

XV Años de Olimpiadas de Ciencias de la Tierra en Baja California

Compilación

Enrique Gómez Treviño

Unión Geofísica Mexicana, A.C.

*Centro de Investigación Científica y Educación
Superior de Ensenada*

El propósito básico de la Unión Geofísica Mexicana A.C. es difundir y promover el conocimiento de las Geociencias en todos los niveles. Las Olimpiadas en Ciencias de la Tierra es un concurso de conocimientos dirigido a estudiantes de nivel medio-superior (preparatoria), que tiene como objetivo despertar la curiosidad de los jóvenes estudiantes en el estudio de nuestro planeta y de la ciencia en general, y por otro lado proveer a sus maestros con información actualizada que complementa los contenidos incluidos en el curriculum formal de las escuelas. En 1995 la UGM organizó la primera Olimpiada a nivel Estatal en Baja California y desde entonces se ha realizado año tras año, gracias al esfuerzo y dedicación del Dr. Enrique Gómez Treviño, respaldado por la Unión Geofísica Mexicana A.C. y por el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, así como a la participación de maestros y estudiantes de los cinco municipios de Baja California. La presente Compilación proporciona una muestra de temas y preguntas que pueden servir de guía para aquellos entusiastas que deseen organizar este concurso en sus propios Estados.

Unión Geofísica Mexicana, A.C.

Mesa Directiva 2010-2011

Presidente

Dr. José Manuel Romo Jones
División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Vicepresidente

Dr. Avto Gogichaisvili
Instituto de Geofísica, UNAM

Secretario general

Dr. Héctor López Loera
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica

Secretario de investigación

Dr. Raúl Castro Escamilla
División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Secretario de difusión

Dr. Claudia Arango Galván
Instituto de Geofísica, UNAM

Secretario de educación

Dr. Xyoli Pérez Campos
Instituto de Geofísica, UNAM

Tesorero

Dr. Víctor Manuel Wong Ortega
División de Ciencias de la Tierra, CICESE

© 2011, Unión Geofísica Mexicana, A.C.
Km. 107, Carretera Tijuana-Ensenada, Ensenada, Baja California, México, C.P. 22860

El material incluido en este volumen puede ser reproducido para fines educativos otorgando el crédito correspondiente al autor.

Prólogo

En los últimos 100 años la ciencia ha resuelto enigmas que habían permanecido como tales por milenios. ¿Qué causa los terremotos y los volcanes? ¿Cómo se formaron las montañas? ¿Cómo se hizo o de dónde salió la materia misma de que está hecha la Tierra? ¿Cuántos años tiene la Tierra? ¿Por qué el Sol no se apaga? ¿De qué están hechas las estrellas? ¿Por qué el cielo es azul? ¿Qué causa el crepúsculo? ¿Cuántos años tiene el Universo?

Si bien estas preguntas se pueden formular con unas cuantas palabras, sus respuestas requieren de volúmenes enteros o bibliotecas completas, dependiendo del nivel de detalle que se busque. Afortunadamente, así como se ha avanzado en la ciencia, también la tecnología ofrece ahora alternativas en la consulta de información. Si hay una experiencia que compartir, en relación con los 15 años realizando olimpiadas de Ciencias de la Tierra en el Estado de Baja California, es el cambio que significó la amplia disponibilidad de acceder a Internet. Con temas bien definidos con anterioridad, algunos incluso en la forma de preguntas explícitas, los estudiantes se sumergen en un mar de conceptos, argumentos, experimentos y observaciones difícilmente accesibles hace apenas unos años. Fenómenos naturales ocurridos en el último año como eclipses, huracanes, sismos y tsunamis están ampliamente documentados en muchas fuentes.

También se puede consultar información sobre cuestiones locales de Baja California como precipitación media en el Estado, producción minera, volumen de pesca, vientos predominantes, origen de las montañas locales, dónde y cómo se genera la electricidad que se consume localmente, así como de dónde se trae el agua, el gas y la gasolina de consumo local. Muchas de estas preguntas pueden ser adaptadas al Estado de la República en que se deseen aplicar.

En esta compilación de informes de olimpiadas realizadas en el Estado de Baja California se podrá apreciar la evolución del tipo de preguntas a lo largo de los años. Los informes fueron publicados originalmente en la revista GEOS de la Unión Geofísica Mexicana (UGM). Al principio eran preguntas sobre conocimientos y hacia el final evolucionamos hacia argumentos, observaciones y experimentos críticos en varias ramas de las geociencias. Los informes originales y el de la XVI olimpiada se pueden consultar en la página de la UGM.

Como una forma de autocrítica sobre este tipo de actividades educativas, así como a la forma en que las estamos realizando, al inicio de la presente compilación se presenta un diálogo entre Palas Atenea, la diosa mitológica de las artes y la sabiduría, y Zeus, padre de todas las deidades de la Grecia antigua. Palas Atenea desea volver a la Tierra para seguir tutelando a los humanos, a quienes ve que cada día olvidan más y más sus enseñanzas. Zeus, un Zeus incrédulo y cansado, trata de entender el problema de su hija. Sus discusiones nos invitan a reflexionar sobre un problema que a todos nos preocupa: el de la motivación por el conocimiento.

Enrique Gómez Treviño,
CICESE-UGM
Ensenada, Baja California, México
5 de junio de 2011

Contenido

Prólogo	iii
Las quejas de Atenea (“manuscrito“)	1
¿Olimpiadas nacionales de ciencias de la Tierra?	5
Tercera olimpiada estatal de ciencias de la Tierra en Baja California	7
Cuarta olimpiada de ciencias de la Tierra o las quejas de Atenea	9
El horario de verano, el año 2000 y las olimpiadas de ciencias de la Tierra	13
La sexta olimpiada de ciencias de la Tierra: ¿al cerebro le da hambre?	19
La séptima olimpiada estatal de ciencias de la Tierra: el placer de descubrir	25
El calor escondido en la atmósfera y la octava olimpiada de ciencias de la Tierra en Baja California	29
El descubrimiento del <i>tiempo profundo</i> y la novena olimpiada de ciencias de la Tierra	35
Prometeo y el cambio global: la décima olimpiada de ciencias de la Tierra	41
Tsunamis, sismos y huracanes y la XI olimpiada estatal de ciencias de la Tierra en Baja California	47
Origen y naturaleza del universo y la XII olimpiada Estatal de ciencias de la Tierra de Baja California	59
Mexicano tiene medio centenar de esclavos: XIII olimpiada estatal de ciencias de la Tierra	65
Los colores del cielo y la XIV olimpiada de ciencias de la Tierra	69
Rayos y centellas y la XV olimpiada de ciencias de la Tierra	75

LAS QUEJAS DE ATENEA ("MANUSCRITO")

Palas Atenea.- ¡Oh destino infausto, puedo ir a todos lados, mas no a donde está mi deseo! Los humanos me necesitan. ¡Habré de regresar!. ¡Regresaré!

Zeus.- ¿Qué pues? ¿Acaso el navegante cuando la tormenta lo azota, halla recurso de salvación corriendo de la popa a la proa? Tú mejor que nadie lo sabe: nuestro trabajo en la Tierra terminó. Hay poderes superiores que nos impiden a tí y a mí, y todos los dioses del Olimpo, intervenir en las cuestiones humanas. Se nos da una sola oportunidad. Otros fueron enviados después de nosotros, porque ...

P.A.- Padre, espera. Yo enseñé a los humanos sus artes y oficios. Yo los inicié en la sabiduría, en el conocimiento, y aun en el uso de poderes insospechados por ellos. Y ya lo ves...

Z.- Hija, ¿De qué hablas? Los humanos siguen con sus artes y oficios y no valoran menos el conocimiento y la sabiduría. Existen incluso ejércitos de científicos dedicados a la búsqueda de nuevos conocimientos. La Tierra está llena de escuelas de todos los tipos. Y todo se debe a lo que sembraste. ¿De qué te quejas?

P.A.- Me quejo de que han perdido el rumbo.

Z.- No lo creo. Nunca antes su producción material de bienes había sido tan grande, ni su conocimiento de la realidad tan extenso y profundo.

P.A.- No me refiero a eso.

