.

Brown, J. D. (2000). What is construct validity. En SHIKEN: JALT Testing and Evaluation SIG Newsletter, Vol. 4(2) Autumn 2000 (pp 8-12). Recuperado en http://jalt.org/test/bro_8.htm

Messick, S. (1988). The once and future issues of validity: Assessing the meaning and consequences of measurement. In H. Wainer & H. I. Braun (Eds.), *Test validity* (33-45). Hillsdale, NJ:Lawrence Erlbaum Associates. En Shiken 2000:JALT Testing & Evaluation SIG Newsletter 4(2) (5)

Messick, S. (1989). Validity. In R. L. Linn (Ed.), *Educational measurement* (3rd Ed.) (13-103). New York:Macmillan. En Shiken 2000:JALT Testing & Evaluation SIG Newsletter Vol. 4(2) (5)

Cronbach, 1971; Cronbach & Meehl, 1955; Messick, 1975. En Osterlind, S. J. (*op.cit.*, 1989)

Heaton, J. B. (1979). *Writing English Language Tests*. Singapore: Longman.

Weir C. and Khalifa, H. (2008): A cognitive processing approach towards defining Reading comprehension. En Cambridge ESOL: Research Notes, Issue 31:February 2008 (pp.2-10). Recuperado en http://www.cambridgeesol.org/rs_notes/rs_nts31.pdf on September, 2010.

Spolsky, B. (1994). Comprehension testing, or can understanding be measured? En Brown, G. et al. (1994): *Language and Understanding*, UK: OUP.

The Council of Europe (2001). *Common European Framework for Languages: Learning Teaching Assesment*, Strasbourg.

Instituto Cervantes para la traducción en español (2002). http://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca_ele/marco/cvc_mer.pdf, 71-72. Consultada el 170113.

Laing, M. (2001). Metals: what makes them react? *Education in Chemistry*, 38(77-79)

Nelson, F. C. (1996). To be a molecule or not to be? *Education in Chemistry*, September, (129-130)

Fritsch, C.; Scheifler, R.; Beaugelin-Seiller, K.; Hubert, P.; Coeurdassier, M.; de Vaufleury, A.; Badot, Pierre-M. (2008). Biotic interactions modify the transfer of cesium-137 in a soil-earthworm-plant-snail food web *Environmental toxicology and chemistry*, 27, (8), 1698-1707

Spin, science and climate change *The Economist* March 20th 2010 (11) section: Leaders.

Mora, Martha (2011) Taller: Introducción al Diseño de Exámenes de Opción Múltiple para Evaluar Comprensión de Lectura en Inglés, 24-28 01 11

ITEM Analysis with ITEMAN and RASCAL por Donnelly, JP. *Measurement and Evaluation in Counseling and Development*, 1994, 26 (4), 269–273. Lo cita el libro de Haladyna, T. M. (1997): 238

AERA/APA/NCME (1985) (American Psychological Association, APA; American Educational Research Association, AERA; National Council on Measurement in Education, NCME). The meaning of validity in the new Standards for Educational and Psychological Testing: Implications for measurement courses por Goodwin, LD y Leech, NL. *Measurement and Evaluation In Counseling and Development*, 2003, 36 (3), 181–191. Lo cita el libro de Osterlind, S. J. (1989): 5

ANEXOS

Otras propuestas de exámenes de opción múltiple de comprensión de lectura aun no piloteadas, son las siguientes (To be a molecule or not to be; Biotic interactions modify the transfer of cesium; Spin, science and climate change.):

To be a molecule, or not to be?

TABLA DE ESPECIFICACIONES

1	Población	Estudiantes de la UNAM: Lic. Química (primeros semestres).
2	Propósito del examen	Preparación para la certificación de comprensión de lectura.
3	Nivel de dificultad	B2
4	Duración máxima estimada del examen	45 min.
5	Técnica o formato a usar	Opción Múltiple: 3 (opción correcta y dos distractores).
6	Número de reactivos	10

CLAVE DE RESPUESTAS

1. c	3. a	5. b	7. c	9. b
2. b	4. a	6. c	8. b	10. a

To be a molecule, or not to be?

Peter G. Nelson

Sodium chloride does not contain NaCl molecules or silicon dioxide SiO₂ molecules. How can students be taught this?

The distinction between molecular substances (*e.g.* air and ether) and non-molecular ones (*e.g.* salt, iron, quartz and diamond) is an important one in chemistry. Substances in the two classes differ markedly in physical properties, in the methods used to determine their structure, and in the theories used to describe their bonding. Students should be introduced to this distinction at an early stage in their chemistry course. This is not, however, easy to do.

The recognition that not all substances are molecular came relatively late in the development of chemistry, when the Braggs determined the structures of some salts and minerals by X-ray diffraction. This is too advanced a technique to be shown to beginners, while simply presenting the results *ex cathedra* is against the spirit of science, and makes for a bad scientific training.

Here I describe a solution to this problem, which assumes that students have been taught the atomic theory. They will then be familiar with the idea that gases contain molecules, and know how molecular masses can be determined from gas densities.

Different substances

Substances vary widely in volatility, and can therefore be classified into two main groups.

Type 1. Volatile substances

These have a low boiling point (less than *ca* 100°C). If they are coloured, they usually have the same colour as the solid, liquid, or gas (*e.g.* chlorine and bromine). Each dissolves in a range of other volatile substances – if coloured, usually without a change in colour. These properties suggest that volatile substances are molecular in every phase, *i.e.* solid, liquid, gas, and solution, Fig 1(a) and (b), and that the forces between molecules are relatively weak.