Z.- Tal vez te refieras a los problemas del cambio global y la contaminación.

P.A.- Tampoco. Lo que quiero decir es que han perdido el rumbo interno de sus vidas.

Z.- Tal vez. Pero si así fuera, ni tú ni yo seríamos los responsables. Otro fue enviado después de nosotros para la parte espiritual. Además ...

P.A.- Padre, por supuesto que no me refiero a la parte espiritual. Estás yendo demasiado lejos. Antes de eso están las funciones internas primarias. Para que cualquier actividad o manifestación externa resulte en su beneficio, y no en su perjuicio, forzosamente la tienen que hacer de cierta manera y no de otra. Hay reglas que los humanos no pueden violar sin sufrir las consecuencias. Y no es que las deidades vayamos a castigarlos por no seguirlas. Simplemente su organización interna para funcionar adecuadamente así lo requiere. Por ejemplo, para que comer resulte en una completa alimentación se requiere sentir plenamente el deseo de comer. Solo así se recibe energía en lo físico, en lo emocional y en lo intelectual, y solo así se conservará el equilibrio en sus presencias. Asimismo, para adquirir verdadero conocimiento

sobre cualquier aspecto de la realidad se requiere sentir plenamente el deseo de adquirirlo. De lo contrario ...

Z.- Creo saber hacia dónde vas. Estás considerando que los humanos ya no desean con suficiente intensidad. Que son muy débiles.

P.A.- No exactamente. ¿Recuerdas aquello de: "No cometerás adulterio"?

Z.- Por supuesto que lo recuerdo. Los celos de Hera y todo lo demás. Lo que no recuerdo es cuantos hijos dejé en la Tierra, ni con cuantas mujeres.

P.A.- Creo que ahora sí nos vamos a entender. Los humanos han perdido el rumbo interno de sus vidas porque adulteran muchas de sus funciones internas primarias.

Z.- Yo nunca perdí el rumbo.

P.A.- De acuerdo. Pero tú no eres humano. Además, no estoy hablando de adulterio en el sentido que tú estás pensando, sino en el hecho de mezclar o sustituir unas funciones por otras. En los humanos, cada manifestación externa o actividad debe de ser acompañada por su propia sensación o deseo. De lo contrario, funestas consecuencias ...

Z.- No necesariamente. Podría incluso resultar alrevés. En el caso de la adquisición de conocimientos los humanos nunca habían sido tan productivos. Por todas partes exploran nuevos aspectos de la realidad. Nunca habían estado tan activos. A mí me parece que esta sustitución o adulteración de deseos de la que hablas les está permitiendo adquirir conocimientos a un ritmo acelerado, lo cual no puede ser sino de beneficio para ellos.

P.A.- En el mejor de los casos el beneficio es relativo. Sin embargo, creo que ahora sí nos estamos entendiendo. Ya estás de acuerdo en una posible adulteración de sus deseos o funciones. A cada tipo de manifestación externa le corresponde una y solo una función interna o deseo. Ambas, manifestación externa y función interna, habrán de ser del mismo tipo. Si no son del mismo tipo entonces existe la adulteración de la que hablo. La manifestación externa es la adquisición de conocimientos, y la función interna que le corresponde no es otra cosa que el deseo de adquirir conocimientos. Cuando función y manifestación se corresponden, se produce lo que se tiene que producir, en cantidad y calidad de acuerdo a principios homeostáticos universales, los cuales permiten la autorregulación del proceso. Haciendo una analogía ...

Z.- Déjame a mí hacer la analogía. Me dirás si entendí bien. La función interna de un conejo que quiere correr le proporciona la energía necesaria para la manifestación externa de correr. De igual manera la función interna de un caballo que quiere correr le proporciona la energía necesaria para

la manifestación externa de correr. En cada caso la cantidad y la calidad de la energía proporcionada corresponde apropiadamente a los requerimientos y a la capacidad que tiene cada animal para utilizar esa energía. Si el conejo de alguna manera pudiera adular la energía que le corresponde, usurpando la del caballo, sin duda que correría mucho más rápido, pero perdería todo control de sí mismo. Su vida, sus manifestaciones externas así como también sus funciones internas buscarían algún nuevo equilibrio. En el mejor de los casos este equilibrio sería inestable porque la autorregulación de conejo dejaría de servirle. Tendría que ocuparse él mismo, día y noche, en vigilar y controlar el nuevo sistema.

P.A.- Padre, eso estuvo muy bien. Te felicito.

Z.- Gracias. Sin embargo, déjame decirte que lo que tú estás elucidando para mí, ya lo saben los humanos. Ellos lo llaman la ciencia por la ciencia. Esto corresponde a lo que tu llamas la adquisición de conocimiento motivado solamente por eso, por el deseo de conocimiento. Ellos también saben que, adulterando el proceso mediante el uso de motivaciones menos intelectuales, con la condición de que produzcan adrenalina, logran acelerar la producción de resultados. Ellos mismos ponen el ejemplo de los desarrollos logrados en tiempos de guerra. Así es que no tienes por que preocuparte. Tu presencia en la Tierra es completamente innecesaria.

P.A.- Padre, mi querido Padre. ¿No has entendido nada! Y pensar que yo nací de tu cerebro.

Z.- Yo mismo te hice nacer de mi cerebro para que te ocuparas de estas cosas.

P.A.- Pues entonces escúchame con atención. Lo que ellos llaman ciencia por la ciencia o ciencia pura, hace mucho tiempo que no es tan pura. Te agradezco que hayas sacado a relucir esta actividad de los humanos, porque con este ejemplo me será más fácil hacerte entender la necesidad de que regrese por un tiempo a la Tierra. La misión que se me encargó desde lo Alto, consistía en hacer que la actividad de conocer que se produce en ellos quedase bajo su completo control. Para lograrlo implanté en ellos el deseo de conocer, con el cual se genera la energía para la manifestación de la actividad correspondiente. Como te explicaba anteriormente, a cada actividad le corresponde su propio deseo. Para lograr esta correspondencia se sintonizan el mecanismo que realiza la actividad y la energía que lo alimenta, La sintonización se realiza de forma parecida a la que ellos utilizan en sus aparatos de comunicación a distancia. En ambos casos la fuente emite la energía en la forma de vibraciones a una determinada frecuencia. Por su parte, el mecanismo receptor está construido especialmente para responder solamente a vibraciones de la misma frecuencia. No hay lugar para equivocaciones. Diferentes tipos de deseos producen vibraciones de diferente frecuencia, de tal manera que un deseo determinado sólo podrá alimentar a la actividad que le corresponde, pues ambos operan a la misma frecuencia. Las actividades y sensaciones físicas operan a bajas frecuencias, las emociones a frecuencias intermedias y en la

escala más alta se encuentran las actividades intelectuales. Además, se tiene que las vibraciones asociadas con las actividades y sensaciones físicas poseen amplitudes que son un orden de magnitud mayores que las asociadas con las emociones y, a su vez, éstas poseen amplitudes que son también un orden de magnitud mayores que las asociadas con actividades intelectuales. Resulta que este último tipo de vibraciones posee las amplitudes más pequeñas de entre todas las que se producen en el cuerpo de los humanos. Este solo hecho hace que el problema que me preocupa sea de difícil solución. En realidad ...

Z.- No puedo ni siquiera imaginar cuál podría ser el problema. Si bien no recuerdo los detalles, lo que sí recuerdo perfectamente es el plan general que decidimos para los humanos. Los principios de sus funcionamientos eran los más simples y seguros, de tal forma que había poca o ninguna posibilidad de comportamientos no deseados. Lo que has estado explicando confirma mis recuerdos.

P.A.- Yo creo saber lo que está pasando, aunque todavía no comprendo cómo y por qué se inició su caída. Yo misma tomé precauciones más allá de lo necesario. Comprendiendo lo delicado de mi tarea, en el sentido de que se me encargaba el manejo de las vibraciones de menor magnitud, consideré prudente instalar mecanismos de rechazo de señales de frecuencias extrañas, sobre todo de aquellas de frecuencia menor, las que, según el plan general, están asociadas a funciones físicas y emocionales. De esta manera estaba protegiendo las actividades mentales de posibles interferencias extrañas, ya que según el plan general todas estas funciones tendrían el carácter de ser independientes unas de otras. Con esto se pretendía implantar la imparcialidad en los humanos. Sus razonamientos o decisiones no estarían sujetos a estados físicos como cansancio o hambre, ni a estados emocionales como alegría o tristeza. Tampoco los estados físicos afectarían a las emociones. En fin, los tres tipos de actividades serían independientes, sin que por ello se convirtieran en autómatas, sino todo lo contrario.

Z.- Ahora también recuerdo lo del coordinador general. Eso era lo que los convertiría plenamente en seres humanos, con control de todas sus manifestaciones externas mediante el control interno de sus funciones. Una voluntad muy parecida a la de nosotros.

P.A.- Padre, todo eso ya no existe. Todo es a la vez lo mismo, pero al mismo tiempo no es lo mismo. Ellos siguen creyendo que tienen voluntad, que pueden controlar sus manifestaciones. Algunos consideran que tienen mucha voluntad, otros que tienen poca, pero a lo que se refieren no es a lo que nosotros llamamos voluntad. Y así con todo lo demás.

Z.- No te sigo muy bien, pero no importa. Explícame por lo menos aquello del adulterio, personalmente me interesa.

P.A.- Es muy simple y además estamos en el tema. De acuerdo al plan original, las diferentes funciones internas deberían de ser independientes. El coordinador general sería el encargado

de activar las funciones necesarias para la realización de algún objetivo en particular. Actualmente los humanos han olvidado la existencia de este coordinador, aunque se encuentra dentro de ellos mismos.

Z.- ¿Y cómo es que siguen funcionando? Yo ahora los veo más activos que nunca.

P.A.- Siguen funcionando mediante un procedimiento a la vez burdo e ingenioso. Utilizan las vibraciones de los primeros dos tipos de funciones para activar el tercero.

Z.- Ahora entiendo. Están adulterando sus funciones primarias a pesar de todas las prevenciones que tomamos en el plan original, y a pesar de las precauciones que tú misma tomaste. Eso sí que es gravísimo. Mis aventuras en la Tierra y todos los hijos que tuve entre los humanos no representan ...

P.A.- Tienes razón. Se trata de algo muy grave porque además, para que el procedimiento realmente les funcione, requiere que se destruyan a sí mismos. ¿Cómo crees que logren que una vibración determinada llegue a activar un mecanismo delicado que fue inicialmente diseñado para responder a una frecuencia diferente? Pues a fuerza de alimentarlo constantemente por largos periodos de tiempo con vibraciones de amplitud desproporcionadamente grande. Tarde o temprano el mecanismo cede y la energía termina por entrar, activando de algún modo sus delicadas funciones.

Z.- ¿Tienen acaso talleres especiales en donde se someten a tales torturas?

P.A.- Sí, los llaman escuelas y universidades. Sin embargo, no son los únicos lugares, en realidad toda su organización social, empezando por el ámbito familiar, utiliza los mismos principios. La idea general es inducir el deseo por conocer diferentes aspectos de la realidad utilizando como medio las otras dos funciones primarias, las cuales por su propia naturaleza pueden tener amplitudes mucho mayores. Por ejemplo, para producir el deseo de aprender las tablas de multiplicar, se les amenaza con que no pasarán al siguiente nivel en la escuela. Esto generalmente les causa gran

angustia, produciéndose amplitudes muy grandes en las vibraciones de frecuencia intermedia. Estas impactan los delicados mecanismos que generan el interés por conocer y, de alguna manera se logra lo que ellos llaman conocimiento. Te admirarías de la diversidad de combinaciones que forman con los primeros dos tipos de funciones para lograr mover las funciones del tercer tipo.

Z.- Ahora entiendo el poco equilibrio que tienen estos desdichados. Literalmente se les cruzan las líneas a todos, aunque sólo a algunos se les note.

P.A.- No importa cuan altruista parezca la combinación, de cualquier manera se trata de una usurpación de funciones. El único recurso que tienen para realmente comprender algo, es...

Z.- ¿No comprenden lo que aprenden? ¿Es eso?

P.A.- Sí, así es. Para hacer pan se requiere harina, agua y fuego. A ellos les falta el fuego. Lo que se produce en su interior no tiene consistencia, no es pan. El conocimiento entra en ellos y se queda en ellos, pero no cristaliza. No forma parte de ellos. Siguen siendo como eran, excepto que tienen más cosas dentro.

Z.- Pero aun así, de algo les sirve. Lo que logran lo utilizan para vivir mejor exteriormente. Algo es mejor que nada.

P.A.- Bonito consuelo, pero el problema es que fueron creadas para ambas cosas, internas y externas. De alguna manera ellos lo saben, o por lo menos lo intuyen, pero no pueden hacer nada para apropiarse de ese conocimiento, aunque externamente lo utilicen. Si por lo menos una sola de sus múltiples actividades hubiese escapado a esta trampa, entonces se...

Z.- ¿Tampoco escapa lo que ellos llaman la ciencia por la ciencia?

P.A.- Tampoco, pues sus motivaciones en realidad ...

(aquí termina el manuscrito).

¿OLIMPIADAS NACIONALES DE CIENCIAS DE LA TIERRA?

Enrique Gómez Treviño

CICESE, Ensenada, Baja California, 22860 México
Correo electrónico: egomez@cicese.mx

En los últimos dos años se han llevado a cabo en el estado de Baja California dos ensayos de olimpiadas o concursos de Ciencias de la Tierra. Estos concursos se realizan entre estudiantes de preparatoria y tienen el fin de promover el interés de estudiantes y maestros por conocer y saber más acerca de nuestro planeta. Con estos ensayos también se está explorando la posibilidad de realizar en pocos años olimpiadas nacionales en este tema.

Actualmente se organizan en México olimpiadas nacionales en matemáticas, física, química y biología. Estos eventos tienen carácter selectivo para los concursos internacionales respectivos. La Academia de la Investigación Científica (AIC) coordina y apoya desde 1991 la celebración de las cuatro olimpiadas a través del programa Olimpiadas Nacionales de la Ciencia. En los casos de matemáticas y física se vienen celebrando concursos nacionales desde 1987 y 1989, respectivamente. La primera olimpiada internacional se celebró en Rumania en 1959 en el área de matemáticas, con la participación de varios países de Europa Oriental. Actualmente participan en estos eventos alrededor de un centenar de países.

La idea de organizar olimpiadas de Ciencias de la Tierra fue propuesta por parte de la Unión Geofísica Mexicana en una reunión internacional de Sociedades de Geofísica celebrada en Washington, D.C., en mayo de 1994. En noviembre del mismo año se discutió en la Asamblea General de la UGM la realización de un evento nacional de este tipo patrocinado por la Unión. La discusión se centró principalmente en las dificultades de organización por lo que se acordó no realizar el evento, por lo menos a nivel nacional. Así las cosas, en mayo de 1995 decidimos realizar un primer ensayo en el estado de Baja California. El evento se llevó a cabo el día 8 de junio con la participación de preparatorias de Mexicali, Tijuana, Rosarito y Ensenada. El segundo ensayo se celebró el 10 de junio de 1996.

Con base en estas experiencias, esperamos que se puedan llevar a cabo para fines del año, concursos similares en por lo menos dos estados más. Con este fin se les está enviando los exámenes a miembros de la Unión que mostraron interés en la realización del concurso en sus estados de residencia. Se trata de dos exámenes, uno de eliminatoria que consta de 100 preguntas, y uno más para los finalistas con 35 preguntas y problemas. Se recomienda organizar el evento en día sábado, con un receso para la comida. Durante el receso los organizadores revisan los exámenes y seleccionan a los finalistas. Se recomienda que se utilice parte del tiempo en recorrer las instalaciones del centro, escuela o facultad en donde se efectúe el evento. Idealmente se debe tratar de una institución

dedicada a alguna de las Ciencias de la Tierra.