Type 2. Semi-volatile and involatile substances

These have a boiling point greater than, or much greater than, *ca* 100°C. They can be broadly divided into two sub-types.

* *Type 2A. Substances that dissolve in volatile ones.* These have similar properties to volatile substances, but they are less volatile. They dissolve in a range of volatile solvents, and preserve their colours in different phases (*e.g.* coloured organic compounds). Most organic and organometallic compounds fall into this class. These properties suggest that substances of this type are also molecular in every phase. This is supported by the colligative properties of their solutions in

volatile solvents, *i.e.* depression of the freezing point, elevation of the boiling point *etc.* For dilute solutions these changes are generally proportional to the fraction of solute molecules in a solution, the number of solute or solvent molecules being calculated from the mass of solute or solvent and of its gaseous molecule:

$$N = m(\text{substance}) / m(\text{molecule}) \quad (1)$$

The boiling points of substances of types I and 2A generally increase with the number of atoms in a molecule, and with the masses of these atoms. For example, they generally increase with n for $C_nH_{2n+1}X$ and with $m(\text{Hal})$ for $R\text{Hal}$. This implies that the forces between the molecules of these substances generally increase with the number of atoms and their masses. Type 2A substances can nevertheless dissolve in type I substances because, in general, the more atoms a molecule has, the greater the number of solvent molecules it can interact with, and the heavier its atoms are, the stronger these interactions will be. Thus higher paraffins, *e.g.* $n\text{-C}_{30}\text{H}_{62}$, mp 66°C , bp 450°C , dissolve in lower ones, and buckminsterfullerene (C_{60}), despite an estimated boiling point of 1250°C , is soluble in a range of organic solvents.

**Type 2B. Substances that are generally insoluble in volatile ones.* These are insoluble in all, or nearly all, volatile substances, other than by chemical reaction. If they are coloured, there is usually a change in colour between the

solid or liquid and the gas (*e.g.* metals). Their boiling points are generally much higher than those of type 1 or 2A substances having gaseous molecules of the same atomicity (*e.g.* Fe compared with Ar, and NaCl compared with HCl or ICl). This class includes metals, salts, and adamantane substances (diamond, quartz *etc.*). Salts generally dissolve in water, but their solutions have unusual properties, *e.g.* they conduct electricity while undergoing electrolysis, and have colligative properties corresponding to smaller units than in the gas phase.

The low volatility of these substances compared with type 1 or 2A substances, having similar gaseous molecules, implies that their gaseous molecules attract each other much more strongly than those of the latter. The change in colour of coloured substances of this type on condensation further implies that these interactions give rise to a different structure in the liquid or solid, one in which the identity of the molecules is lost. These observations suggest that molecules join together in the liquid or solid, to give a continuous network of atoms, with strong bonds throughout the network, as shown in *Fig 1(c)*. Networks can be envisaged in one, two, or three dimensions.

For these substances to dissolve in a volatile solvent, sufficiently strong bonds have to be formed between units of the

network and solvent molecules to overcome the bonding between the units. Since the bonds usually formed by the molecules of volatile substances will be too weak for this, type 2B substances are generally insoluble. That salts dissolve in water implies a particularly strong kind of bonding between their atoms and water molecules.

I refer here to 'atoms' because an ion is a more advanced concept and is best introduced later. The term atom can include ions (meaning charged atoms). It is in any case difficult to maintain a distinction between atoms and ions, *e.g.* in the series of compounds NaF, MgO, AlN, and SiC.

Structural classification

Students can be told that the kinds of structure suggested for different types of substance are confirmed by X-ray crystallography and other methods, and can be shown the structures of some substances. However, they have sufficient grounds for accepting the different kinds of structure without this. Some substances cannot be correctly classified without further data (those having molecular and non-molecular forms of similar energy, *e.g.* dinitrogen pentoxide, aluminium chloride, phosphorus pentachloride), but their number is relatively small. So, in general substances of types 1 and 2A can be described as 'molecular' and those of type 2B as 'non-molecular'. Molecular substances made up of very large molecules may be described as 'macromolecular'. Some authors also describe substances of type 2B as 'macromolecular', but I feel that it is

better to reserve this term for substances like proteins which, in bulk, still comprise many molecules, and use another term for substances like salt, iron, quartz, and diamond. These are 'non-molecular' in the sense that they do not comprise *moleculae*, 'little masses'. (This term is used in the title of the latest volume of *Inorganic syntheses*.)

NOMBRE: _____

QUÍMICA INORGÁNICA I

SEMESTRE: 2013-1

Profesora: Silvia Bello Garcés **Servicio social:** Everardo Tapia Mendoza

EXAMEN: To be a molecule or not to be. Elaboró: Margarita Ortega Romero

Tiempo estimado: 45 min. **Tipo:** *INDIVIDUAL* **Fecha:**

CUESTIONARIO

INSTRUCCIONES: El examen debe estar contestado con tinta negra o azul, con letra grande y clara. Lee las siguientes preguntas y elige la mejor opción según el texto. Cada pregunta equivale un punto. ¡ÉXITO!

1. La diferencia entre un diamante y el aire es
 - a) las teorías y los métodos utilizados para estudiar cada sustancia.
 - b) la naturaleza molecular de la sustancia.
 - c) la estructura, propiedades físicas y enlaces de cada cual.

2. La difracción de rayos-X es una técnica que
 - a) es relativamente reciente en el desarrollo de la química.
 - b) apoyó al hecho de que no todas las sustancias son moleculares.
 - c) se utilizaba para determinar sales y minerales.

3. Las sustancias volátiles en sus diferentes fases son moleculares debido a
 - a) que se disuelven en otras sustancias volátiles y su color permanece igual.
 - b) sus propiedades y las fuerzas débiles entre moléculas.
 - c) que su color no permanece igual en todos los estados y su punto de ebullición es menor que 100°C.

4. Las sustancias semi-volátiles se diferencian de las volátiles en
 - a) el punto de ebullición y su solubilidad.
 - b) que conservan su color en las diferentes fases de la materia.
 - c) que son moleculares en cada fase de la materia.

5. De acuerdo con el texto, los puntos de ebullición de las sustancias tipo 1 y 2A son implícitamente afectados por

- a) la masa de los átomos en una molécula.
- b) las fuerzas entre los átomos.
- c) el número de átomos en una molécula.

6. Las sustancias de tipo 2B se diferencian de otras sustancias en que:

- a) es necesaria una reacción química para que todas sean solubles.
- b) su color permanece igual en la mayoría de los estados de la materia.
- c) tienen puntos de ebullición más altos y generalmente son insolubles.

7. Según el texto, las propiedades de las sustancias del tipo 2B hacen que sus moléculas

- a) tengan atracciones muy fuertes.
- b) pierdan identidad cuando cambian color.
- c) estén en una red de átomos con enlaces fuertes.

8. Las sustancias de tipo 2B son generalmente insolubles debido a que los enlaces

- a) en el disolvente son muy fuertes.
- b) de las moléculas de la sustancia son fuertes.
- c) de las moléculas de la sustancia y del disolvente son fuertes.

9. Las estructuras de los diferentes tipos de sustancias se pueden clasificar

- a) utilizando la cristalografía de rayos-x únicamente.
- b) y algunas con la recopilación de mayor información.
- c) aunque sean de energías moleculares y no moleculares.

10. Para el autor, el término 'macromolecular' se refiere a sustancias

- a) como las proteínas.
- b) clasificadas como 2b.
- c) moleculares de moléculas muy grandes.

To be a molecule, or not to be?

Peter G. Nelson

Sodium chloride does not contain NaCl molecules or silicon dioxide SiO₂ molecules. How can students be taught this?

The distinction between molecular substances (*e.g.* air and ether) and non-molecular ones (*e.g.* salt, iron, quartz and diamond) is an important one in chemistry. (1c)Substances in the two classes differ markedly in physical properties, (1a)in the methods used to determine their structure, and in the theories used to describe their bonding. Students should be introduced to this distinction at an early stage in their chemistry course. This is not, however, easy to do.

(2b)The recognition that not all substances are molecular (2a)came relatively late in the development of chemistry, when the Braggs (2c)determined the structures of some salts and minerals by X-ray diffraction. This is too advanced a technique to be shown to beginners, while simply presenting the results *ex cathedra* is against the spirit of science, and makes for a bad scientific training.

Here I describe a solution to this problem, which assumes that students have been taught the atomic theory. They will then be familiar with the idea that gases contain molecules, and know how molecular masses can be determined from gas densities.

Different substances

Substances vary widely in volatility, and can therefore be classified into two main groups.

Type 1. Volatile substances

(3c)These have a low boiling point (less than *ca* 100°C). If they are coloured, they usually have the same colour as the solid, liquid, or gas (*e.g.* chlorine and bromine).

(3a)Each dissolves in a range of other volatile substances – if coloured, usually without a change in colour. (3b)These properties suggest that volatile substances are molecular in every phase, *i.e.* solid, liquid, gas, and solution, Fig 1(a) and (b), and that the forces between molecules are relatively weak.

Type 2. Semi-volatile and involatile substances

(4a)These have a boiling point greater than, or much greater than, *ca* 100°C. They can be broadly divided into two sub-types.

* *Type 2A. Substances that dissolve in volatile ones.* These have similar properties to volatile substances, but they are less volatile. They dissolve in a range of volatile solvents, and (4b)preserve their colours in different phases (*e.g.* coloured organic compounds). Most organic and organometallic compounds

fall into this class. These properties suggest that substances of this type (4c) are also molecular in every phase. This is supported by the colligative properties of their solutions in volatile solvents, *i.e.* depression of the freezing point, elevation of the boiling point *etc.* For dilute solutions these changes are generally proportional to the fraction of solute molecules in a solution, the number of solute or solvent molecules being calculated from the mass of solute or solvent and of its gaseous molecule:

$$N = m(\text{substance}) / m(\text{molecule}) \quad (1)$$

(5b) The boiling points of substances of types I and 2A generally increase with the (5c) number of atoms in a molecule, and (5a) with the masses of these atoms. For example, they generally increase with n for $C_nH_{2n+1}X$ and with $m(\text{Hal})$ for $R\text{Hal}$. (5b) This implies that the forces between the molecules of these substances generally increase with the number of atoms and their masses. Type 2A substances can nevertheless dissolve in type I substances because, in general, the more atoms a molecule has, the greater the number of solvent molecules it can interact with, and the heavier its atoms are, the stronger these interactions will be. Thus higher paraffins, *e.g.* $n\text{-C}_{30}\text{H}_{62}$, mp 66°C , bp 450°C , dissolve in lower ones, and buckminsterfullerene (C_{60}), despite an estimated boiling point of 1250°C , is soluble in a range of organic solvents.