Es muy importante contar con el patrocinio de la institución donde se realiza el concurso. En el caso de Baja California hemos contado con la cooperación del CICESE (Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B. C.). El costo total del último concurso fue de \$6,000.00 (seis mil pesos, M.N.). Aproximadamente la mitad se reparte en forma de premios en efectivo entre los primeros tres lugares y sus maestros. La otra mitad cubre los gastos de comida para los participantes, así como el costo de libros, fotocopias, diplomas y lápices. Los libros son parte de los premios. Se obsequian conjuntos de libros a los tres primeros lugares y a las bibliotecas de sus escuelas. Otro detalle es que otorgamos diplomas de participación a todos los estudiantes que presentan el examen, no sólo a los ganadores.

Todos podemos colaborar. Una manera de hacerlo es proponiendo preguntas y problemas para llegar a formar un banco de por lo menos 1000 de ellos. El cuestionario completo podría estar disponible para los estudiantes, por supuesto que sin respuestas. La misma labor de consulta e investigación para contestarlo equivaldría a un curso intensivo sobre el tema. Corre a nuestro favor el que las Ciencias de la Tierra contemplen como requisito el tener conocimientos básicos de matemáticas, física, química y biología. Mucho de lo que necesitan saber ya lo saben, o deberían saberlo. El cuestionario representaría una prueba de qué tan bien aprendieron las materias básicas, al enfrentarse a la aplicación de las mismas en problemas concretos.

Estas son algunas de las preguntas del último examen:

- 1.- El volcán Parícutín, uno de los más jóvenes del mundo, entró por primera vez en erupción en el año de 1943. Sus lavas cubrieron vastas zonas agrícolas y sepultaron el pueblo de Parangaricutiro. Este volcán mexicano se encuentra en el estado de
 - a) Chiapas
 - b) Hidalgo
 - c) Michoacán
 - d) Colima
- 2.- El agua de mar no es apta para consumo humano pues contiene una alta concentración de sales. Esta concentración es de 35 gramos por cada litro de agua, lo cual puede expresarse diciendo que contiene 35 partes por mil, o bien que contiene 35,000 partes por millón. Esto último generalmente se expresa como 35,000 ppm, donde ppm significa partes por millón. Para que el agua sea considerada potable se requiere que su contenido de sales no sea mayor de

- a) 10,000 ppm b) 5,000 ppm c) 1,000 ppm d) 500 ppm
- 3.- La circulación de los océanos se debe principalmente a
- terremotos, volcanes
 - rotación de la tierra y calentamiento solar
 - ríos y lagos
 - montañas y valles
- 4.- El petróleo es menos denso que el agua, por lo que tiende a flotar cuando se derrama en el mar. Un metro cúbico de petróleo que se derrame en el mar, suponiendo que la capa superficial que forme tenga un espesor de medio milímetro, cubrirá una superficie de
- 50 m²
 - 200 m²
 - 2,000 m²
 - 5000 m²
- 5.- Las estrellas y constelaciones que se observan desde Canadá también se pueden observar desde Chile pero con cierto retraso.
- El retraso es de un año
 - Falso
 - El retraso es de seis meses
 - El retraso es de solo unas horas
- 6.- El aire ejerce presión. Los líquidos ejercen presión. Las rocas ejercen presión. La presión atmosférica al nivel del mar es aproximadamente de 1000 milibares. Este valor equivale a la presión que ejerce una columna de mercurio de 760 milímetros. Este mismo valor es equivalente a la presión que ejerce una columna de roca de
- 40 centímetros
 - 4 metros
 - 27 metros
 - 72 metros
- 7.- México produce más petróleo que los Estados Unidos.
- Cierto
 - No se sabe
 - Sólo en verano
 - Falso
- 8.- Aún en regiones calurosas se ven montañas cuyas cúspides están permanentemente nevadas. Esto se debe a que la temperatura del aire disminuye con la altura. La disminución es aproximadamente de medio grado centígrado por cada cien metros. Se desea calcular la altura a la que se congela el agua en una región donde la temperatura media en la superficie de la tierra es de veinte grados centígrados. ¿Cuál es esta altura?
- 2,500 metros
 - 4,000 metros
 - 5,000 metros
 - 3,000 metros
- 9.- Si se duplica el contenido de CO₂ en la atmósfera, la temperatura de la tierra
- Aumenta
 - Disminuye
 - No cambia
 - No se sabe
- 10.- Durante los años en que ocurre el fenómeno «El Niño»
- Llueve mucho en los trópicos
 - La luna induce marea más alta
 - La tierra gira más rápido
 - Llueve poco en los trópicos
- 11.- Los océanos de la Tierra cubren un área aproximada de 360 millones de km² y tienen una profundidad media de 5 km. Si se fundieran los 27 millones de km³ de hielo que existen en la Antártida, el nivel del mar se elevaría casi
- 1 metro
 - 10 metros
 - 100 metros
 - 1000 metros
- 12.- La capa de ozono de la Tierra nos protege de los rayos infrarrojos:
- Falso
 - Sólo en verano
 - Sólo en invierno
 - Cierto
- 13.- Cuando un sismo ocurre en el mar puede producir ondas u olas de gran amplitud llamadas tsunamis. Las ciudades susceptibles de ser inundadas por efectos de un tsunami generalmente tienen sistemas de alarma que resultan de gran ayuda en la prevención de desastres. La llegada de un tsunami a la costa se puede anticipar debido a que las señales sísmicas que viajan por las rocas del fondo oceánico, viajan mucho más rápido que los tsunamis. La velocidad de las ondas sísmicas es de 5 km/s y la de los tsunamis es de 200 m/s. Suponiendo que ocurra un sismo a 1000 km mar adentro, la señal sísmica llegará a la costa antes que el tsunami en un tiempo de:
- 1 h 20 min
 - 2 h 15 min
 - 1 h 30 min
 - 1 h 23 min
- 14.- El bombeo de agua en acuíferos costeros origina:
- Marea roja.
 - Crecimiento de algas.
 - Intrusión salina.
 - Creación de cavernas.

Por muchas y muy diversas razones, y precisamente hoy más que nunca, las Ciencias de la Tierra son vitales para nosotros y para la Tierra misma. Es imperativo fomentar el interés sobre nuestro planeta, sobre aspectos locales, regionales y globales. Todos los estudiantes de preparatoria, no importando su futura carrera, deberían poseer un mínimo de conocimientos sobre el funcionamiento de nuestro planeta. Esto no ocurre actualmente. Los planes de estudio de los diferentes programas son muy dispares. En algunos programas se incluye geografía, en otros Ciencias de la Tierra y en la mayoría no se tocan estos temas. Esperamos que la realización de estos concursos vaya poco a poco impactando en los planes de estudio a nivel nacional, y que a la vuelta de varios años la AIC los incluya en su programa de Olimpiadas Nacionales de la Ciencia. Todo depende de nosotros.

TERCERA OLIMPIADA ESTATAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA EN BAJA CALIFORNIA

Enrique Gómez Treviño

CICESE, Ensenada, Baja California, 22860 México
Correo electrónico: egomez@cicese.mx

La Unión Geofísica Mexicana organiza cada año, con la colaboración del CICESE, un concurso estatal de Ciencias de la Tierra entre estudiantes de bachillerato del Estado de Baja California. El objetivo del concurso es difundir y promover los conocimientos de las Ciencias de la Tierra entre futuros profesionistas de las más diversas especialidades, con el fin de formarles una cultura básica sobre el planeta que habitan, y que seguramente seguirán habitando, cuando les toque desarrollar sus actividades profesionales. A la fecha solo se han realizado concursos en Baja California. La UGM está promoviendo extender esta práctica a otros estados de la República.

La tercera olimpiada se llevó a cabo el sábado 7 de junio de 1997 en las instalaciones del CICESE. El evento fue inaugurado por el Dr. Francisco Javier Mendieta Jiménez, Director General del CICESE. Estuvo también presente el M.C. José Manuel Romo Jones, Director de la División de Ciencias de la Tierra del mismo centro de investigación. Por parte de la Unión Geofísica Mexicana asistieron el Dr. José Gómez Valdés, vicepresidente de la UGM, el Dr. Juan García Abdeslem, tesorero, y el M.C. Luis Delgado Argote, secretario de difusión.

El primer lugar en esta tercera versión de la olimpiada le correspondió a Oscar Osuna Sánchez del Colegio de Bachilleres de Baja California (COBACH). El segundo lugar lo obtuvo Gerardo Sánchez Bon del Centro de Estudios Tecnológicos del Mar (CET del Mar). Miguel Feo, Navarro García del Centro de Bachillerato Tecnológico, Industrial y de Servicios (CBTIS) No. 41, obtuvo el Tercer lugar.

Esta vez se contó con la participación de ocho preparatorias. Presentaron el examen 73 estudiantes de los cuales 20 pasaron a la etapa final. A cada uno de los concursantes se les otorgó un diploma de participación y una camiseta con el logotipo de la UGM a cada uno de los 20 finalistas. Cangureras con el logotipo consolaron a los que no pasaron a la segunda etapa. El primer lugar se hizo acreedor a un cheque por una cantidad de \$1,000.00, el segundo por \$750.00 y el tercero por \$500.00. Se obsequiaron además, conjuntos de libros a los tres primeros lugares. En la convocatoria se recomienda que los estudiantes que deseen participar se inscriban en el equipo de un profesor. A los maestros de los ganadores se les entregó un cheque por una cantidad igual a la mitad de lo que ganaron sus estudiantes.

En Baja California como en los demás estados de la República no existe un modelo único de escuela preparatoria. Existen varios sistemas más o menos equivalentes en lo que se refiere a las ciencias básicas como Física, Química, Biología o Matemáticas.

En relación con las Ciencias de la Tierra no existe uniformidad. En algunos casos se ofrece la materia de Geografía en la que se incluyen aspectos básicos de Geología y Geofísica. Sin embargo, en la mayor parte de los sistemas de bachillerato no se tocan estos temas. Esta situación nos presenta la oportunidad de influir en la educación media de nuestro país, aunque no necesariamente a través de propuestas de cambios en los planes de estudio, al menos no por ahora.

Por lo pronto, podemos empezar por crear conciencia de la importancia de las Ciencias de la Tierra en los niveles de bachillerato. Esta será una labor larga y difícil y tendremos que demostrar que no podemos permitirnos el lujo de ignorarlas. Tendremos que encontrar ejemplos, muchos ejemplos, de actividades de la vida diaria en las que podríamos haber actuado mejor de haber tenido un mejor conocimiento del ambiente natural. Esto es, que determinados conocimientos básicos de las Ciencias de la Tierra representan una importante preparación para la vida. Además, tendremos que expresarlo en una forma interesante mediante preguntas, de tal manera que el solo hecho de presentar el examen sea ya de por sí toda una experiencia de aprendizaje.

En años anteriores simplemente se indicaba que el examen consistiría en preguntas sobre la Atmósfera, los océanos y la Tierra sólida. Este año, decidimos poner a disposición de los estudiantes un cuestionario extendido del cual se extrajo el examen de 100 preguntas para la eliminatoria. El cuestionario se entregó sin respuestas, por lo que los estudiantes que se tomaron la molestia de investigar las respuestas, ya sea solos, o con la ayuda de sus maestros, tuvieron mayores oportunidades de pasar a la etapa final. A los 20 finalistas se les aplicó un examen de 35 preguntas nuevas. Esto es, de preguntas que no estaban en el cuestionario que se les entregó. De esta manera, tratamos de eliminar cualquier desventaja que pudieran tener aquellos finalistas que por una razón u otra no tuvieron acceso al cuestionario. De hecho, en este año el estudiante que obtuvo el segundo lugar nunca vio el cuestionario que entregamos.

Cualquier sugerencia relacionada con el tema de las olimpiadas de Ciencias de la Tierra favor de dirigirla al autor del presente reporte a la dirección arriba indicada, o por correo electrónico a egomez@cicese.mx.

CUARTA OLIMPIADA DE CIENCIAS DE LA TIERRA O LAS QUEJAS DE ATENEA

Enrique Gómez Treviño

CICESE, Ensenada, Baja California, 22860 México
Correo electrónico: egomez@cicese.mx

El 9 de mayo de 1998 se llevó a cabo la Cuarta Olimpiada Estatal de Ciencias de la Tierra en Baja California. El evento se efectuó en el auditorio de Oceanología, del CICESE, contándose con la participación de estudiantes de preparatorias de Ensenada, Rosarito y Tijuana. Se aplicaron dos exámenes, uno eliminatorio de 100 preguntas y otro de 30 para los 20 estudiantes finalistas. Como en años anteriores, se contó con el patrocinio de la Unión Geofísica Mexicana, A.C. y del CICESE.

El evento fue inaugurado por el Dr. Javier Mendieta Jiménez, Director General del CICESE. También participaron en la ceremonia de inauguración los Drs. José Gómez Valdez, Presidente de la UGM; Luis Munguía Orozco, Director de la División de Ciencias de la Tierra del CICESE; Josué Álvarez Borrego, Tesorero de la UGM; Luis Delgado Argote, Secretario de Difusión de la UGM, José M. Romo Jones, investigador del CICESE y Enrique Gómez Treviño, Coordinador de la Olimpiada. Para la realización del evento cooperaron varios investigadores, estudiantes de posgrado y personal técnico y administrativo del CICESE.

Los ganadores, del primero al tercer lugar fueron: Oscar Osuna Sánchez, inscrito en el equipo del profesor Pedro Martínez del COBACH de Ensenada, Abel Castillo, del profesor Luis Antonio Zumbarda del COBACH de Tijuana y Marisol Sánchez Magdaleno, de la profesora Georgina Muñoz García del COBACH de Ensenada. A los ganadores y a sus profesores se les obsequiaron ejemplares de *GEOS* y de la Monografía No. 4 de la UGM y además, se premió con \$1,000.00 al primer lugar, \$750.00 al segundo y \$500.00 al tercero y, a sus respectivos profesores, se les otorgó la mitad de esas cantidades.

El examen general de 100 preguntas se basó en exámenes anteriores, de los cuales se enviaron copias, sin respuestas, a las escuelas preparatorias del Estado. El segundo examen consistió de 30 preguntas nuevas. En la medida de lo posible, estamos tratando de incrementar el contenido de información en el enunciado mismo de las preguntas, para que, independientemente de la calificación que se obtenga, el solo hecho de participar en la olimpiada represente una experiencia de aprendizaje, tanto informativo como formativo.

Entre el primero y segundo examen hay un receso de dos horas. Es el periodo reservado para la comida y para el recorrido por algunas instalaciones del CICESE, en las que previamente se prepararon presentaciones y demostraciones de laboratorio. Después de la aplicación del segundo examen y de las premiaciones, en esta ocasión se realizó la presentación de un documental sobre vulcanología y geofísica. El costo de esta cuarta olimpiada fue de \$7,000.00 entre premiaciones y comida.

A continuación se presenta el examen de 30 preguntas que se aplicó a los finalistas de la olimpiada.

**CUARTA OLIMPIADA ESTATAL
DE CIENCIAS DE LA TIERRA
UGM - CICESE
ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MAYO 9 DE 1998
(SEGUNDO EXAMEN)**

- 1.- Desde el punto de vista económico, los depósitos de caolín son importantes porque con este mineral se fabrican:
 - a) Catalizadores para autos
 - b) Pantallas de computadora
 - c) Vajillas de porcelana
 - d) Microcircuitos para computadora
- 2.- Desde el punto de vista económico, el mineral bauxita es importante porque de él se extrae:
 - a) aluminio
 - b) boro
 - c) cobre
 - d) oro
- 3.- El petróleo que utilizamos actualmente se originó hace millones de años, a partir de la maduración térmica de materia orgánica proveniente principalmente de:
 - a) algas marinas
 - b) grasas de dinosaurios
 - c) hojas de árboles
 - d) peces y moluscos
- 4.- En la mayor parte de los Estados de la República se desarrolla algún tipo de actividad minera. Considerando a Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa, el que tiene mayor actividad de este tipo es:
 - a) Baja California
 - b) Baja California Sur
 - c) Sonora
 - d) Sinaloa
- 5.- La presencia de dióxido de carbono en la atmósfera es altamente beneficiosa para la Tierra debido a que es un gas que atrapa calor. Si en el aire no existiera dióxido de carbono, la Tierra sería mucho más fría. El problema que se plantea actualmente con relación a este gas es que, en los últimos años, ha aumentado su concentración en la atmósfera debi-

do a la combustión de carbón e hidrocarburos. Antes de la era industrial el aire contenía 275 ppm de dióxido de carbono. En la actualidad esta cantidad ha aumentado en un:

- a) 30%
- b) 60%
- c) 90%
- d) 120 %

6.- Debido al aumento de dióxido de carbono en la atmósfera, se teme que la temperatura de la Tierra aumente en promedio uno o dos grados en los próximos 100 años. Aunque este aumento sería pequeño, podría tener consecuencias para las que no estamos aun preparados. Por esta razón se están elaborando tratados internacionales para limitar la producción de dióxido de carbono y otros gases que, por su efecto de atrapar calor, se conocen como gases de invernadero. El gas que le sigue en importancia al dióxido de carbono es el metano, el cual si bien existe en menores cantidades, es 20 veces más poderoso, molécula por molécula, que el dióxido de carbono. El metano que llega a la atmósfera proviene principalmente de:

- a) Los criaderos de ganado y los campos de arroz
- b) Los basureros
- c) Derrames de petróleo
- d) Emisiones de las plantas termoeléctricas

7.- Antes de la era industrial la cantidad de metano en el aire era de 0.75 ppm. En la actualidad esta cantidad se ha incrementado en un:

- a) 100%
- b) 200%
- c) 300%
- d) 400%

8.- El país que más gases de invernadero emite a la atmósfera es:

- a) México
- b) Estados Unidos
- c) Brasil
- d) China

9.- Existen propuestas para remover el exceso de dióxido de carbono de la atmósfera. Una de ellas es la de estimular el crecimiento de fitoplancton en los océanos mediante fertilizantes. El fitoplancton es el primer eslabón de la gran cadena alimenticia del mundo acuático. Lo componen bacterias, algas y hongos microscópicos. Se estima que el 90 % del total de la fotosíntesis y del aporte de oxígeno a la atmósfera, así como de la remoción de dióxido de carbono de la atmósfera, tiene lugar en los océanos y se debe al fitoplancton. Para estimular la producción de fitoplancton se está proponiendo fertilizar lugares estratégicos en el océano con:

- a) Hierro
- b) Aluminio

- c) Calcio
- d) Manganeso

10.- Se piensa que el océano es una fuente inagotable de recursos que contiene camarones y atunes por doquier. Sin embargo, si aplicamos los mismos criterios que utilizamos en tierra para clasificar los paisajes, llegaríamos a la conclusión que el océano es un vasto desierto. La producción de fitoplancton se ve severamente limitada por la escasez de nutrientes. Se estima que más del 60% del fitoplancton se desarrolla en un área tan pequeña que apenas si representa el 2% de la superficie del océano. El fitoplancton aprovecha que en determinadas condiciones, llegan a la superficie nutrientes desde el fondo marino a través del fenómenos conocidos como:

- a) avalanchas
- b) avenidas
- c) bonanzas
- d) surgencias

11.- Después del lanzamiento de los primeros satélites se observó que éstos se desviaban de una manera extraña mientras giraban alrededor de la Tierra. Se evaluaron varias hipótesis y se llegó a la conclusión de que tales efectos se deben a que la Tierra tiene una forma no tan perfecta como se creía. Lo que produce las perturbaciones de los satélites es la atracción gravitacional irregular de la Tierra, debida precisamente a su forma geométrica también irregular. El resultado de las observaciones fue que más que a una esfera o a un elipsoide, la Tierra se parece mucho más a:

- a) un limón
- b) una pera
- c) una manzana
- d) una cabeza de ajo

12.- El fértil valle de Mexicali formó parte del delta del Río:

- a) Yuma
- b) Imperial
- c) Colorado
- d) San Luis

13.- Los puntos más altos en la península de Baja California se encuentran en la Sierra de San Pedro Mártir. Uno de estos puntos es conocido como El Picacho del Diablo. Se cree que se trata de:

- a) un volcán inactivo
- b) un volcán activo
- c) parte de un plutón
- d) nadie lo ha estudiado

14.- Hace más de 20 años, el Dr. Mario Molina, Premio Nobel de Química, descubrió que los compuestos conocidos como clorofluorocarbonos (CFC), eran potencialmente dañinos para la capa de ozono de la atmósfera. Hace algunos años se comprobó, sin lugar a dudas, que esto era efectivamente

cierto, por lo que la producción y el uso de los CFC ha venido reduciéndose y dejarán definitivamente de producirse para el año 2000. Los CFC se utilizan principalmente en:

- a) la industria del papel
- b) equipos de refrigeración
- c) aviones supersónicos
- d) plantas nucleares

15.- La cantidad de lluvia generalmente se mide en mm. Por ejemplo, se dice que en la región del Amazonas, en el Brasil, la precipitación anual es de 2,500 mm. Esta cantidad se refiere a lo que llueve en:

- a) un metro cuadrado
- b) un milímetro cuadrado
- c) una hectárea
- d) cualquier área

16.- El promedio de precipitación anual en la región de Ensenada, Rosarito, San Quintín y Tijuana es de:

- a) 2.5 mm
- b) 25 mm
- c) 250 mm
- d) 2,500 mm

17.- Una de las fallas geológicas que podría generar un sismo con consecuencias graves para Ensenada, se localiza a lo largo de la península de Punta Banda. Esta falla se conoce con el nombre de:

- a) Agua Marina
- b) Agua Prieta
- c) Agua Blanca
- d) Agua Caliente

18.- Actualmente en la atmósfera existe una concentración de clorofluorocarbonos (CFC) de 650 ppb (partes por billón). Aunque ésta es una cantidad muy pequeña comparada con la que existe de dióxido de carbono y metano, su potencial como gas de invernadero es grande, ya que una sola molécula de CFC es capaz de absorber tanto calor como 20,000 de dióxido de carbono. Sin embargo, su principal característica, es que puede ascender hasta la capa de ozono entre los 20 y 50 km de altura, y una vez ahí disociar las moléculas de ozono, las cuales nos protegen de las radiaciones ultravioletas. En relación con su valor actual, la concentración de CFC antes de la aparición de la industria era de:

- a) la mitad
- b) la cuarta parte
- c) cero
- d) la décima parte

19.- En la preparación del cemento para construcción se utiliza principalmente:

- a) caliza
- b) arcilla

- c) yeso
- d) sílice

20.- La actividad minera en Santa Rosalía, Baja California, a finales del siglo pasado y principios del presente, y aún incluso en la actualidad, se debe a que de sus minas se extrae:

- a) plata
- b) aluminio
- c) oro
- d) cobre

21.- La actividad minera en San Felipe, Baja California, se debe a que de sus minas se extrae:

- a) plata
- b) aluminio
- c) oro
- d) cobre

22.- Algunos países industrializados tienen el problema ambiental de la lluvia ácida. Este tipo de lluvia es igual a la normal excepto que contiene pequeñas cantidades de ácido, el cual se forma en la atmósfera al combinarse el agua con gases que contienen azufre. Las chimeneas que más contaminan en este sentido están asociadas con la industria de:

- a) cemento
- b) energía eléctrica
- c) fierro y acero
- d) llantas

23.- La mayor parte de los sismos que ocurren en Mexicali se originan en la falla:

- a) Calabazas
- b) Laguna Salada
- c) Cerro Prieto-Imperial
- d) Yuma-Calexico

24.- Se celebra el día de la Tierra, el:

- a) 9 de junio
- b) 22 de abril
- c) 15 de octubre
- d) 29 de febrero

25.- Cuando en el centro del Océano Pacífico hay marea alta, en el centro del Océano Atlántico hay marea:

- a) alta
- b) mediana
- c) baja
- d) no hay marea

26.- ¿Has observado la salida de la Luna en días sucesivos? Cada día la Luna sale:

- a) más tarde
- b) más temprano
- c) a la misma hora
- d) por el lado opuesto

27.- ¿Has observado si existe alguna relación entre la hora de la salida de la Luna y la hora de la marea alta? ¿En el sur de California y norte de Baja California, cuántas horas después de que sale la luna se alcanza la marea alta?:

- a) tres horas
- b) seis horas
- c) cero horas
- d) doce horas

28.- La aparición de aguas cálidas en las costas occidentales de América fue identificada por los pescadores peruanos siglos atrás, quienes le dieron el nombre de El Niño en referencia a la llegada del Niño Dios, porque se observaba a finales de Diciembre, cerca de la Navidad. El fenómeno se presenta a intervalos de dos a siete años. La aparición de éstas aguas cálidas se debe a:

- a) vulcanismo submarino
- b) alta radiación solar
- c) contaminación
- d) fluctuaciones atmosféricas

29.- Demostró por primera vez la composición del aire Demostró además que el agua se compone de oxígeno e hidrógeno:

- a) Lavoiser
- b) Newton
- c) Gay-Lussac
- d) Galileo

30.- En un máximo de diez renglones explica lo que entiendes por fenómeno El Niño (Utiliza tu hoja de respuestas).