*Type 2B. (6c) Substances that are generally insoluble in volatile ones. (6a) These are insoluble in all, or nearly all, volatile substances, other than by chemical reaction. (6b) If they are coloured, there is usually a change in colour between the solid or liquid and the gas (*e.g.* metals). (6c) Their boiling points are generally much higher than those of type 1 or 2A substances having gaseous molecules of the same atomicity (*e.g.* Fe compared with Ar, and NaCl compared with HCl or ICl). This class includes metals, salts, and adamantane substances (diamond, quartz *etc.*). Salts generally dissolve in water, but their solutions have unusual properties, *e.g.* they conduct electricity while undergoing electrolysis, and have colligative properties corresponding to smaller units than in the gas phase.

(7a) The low volatility of these substances compared with type 1 or 2A substances, having similar gaseous molecules, implies that their gaseous molecules attract each other much more strongly than those of the latter. (7b) The change in colour of coloured substances of this type on condensation further implies that these interactions give rise to a different structure in the liquid or solid, one in which the identity of the molecules is lost. (7c) These observations suggest that molecules join together in the liquid or solid, to give a continuous network of atoms, with strong bonds throughout the

network, as shown in *Fig 1(c)*. Networks can be envisaged in one, two, or three dimensions.

(8a) For these substances to dissolve in a volatile solvent, sufficiently strong bonds have to be formed between units of the network and solvent molecules to overcome the bonding between the units.

(8b) Since the bonds usually formed by the molecules of volatile substances will be too weak for this, type 2B substances are generally insoluble. That salts dissolve in water implies a particularly strong kind of bonding between their atoms and water molecules.

I refer here to 'atoms' because an ion is a more advanced concept and is best introduced later. The term atom can include ions (meaning charged atoms). It is in any case difficult to maintain a distinction between atoms and ions, *e.g.* in the series of compounds NaF, MgO, AlN, and SiC.

Structural classification

Students can be told that (9a) the kinds of structure suggested for different types of substance are confirmed by X-ray crystallography and other methods, and can be shown the structures of some substances. However, they have sufficient grounds for accepting the different kinds of structure without this. (9b) Some substances cannot be correctly classified without further data (those having (9c) molecular and non-molecular forms of similar energy, *e.g.* dinitrogen pentoxide, aluminium chloride, phosphorus pentachloride), but their number is relatively small. So, in general substances of types 1 and 2A can be

described as 'molecular' and those of type 2B as 'non-molecular'. (10c) Molecular substances made up of very large molecules may be described as 'macromolecular'. (10b) Some authors also describe substances of type 2B as 'macromolecular', (10a) but I feel that it is better to reserve this term for substances like proteins which, in bulk, still comprise many molecules, and use another term for substances like salt, iron, quartz, and diamond. These are 'non-molecular' in the sense that they do not comprise *moleculae*, 'little masses'. (This term is used in the title of the latest volume of *Inorganic syntheses*.)

Biotic interactions modify the transfer of cesium-137 in a soil-earthworm-plant-snail food web

TABLA DE ESPECIFICACIONES

1	Población	Estudiantes de la UNAM: Lic. Química (primeros semestres).
2	Propósito del examen	Preparación para la certificación de comprensión de lectura.
3	Nivel de dificultad	B2
4	Duración máxima estimada del examen	45 min.
5	Técnica o formato a usar	Opción Múltiple: 3 (opción correcta y dos distractores).
6	Número de reactivos	10

CLAVE DE RESPUESTAS

1. a	3. c	5. b	7. c	9. b
2. b	4. c	6. a	8. b	10. a

Biotic interactions modify the transfer of cesium-137 in a soil-earthworm-plant-snail food web

Cesium-137 (^{137}Cs) is one of the most frequent artificial radionuclides found in European soils because of different anthropogenic discharges, such as atmospheric nuclear weapons testing, accidental releases from nuclear power plants, and chronic emissions from nuclear reactors and fuel-reprocessing plants. When releases have occurred in the atmosphere, condensed aerosols of the more volatile elements (cesium, iodine, and ruthenium) have been released worldwide.

The distribution of radiocesium in the environment is then related to the chemical properties of Cs^+ , which generally dictate a high degree of mobility and bioavailability of the radionuclide. Cesium-137 is an emitter of gamma and beta radiation, with a long radioactive half-life (30.17 years) compared to human life expectancy. Because of these characteristics, ^{137}Cs may be toxic to human health and wildlife, not because of direct chemical toxicity of Cs ions but, rather, because of its radiation, which may lead to physiological and genetic damages. Depending on the radiosensitivity of the considered organism and of the dose that it receives, ionizing radiation causes mortality, decrease of growth and of reproductive capacities, or chromosomal damage. Deleterious effects of ^{137}Cs exposure on various organisms (plants, invertebrates, and vertebrates) have already been shown. Hence, numerous studies have investigated radiocesium fate

in the environment and the subsequent risks for living organisms.

The improvement of current risk assessment procedures notably requires a better knowledge of the mechanisms involved in the transfer of ^{137}Cs in food webs, including the parameters that may affect its bioavailability. Most radio-ecological works have focused on the influence of abiotic factors (mainly soil physicochemical characteristics) on ^{137}Cs bio-availability. The role of biotic factors like earthworm activity, however, should not be neglected.