EL HORARIO DE VERANO, EL AÑO 2000 Y LAS OLIMPIADAS DE CIENCIAS DE LA TIERRA

Enrique Gómez Treviño

CICESE, Ensenada, Baja California, 22860 México
Correo electrónico: egomez@cicese.mx

INTRODUCCIÓN

¿Qué sabemos de la emisión de gases de invernadero, el protocolo de Montreal, la producción de clorofluorocarbonos, el hoyo de ozono del polo sur y el que se está desarrollando en el polo norte, los fenómenos de El Niño y La Niña, la tasa mundial de deforestación o la capacidad de los océanos para alimentar a la humanidad? Como ciudadanos del mundo, aunque seamos del tercero, compartimos la obligación de poder emitir una opinión razonada sobre estas cuestiones, o al menos estar enterados al respecto, ya que muchos aspectos de nuestra vida diaria se ven afectados por decisiones tomadas en nombre de todos los habitantes de la Tierra. No está de más recordar que las sociedades más desarrolladas no son las que tienen gobiernos muy avanzados, sino las que están formadas por ciudadanos informados y conscientes de sus responsabilidades tanto individuales como colectivas.

Por otro lado, con relación a nuestro propio país, cabe preguntar: ¿Que sabemos sobre el horario de verano, la producción de energía eléctrica mediante inversión privada, las fluctuaciones del precio del petróleo, la dependencia del presupuesto federal de los ingresos petroleros, la prevención de desastres naturales, la tasa de deforestación, la ampliación de la salina de Guerrero Negro, la importación de cereales y alimentos o el suministro de agua a las zonas urbanas? Todos estos temas son de actualidad en nuestro país; algunos provocan acalorados debates en televisión y amistosas charlas de café, así como votaciones y consultas entre la población. En estos casos con mayor razón deberíamos poder emitir una opinión razonada sobre cualquiera de estos temas que nos conciernen. Tal vez en la comunidad de Ciencias de la Tierra muchas de estas cuestiones no despiertan interés especial por su misma familiaridad, ya que entre nosotros hay especialistas en cada uno de los temas mencionados. Sin embargo, ello no es así entre la población en general, en la que se observa un preocupante desconocimiento aunado a un genuino interés por aprender (esto último ocurre particularmente entre estudiantes de preparatoria, quienes una vez motivados revuelven cielo y tierra para estar bien informados).

LAS OLIMPIADAS DE CIENCIAS DE LA TIERRA

Desde hace cinco años la Unión Geofísica Mexicana (UGM) y el CICESE han estado experimentando con diversos tipos de

cuestionarios para estudiantes de preparatoria, en el marco de las Olimpiadas de Ciencias de la Tierra. Este evento es anual y está abierto para todos los estudiantes de preparatoria del estado de Baja California. Se pretende extender en el futuro esta práctica a los demás estados del país, incluyendo al Distrito Federal.

En 1995 contemplábamos que para el año 2000 estaríamos organizando olimpiadas en todo el país. Sin embargo, el plazo se está llegando y parece que no lo vamos a lograr. Hemos realizado a la fecha cinco concursos en Baja California y tres en Guerrero. Tenemos planeado para este año volver a realizar concursos en estos dos estados e iniciar esta práctica en por lo menos dos estados más. Consideramos que lo importante por el momento es no abandonar el proyecto, continuar trabajando en el mismo sentido en que lo hemos estado haciendo, y dejar que las cosas se muevan a su propio ritmo. De esta manera podremos ir ampliando nuestros cuestionarios y lograr hacer preguntas informativas y formativas sobre aspectos básicos y de actualidad para llegar a un tipo de pregunta que a la vez informe y forme, así como que toque temas actuales de interés para estudiantes y maestros.

No es preciso que los estudiantes lleguen a ser especialistas en estos temas, pero sí que aspiren a conocer los aspectos técnicos generales y las cifras globales que les permitan evaluar situaciones. La educación de nivel preparatoria es el último eslabón de carácter general en la cadena educativa en el que se puede despertar el interés por estos temas. Además, la edad que tienen los estudiantes al graduarse coincide con la de ejercer por primera vez su derecho y responsabilidad de votar, por lo que deberán valorar el tamaño de los problemas nacionales y evaluar las alternativas de solución, así como intuir la viabilidad de las propuestas de los futuros representantes populares.

Al principio se incluían solamente aspectos básicos sobre la Tierra, la Atmósfera y el Océano. Sin embargo, en los últimos cuestionarios se han añadido preguntas sobre geografía, demografía y producción nacional y mundial de alimentos. También se incluyen preguntas relacionadas con el producto interno bruto (PIB) de México comparado con el de otros países. Si bien estos últimos temas no se incluyen en lo que tradicionalmente conocemos como Ciencias de la Tierra, no podemos dejar de lado que todas estas cuestiones dependen directa o indirectamente de la salud física y biológica de la Tierra, y viceversa, que la salud del planeta depende de la forma en que utilizamos sus recursos en pos de nuestras actividades económicas. Al

final del presente escrito se presentan 25 preguntas de las 150 incluidas en las Olimpiadas de 1999.

En la convocatoria para los concursos se recomienda a los estudiantes inscribirse en el equipo de un profesor de su preparatoria, quien funge como asesor en el proceso de búsqueda de las respuestas. Los cuestionarios se envían uno o dos meses antes a todas las preparatorias del estado. Muchas de las preguntas requieren de búsquedas en libros, enciclopedias, revistas de divulgación científica, periódicos, páginas de Internet, así como llamadas telefónicas o visitas a oficinas locales de la Comisión Nacional del Agua o de la Secretaría de Pesca, por citar dos ejemplos. En otras preguntas se ofrece la información necesaria pero se les pide que realicen algún tipo de cálculo con los datos, y que seleccionen una de cuatro posibles respuestas.

El sentir general de estudiantes y maestros es que las preguntas son difíciles. En el último examen, de 150 preguntas, quien obtuvo la máxima puntuación contestó correctamente solamente 86. Esto no es para extrañarse, ya que las respuestas por lo general no se encuentran en libros de texto. Muchas de las preguntas se originan en comentarios entre investigadores sobre cuestiones de actualidad que ellos mismos desconocen con detalle. Sin embargo, tanto estudiantes como maestros reconocen que se trata de aspectos básicos que los ayudan a comprender su entorno en relación con las actividades cotidianas, así como que los aspectos que se tocan deberían incluirse como parte de la educación media de preparatoria.

PORMENORES DE LA V OLIMPIADA EN BAJA CALIFORNIA

La V Olimpiada Estatal de Ciencias de la Tierra se llevó a cabo el 27 de noviembre del año pasado en el CICESE. Participaron 76 estudiantes de preparatorias de San Felipe, Rosarito, Tijuana, Tecate, Mexicali y Ensenada. Las actividades comenzaron con el registro de los participantes. Una hora después todos se encontraron en el auditorio. Asistieron al evento el Dr. Javier Mendieta, director general del CICESE; el Dr. José Gómez Valdés, presidente de la UGM; el Dr. Luis Munguía Orozco, director de la División de Ciencias de la Tierra del CICESE. Por parte de la UGM también estuvieron presentes Luis Delgado Argote, secretario de Difusión, Juan García Abdeslem, vicepresidente y Enrique Gómez Treviño, coordinador de las Olimpiadas.