Earthworms are, indeed, considered to be engineer soil organisms that have a major importance in soil functioning. They play a role in the incorporation, fragmentation, and decomposition of organic matter (OM) as well as in humus formation, in soil porosity (and then water fluxes), and in the distribution and bioavailability of major nutrient elements (nitrogen, potassium, etc.). Bioturbation also has been shown to influence the vertical and horizontal distribution of various contaminants, including ^{137}Cs . As a consequence, earthworms might have an effect on the contamination of other organisms. For instance, Wen et al. showed that the activity of *Eisenia fetida* worms increased the mobility and the bioavailability of various heavy metals to wheat (*Triticum aestivum*). In a study on the Chinese cabbage *Brassica rapa*, inverse results were found, with *E. fetida* activity decreasing the bioaccumulation

of cadmium and copper in the plant. The only study that we found dealing with the transfer from soil to animal showed that *Aporrectodea tuberculata* significantly increased the transfer of cadmium, copper, and zinc from a soil to snails

(*Cantareus aspersus*). To our knowledge, the influence of earthworms on ^{137}Cs bioavailability has never been studied.

Soil animals can be contaminated by three routes of exposure (digestive, dermal, and/or respiratory) and various sources (inorganic or organic soil particles, living or dead plant material, etc.), which make understanding of the mechanisms of soil-to-animal transfer difficult. Avery suggests that the most important route of ^{137}Cs accumulation in animals is consumption of contaminated food. Diet is, indeed, thought to have the main role in intra- and interindividual differences in contamination levels. Accurate data about the contribution of different sources in the total ^{137}Cs contamination in an organism, however, are scarce.

In recent years, studies and initiatives from international organizations dealing with protection of nonhuman biota against ionizing radiation have increased, showing a need for tools and knowledge in radioecological risk assessment. Among the identified requirements, the need for additional information regarding the biological effects of radiation at environmentally significant dose rates has been emphasized. Calculation of dose rates is an essential step in risk assessment procedures, but even though concepts are well defined, application still needs to be improved. To date, dosimetric models available for nonhuman biota are much less sophisticated than those available for humans. Notably, current models do not allow dose calculation whatever the organism and the situation of exposure. The newly developed EDEN (elementary dose evaluation for natural environment) model attempts to resolve

this lack of flexibility and aims at calculating dose rates for every nonhuman organism under many different exposure pathways.

The first aim of the present study was to assess the influence of *A. tuberculata* activity on the transfer of ^{137}Cs from soil to plant (the lettuce *Lactuca sativa*) and from soil to invertebrate (the brown garden snail, *C. aspersus*). *Aporrectodea tuberculata* is an endogeic earthworm that impacts decomposition activity, nutrient mineralization, and primary production and that frequently is used for ecotoxicological experiments. The terrestrial gastropod *C. aspersus* is an herbivorous and detritivorous organism, eating OM, fungi, living plants, and soil. It thus integrates these different sources of exposure. *Cantareus aspersus* is one of the most commonly used snail species in ecotoxicology because of its capacity to accumulate inorganic contaminants. Some studies successfully investigated its potential use as a biomonitor of radioactive contamination. Moreover, this species is a prey item for many predators, and it is even consumed by humans in some countries. Thus, snails may constitute a vector of ^{137}Cs through food webs. The lettuce was chosen as a plant model, both because it could be of concern in human intoxication by ^{137}Cs after an accidental release of radionuclides and because this plant is well accepted as a food source by snails.

The second aim of the present study was to estimate the relative contribution of biotic (plant) and abiotic (soil) sources in the total accumulation of ^{137}Cs in snail tissues. Finally, we aimed to calculate the dose rates with the EDEN model.

Biotic interactions modify the transfer of cesium-137 in a soil-earthworm-plant-snail food web.

Lee las siguientes preguntas y elige la mejor opción según el texto Biotic interactions modify the transfer of cesium-137 in a soil-earthworm-plant-snail food web. Cada pregunta equivale a un punto. Tienes 45 min para resolverlo. Puedes consultar el diccionario.

1. El Cesio-137 es uno de los más frecuentes radionúclidos artificiales
 - a) debido a derrames antropogénicos.
 - b) en los suelos Europeos por ser un elemento volátil.
 - c) por el procesamiento de combustible y plantas nucleares.

2. La distribución de radio Cesio en el ambiente
 - a) es proporcional a su movilidad y biodisponibilidad.
 - b) puede ser tóxico para seres vivos debido a su radiación.
 - c) es debido a su larga vida media radioactiva.

3. Se han hecho estudios de radio Cesio en el ambiente y los riesgos a organismos vivos
 - a) ya que el crecimiento y las capacidades reproductoras se han visto afectadas.
 - b) debido a la alta mortalidad encontrada.
 - c) por los efectos nocivos mostrados en estos.

4. La transferencia de Cesio en las redes alimentarias

- a) es debido a la influencia de factores abióticos como bióticos.
- b) incluye parámetros que pueden afectar su biodisponibilidad.
- c) es importante para mejorar los procedimientos de contribución de riesgos.

5. Las lombrices afectan el funcionamiento del suelo

- a) en la medida que la porosidad del suelo lo permita.
- b) por lo que le hacen a la materia orgánica como a la tubulación que forman.
- c) y este a su vez afecta a los elementos nutritivos.

6. Las lombrices pueden tener un efecto en la contaminación de otros organismos ya que se ha mostrado que afectan

- a) la movilidad y biodisponibilidad de contaminantes a plantas como a caracoles.
- b) afectan a los caracoles directamente.
- c) incrementando y disminuyendo la bioacumulación de metales pesados.

7. La transferencia de contaminantes de suelo-a-animal es difícil de entender por las diferentes rutas de exposición como las diversas fuentes

- a) es decir, los niveles de contaminación son afectados por las diferencias intra e inter individuales.
- b) por lo que la cantidad de Cs en un organismo es impreciso.
- c) pero la dieta juega un papel importante.

8. El modelo EDEN aspira calcular los porcentajes de dosis para organismos no humanos y bajo diversas vías de exposición

- a) debido a los efectos biológicos de la radiación y las dosis insignificantes ambientalmente.
- b) ya que la necesidad de herramientas y de conocimiento de riesgos radio ecológicos han aumentado.
- c) debido a la radiación de ionización en la contribución de riesgo radioecológico.

9. El propósito del estudio fue el de

- a) valorar como una lombriz transmitía Cesio-137 a una planta y esta a un caracol.
- b) analizar la transmisión de Cesio-137 del suelo a plantas como a animales.
- c) asesorar la influencia de Cesio-137 en plantas y en animales.

10. La razón por la que se escogió a este caracol en particular

- a) es que puede medir la contaminación radioactiva acumulando sustancias tóxicas.
- b) por ser uno de los organismos más usados en la eco toxicología.
- c) es la probabilidad que existe en que sea un vector de Cesio-137 en la red alimenticia.

Biotic interactions modify the transfer of cesium-137 in a soil-earthworm-plant-snail food web

Cesium-137 (^{137}Cs) is one of the most frequent artificial radionuclides found in European soils because of different anthropogenic discharges, such as atmospheric nuclear weapons testing, accidental releases from nuclear power plants, and chronic emissions from nuclear reactors and fuel-reprocessing plants. When releases have occurred in the atmosphere, condensed aerosols of the more volatile elements (cesium, iodine, and ruthenium) have been released worldwide.

The distribution of radiocesium in the environment is then related to the chemical properties of Cs^+ , which generally dictate a high degree of mobility and bioavailability of the radionuclide. Cesium-137 is an emitter of gamma and beta radiation, with a long radioactive half-life (30.17 years) compared to human life expectancy. Because of these characteristics, ^{137}Cs may be toxic to human health and wildlife, not because of direct chemical toxicity of Cs ions but, rather, because of its radiation, which may lead to physiological and genetic damages. Depending on the radiosensitivity of the considered organism and of the dose that it receives, ionizing radiation causes mortality, decrease of growth and of reproductive capacities, or chromosomal damage. Deleterious effects of ^{137}Cs exposure on various organisms (plants, invertebrates, and vertebrates) have already been shown. Hence, numerous

studies have investigated radiocesium fate in the environment and the subsequent risks for living organisms.

The improvement of current risk assessment procedures notably requires a better knowledge of the mechanisms involved in the transfer of ^{137}Cs in food webs, including the parameters that may affect its bioavailability. Most radio-ecological works have focused on the influence of abiotic factors (mainly soil physicochemical characteristics) on ^{137}Cs bio-availability. The role of biotic factors like earthworm activity, however, should not be neglected.

Earthworms are, indeed, considered to be engineer soil organisms that have a major importance in soil functioning. They play a role in the incorporation, fragmentation, and decomposition of organic matter (OM) as well as in humus formation, in soil porosity (and then water fluxes), and in the distribution and bioavailability of major nutrient elements (nitrogen, potassium, etc.). Bioturbation also has been shown to influence the vertical and horizontal distribution of various contaminants, including ^{137}Cs . As a consequence, earthworms might have an effect on the contamination of other organisms. For instance, Wen et al. showed that the activity of *Eisenia fetida* worms increased the mobility and the bioavailability of various heavy metals to wheat (*Triticum aestivum*). In a study on the Chinese cabbage *Brassica rapa*, inverse results were found, with *E. fetida* activity decreasing the bioaccumulation of cadmium and copper in the plant. The

only study that we found dealing with the transfer from soil to animal showed that *Aporrectodea tuberculata* significantly increased the transfer of cadmium, copper, and zinc from a soil to snails (*Cantareus aspersus*). To our knowledge, the influence of earthworms on ^{137}Cs bioavailability has never been studied.

Soil animals can be contaminated by three routes of exposure (digestive, dermal, and/or respiratory) and various sources (inorganic or organic soil particles, living or dead plant material, etc.), which make understanding of the mechanisms of soil-to-animal transfer difficult. Avery suggests that the most important route of ^{137}Cs accumulation in animals is consumption of contaminated food. Diet is, indeed, thought to have the main role in intra- and interindividual differences in contamination levels. Accurate data about the contribution of different sources in the total ^{137}Cs contamination in an organism, however, are scarce.

In recent years, studies and initiatives from international organizations dealing with protection of nonhuman biota against ionizing radiation have increased, showing a need for tools and knowledge in radioecological risk assessment. Among the identified requirements, the need for additional information regarding the biological effects of radiation at environmentally significant dose rates has been emphasized. Calculation of dose rates is an essential step in risk assessment procedures, but even though concepts are well defined, application still needs to be improved. To date, dosimetric models available for nonhuman biota are much less sophisticated than those available for humans. Notably, current

models do not allow dose calculation whatever the organism and the situation of exposure. The newly developed EDEN (elementary dose evaluation for natural environment) model attempts to resolve this lack of flexibility and aims at calculating dose rates for every nonhuman organism under many different exposure pathways.

The aim of the present study was to assess the influence of *A. tuberculata* activity on the transfer of ^{137}Cs from soil to plant (the lettuce *Lactuca sativa*) and from soil to invertebrate (the brown garden snail, *C. aspersus*). *Aporrectodea tuberculata* is an endogeic earthworm that impacts decomposition activity, nutrient mineralization, and primary production and that frequently is used for ecotoxicological experiments. The terrestrial gastropod *C. aspersus* is an herbivorous and detritivorous organism, eating OM, fungi, living plants, and soil. It thus integrates these different sources of exposure. *Cantareus aspersus* is one of the most commonly used snail species in ecotoxicology because of its capacity to accumulate inorganic contaminants. Some studies successfully investigated its potential use as a biomonitor of radioactive contamination. Moreover, this species is a prey item for many predators, and it is even consumed by humans in some countries. Thus, snails may constitute a vector of ^{137}Cs through food webs. The lettuce was chosen as a plant model, both because it could be of concern in human intoxication by ^{137}Cs after an accidental release of radionuclides and because this plant is well accepted as a food source by snails.

Spin, science and climate change

TABLA DE ESPECIFICACIONES

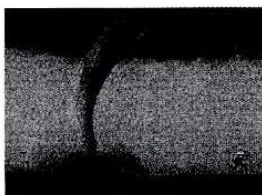
1	Población	Estudiantes de la UNAM: Lic. Economía (primeros semestres).
2	Propósito del examen	Preparación para la certificación de comprensión de lectura
3	Nivel de Dificultad	B2
4	Duración máxima estimada del examen	45 min.
5	Técnica o formato a usar	Opción Múltiple: 3
6	Número de reactivos	15

CLAVE DE RESPUESTAS

1. c	3. a	5. c	7. a	9. c	11. c	13. a	15. a
2. b	4. c	6. b	8. a	10. b	12. b	14. a	

Spin, science and climate change

Action on climate is justified, not because the science is certain, but precisely because it is not



CLIMATE-change legislation, dormant for six months, is showing signs of life again in Washington, D.C. This week senators and industrial groups have been discussing a compromise bill to introduce mandatory controls on carbon (see page 46). Yet

although green activists around the world have been waiting for 20 years for American action, nobody is cheering. Even if discussion ever turns into legislation, it will be a pale shadow of what was once hoped for.

The mess at Copenhagen is one reason. So much effort went into the event, with so little result. The recession is another. However much bosses may care about the planet, they usually mind more about their bottom line, and when times are hard they are unwilling to incur new costs. The bilious argument over American health care has not helped: this is not a good time for any bill that needs bipartisan support. Even the northern hemisphere's cold winter has hurt. When two feet of snow lies on the ground, the threat from warming seems far off. But climate science is also responsible. A series of controversies over the past year have provided heavy ammunition to those who doubt the seriousness of the problem.

Three questions arise from this. How bad is the science? Should policy be changed? And what can be done to ensure such confusion does not happen again? Behind all three lies a common story. The problem lies not with the science itself, but with the way the science has been used by politicians to imply certainty when, as often with science, no certainty exists.

What went wrong and what did not

When governments started thinking seriously about climate change they took the sensible step of establishing, in 1989, the Intergovernmental Panel on Climate Change. It was designed to get scientists to work out what was happening to the climate, and to get governments to sign off on the scientists' conclusions. It has done the job of basic science pretty well. There have been occasional complaints both that it has overstated the extent of the problem, and that it has understated it. Its reports trawl through all recent climate science. The wide range of the outcomes it predicts—from a mildly warming global temperature increase of 1.1°C by the end of the century to a hellish 6.4°C—illustrate the uncertainties it is dealing with.

But the ambiguities of science sit uncomfortably with the demands of politics. Politicians, and the voters who elect them, are more comfortable with certainty. So “six months to save the planet” is more likely to garner support than “there is a high probability—though not by any means a certainty—that serious climate change could damage the biosphere, depending on levels of economic growth, population growth and innovation.” Politics, like journalism, tends to simplify and exaggerate. Hence the advertisements that the British government has been running, using nursery rhymes: “Jack and Jill went up the hill to fetch a pail of water. There was none as extreme weather due to climate change had caused a drought.”

Such an approach may, in the short term, have encouraged some voters to support measures to combat climate change. But implying that Britain's children face some sort of Saharan future is wrong, and dangerous. This week Britain's Advertising Standards Authority slapped the government for its infantile advertisements. And there has been worse.

In November, shortly before the Copenhagen climate summit, a stash of e-mails from and to various researchers at the Climatic Research Unit of the University of East Anglia somehow found its way onto the web. They revealed an unwillingness to share data which broke the spirit, if not the letter, of Britain's Freedom of Information act, an aggressive attitude to the peer review of papers by opponents and an apparent willingness to hedge science in the face of politics. Around the same time it emerged that the most recent IPCC report had claimed that the Himalayan glaciers were going to disappear by 2035, instead of 2350. The panel's initial unwillingness to address this mistake, and the discovery of further problems with its work, raised troubling questions about its procedures.

How bad is this? Sceptics point out that each mistake has tended to exaggerate the extent of climate change. The notion that the scientific establishment has suppressed evidence to the contrary has provided plenty of non-expert politicians with an excuse not to spend money reducing carbon. So the scientists' shameful mistakes have certainly changed perceptions. They have not, however, changed the science itself.

As our briefing explains in detail (see page 73-76), most research supports the idea that warming is man-made. Sources of doubt that have seemed plausible in the past, such as a mismatch between temperatures measured by satellites and temperatures measured at the surface, and doubts about the additional warming that can be put down to water vapour, have been in large part resolved, though more work is needed. If records of temperature across the past 1,000 years are not reliable, it matters little to the overall story. If there are problems with the warming as measured by weather stations on land, there are also more reliable data from ships and satellites.

Insuring against catastrophe

Plenty of uncertainty remains; but that argues for, not against, action. If it were known that global warming would be limited to 2°C, the world might decide to live with that. But the range of possible outcomes is huge, with catastrophe one possibility, and the costs of averting climate change are comparatively small. Just as a householder pays a small premium to protect himself against disaster, the world should do the same.

This newspaper sees no reason to alter its views on that. Where there is plainly an urgent need for change is the way in which governments use science to make their case. The IPCC has suffered from the perception that it is a tool of politicians. The greater the distance that can be created between it and them, the better. And rather than feeding voters infantile advertisements peddling childish certainties, politicians should treat voters like grown-ups. With climate change you do not need to invent things; the truth, even with all those uncertainties and caveats, is scary enough. ■

Spin, science and climate change.

Lee las siguientes preguntas y elige la mejor opción, respecto a la información contenida en el texto Spin, science and climate change. Cada pregunta equivale a un punto. Tienes 45 min para resolverlo. Puedes consultar el diccionario.

1. Con respecto a la legislación del cambio climático ¿Qué está pasando en Washington, D. C.?

- a) Los senadores y grupos industriales están elaborando un proyecto de ley con respecto al carbono.
- b) Se lleva a cabo una discusión acerca de introducir controles obligatorios.
- c) Se discute un acuerdo de ley ya comprometido.

2. Según el texto ¿Por qué la legislación del cambio climático será una débil sombra de lo que se esperaba?

- a) Hay que considerar e invertir en asuntos de mayor importancia.
- b) Las controversias no han ayudado a ver la gravedad del problema.
- c) El clima muestra a lo que teóricamente es el calentamiento global.

3. Según el texto ¿Por qué hay duda acerca de la seriedad del problema?

- a) Los políticos han dado certeza a la ciencia.
- b) Por la certeza que la ciencia muestra.
- c) La ciencia da certeza a los políticos.

4. ¿Qué medidas tomaron los gobiernos con respecto al cambio climático?

- a) Señalaron las conclusiones de los científicos.
- b) Hicieron que los científicos resolvieran el problema.
- c) Establecieron el Panel Intergubernamental.

5. Según el autor ¿Cuál es la relación entre ciencia y política?

- a) De ayuda mutua entre sí.
- b) Usarse mutuamente para su conveniencia.
- c) Difieren en perspectivas.

6. ¿Cuáles han sido las consecuencias de simplificar y exagerar las ambigüedades de la ciencia?

- a) Los votantes han apoyado el cambio climático.
- b) Se le ha llamado la atención al gobierno.
- c) Burlándose con comerciales infantiles.

7. En noviembre, ¿Qué le paso al Acta de Libertad de Información de la de Gran Bretaña?

- a) Fue contrariado por la falta de voluntad de los investigadores a compartir información.
- b) Varios correos electrónicos afectaron al Acta de Libertad de Información.
- c) La Unidad de Investigación del Clima de la Universidad de East Anglia actuó agresivamente hacia ésta.

8. ¿Qué estaba mal con el reporte del Panel Intergubernamental de Cambio Climático?

- a) Habían fechas equivocadas.
- b) Sus procedimientos estaban mal.
- c) La interpretación del mismo.

9. Los errores ¿Cómo han afectado en la percepción del cambio climático?

- a) Han servido como una excusa más para no invertir dinero.
- b) Han exagerado los problemas ocasionados por el cambio climático.
- c) Han descuidado evidencia del establecimiento científico.

10 ¿Por qué NO importa si los registros de temperatura no son confiables?

- a) Por el desfase de temperaturas tomadas en diferentes formas.
- b) Debido a que hay calentamiento global.
- c) Por la evidencia de los últimos 1,000 años.

11. ¿Qué piensa el autor que se deberá hacer acerca del calentamiento global?

- a) Prevenir los costos del cambio climático.
- b) Vivir con las consecuencias.
- c) Proteger al mundo con acciones.

12. Después de leer el artículo ¿Qué actitud tiene el autor con respecto al cambio climático?

- a) Pesimista.
- b) Miedoso.
- c) Dudoso.

13. Después de leer el artículo ¿Cuál es la idea central del artículo?

- a) La forma en que los gobiernos usan la ciencia.
- b) La legislación del cambio climático.
- c) El calentamiento global es causado por el hombre.

14. Después de leer el texto y extrapolando a México ¿Qué medidas se deberán tomar con respecto al calentamiento global?

- a) Acción, considerando la incertidumbre de la ciencia.
- b) Legislar de alguna forma las medidas de control.
- c) Investigar en lugar de inventar datos científicos.

15. Después de haber leído el artículo ¿A qué tipo de lector está dirigido este artículo?

a) Economistas.

b) Científicos.

c) Abogados.