El examen duró alrededor de dos horas y conforme terminaron de contestarlo se integraron grupos de 15 personas para visitar las instalaciones de la División de Ciencias de la Tierra. Allí, estudiantes del posgrado y técnicos les explicaron los métodos utilizados en estudios estructurales con imágenes de satélite y fotografías aéreas, métodos de prospección geofísica marina (sísmica, magnetométrica y batimétrica); se les mostraron minerales formadores de rocas y menas metálicas, macrofósiles de Baja California y técnicas de cartografía de rocas ígneas y de análisis petrográfico al microscopio con esas rocas.

En las instalaciones de la Red Sismológica del Noroeste de México, Antonio Vidal e Ignacio Méndez les mostraron la instrumentación y proceso de análisis de los sismos. Finalmente, los estudiantes tuvieron oportunidad de ver prácticas de gravimetría, magnetometría y prospección sísmica y eléctrica en el terreno frente a las instalaciones de la UNAM. Allí se montaron una serie de experimentos para mostrar la realización de mediciones geofísicas de campo, al mismo tiempo que se explicaba la utilidad de las mismas para obtener imágenes del subsuelo. Conforme regresaban los grupos de su visita a laboratorios y prácticas de campo, cerca de la una de la tarde, empezó la taquiza de carrito, con sodas y todo. Para recobrar energías, los participantes y organizadores dieron cuenta de casi 800 tacos en una hora: verdadero récord olímpico. A las 14:30 se inició la entrega de diplomas a los participantes, y a las 15:00 horas se realizó la premiación.

Los ganadores fueron: José Cruz Vieyra, de la escuela COBACH-Vizcaíno, de la ciudad de Tijuana, quien obtuvo el primer lugar con 86 aciertos, asesorado por el maestro Rigoberto Arcaraz. El segundo lugar, con 83 aciertos, Celina Peña Salmerón del COBACH de Ensenada, asesorada por la maestra Georgina Muñoz, y el tercer lugar fue para Christian Armando Fierro con 81 aciertos, del COBACH La Mesa de Tijuana, asesorado por la maestra Bertha Varela Gutiérrez. Los premios consistieron en diploma e incentivo económico.

PORMENORES DE LA III OLIMPIADA EN GUERRERO

En Taxco, Guerrero el Ing. Israel Castrejón ha organizado dos eventos. El Ing. Castrejón es profesor de la Escuela Regional de Ciencias de la Tierra en Taxco el Viejo perteneciente a la Universidad Autónoma de Guerrero. En esta Escuela se llevó a cabo un concurso en el que participaron estudiantes de tres preparatorias, así como algunos estudiantes de primaria y secundaria. En el nivel de bachillerato los ganadores fueron: Noé Ocampo Valdéz, primer lugar; Elena Estrada Saldaña, segundo lugar; y Yesenia Valle Reyes, tercer lugar. Otro de los concursos se llevó a cabo en la Preparatoria No. 10 de Iguala, Gro., perteneciente también a la UAG. En este caso los ganadores fueron: Fredy Valle Travecera, primer lugar; Bernardo Redefio Guerrero, segundo lugar; y Saúl Pérez Martínez, tercer lugar. Estos eventos llevan el nombre de uno de los maestros fundadores de la Escuela de Ciencias de la Tierra fallecido recientemente, el Ing. Mario Héctor Sabanero Sosa.

25 DE LAS 150 PREGUNTAS DEL EXAMEN DE LA**QUINTA OLIMPIADA ESTATAL DE
CIENCIAS DE LA TIERRA
UGM – CICESE****ENSENADA, B. C. A 27 DE NOVIEMBRE DE 1999**

- 1.- Imaginemos al territorio nacional como una gran alberca con fondo plano y con paredes colocadas a lo largo de las playas y de los límites con EEUU, Guatemala y Belice. ¿A que altura llegaría el agua considerando lo que llueve en un año?
- 10 cm
 - 30 cm
 - 50 cm
 - 70 cm
- 2.- La capacidad instalada del sector eléctrico en México es de 33 Gigawatts. De esta cantidad 2.3 % corresponde a plantas que utilizan energía geotérmica, siendo la más importante del país la de Cerro Prieto, en Baja California. La fracción que corresponde a energía geotérmica bastaría para encender un foco de determinado número de watts por habitante en el país. ¿De cuántos watts sería el foco?
- 80 watts
 - 8 watts
 - 2 watts
 - 3.7 watts
- 3.- Einstein propuso dos teorías de la relatividad. La primera, la especial, se refiere a observadores que se mueven relativamente uno con respecto al otro a velocidad constante y en línea recta. La segunda, la general, se refiere a observadores que se encuentran, uno en un campo gravitacional como el de la Tierra y, el otro, en un lugar cualquiera con la condición que su velocidad aumente progresivamente. En su teoría general Einstein equiparó los efectos de la gravedad con los de un observador que se encuentra en un vehículo acelerado. Esta equivalencia conduce a la conclusión de que la gravedad es capaz de desviar un haz de luz mucho más de lo que se pensaba con anterioridad. Esta predicción fue confirmada por un astrónomo inglés en 1919 al observar durante un eclipse de sol la posición aparente de estrellas lejanas. La desviación calculada coincidió casi exactamente con el valor observado. El astrónomo inglés que realizó la observación fue
- Arthur Eddington
 - Arthur Clark
 - Adlous Huxley
 - Edmund Halley
- 4.- Hace varios siglos que los científicos aprendieron a ser prácticos con respecto a sus teorías. Cuando alguien propone una teoría nueva, se le exige que explique con su teoría algún fenómeno que no haya podido ser explicado con las teorías anteriores, o bien que prediga algún fenómeno o efecto que nadie había notado antes. Si la teoría puede hacer esto entonces se le acepta como válida y tiene el derecho de reemplazar a las anteriores. La teoría de la relatividad general pasó la prueba. Este criterio de validez no es de uso exclusivo de la ciencia, en realidad todos lo usamos de una u otra manera en nuestra vida diaria. No se trata de otra cosa que de un sentido común riguroso y sistemático. Veamos un ejemplo menos sutil que el de la relatividad general pero en el que se use el mismo tipo de razonamiento. Todos hemos visto que el Sol se mueve en el cielo de Este a Oeste. También hemos visto que la Luna se mueve en el cielo de Este a Oeste. Sabemos que en ambos casos se trata de un movimiento aparente debido a que en realidad es la Tierra la que gira de Oeste a Este. Por otro lado, sabemos que la Luna es un satélite de la Tierra por lo que debe estar girando a su alrededor. ¿En que dirección gira la Luna, de Este a Oeste o al revés? Es difícil saberlo a simple vista porque su desplazamiento real es pequeño comparado con el desplazamiento aparente debido a la rotación de la Tierra. Una manera de decidir cual de las dos hipótesis es la correcta es razonar sobre las consecuencias de cada una de ellas. Sobre todo se requiere predecir algún tipo de comportamiento que pueda ser fácilmente observable. La hipótesis de que la Luna se mueve de Este a Oeste implica que cada noche la Luna saldría
- más temprano
 - más tarde
 - a la misma hora
 - no saldría
- 5.- La hipótesis de que la Luna se mueve de Oeste a Este implica que cada noche la Luna saldría
- más temprano
 - más tarde
 - a la misma hora
 - no saldría
- 6.- ¿Cuál de las dos hipótesis es la correcta? En realidad la luna sale cada noche
- más temprano
 - más tarde
 - a la misma hora
 - no sale
- 7.- El principal productor de oro en el mundo es Sudáfrica, que produce 700 toneladas por año. En el continente americano los mayores productores de oro son Brasil, EEUU y Canadá. México produce una pequeña fracción de lo que produce cualquiera de ellos. Juntos, Brasil, EEUU y Canadá producen al año 150 toneladas. En total, en el mundo se

producen alrededor de 2,300 toneladas de oro anualmente. Cotizando el kilogramo a 9,000 dólares de EEUU, y suponiendo que los gastos de operación e inversión sean de 6,000 dólares por kg, la ganancia para los países productores es de alrededor de 3,000 dólares por kg. Suponiendo que México fuera el productor de todo el oro que se produce en el mundo, esto le reportaría una ganancia anual de

- a) 700 md
- b) 7,000 md
- c) 7 md
- d) 0.7 md

8.- La deuda total del país, interna y externa, asciende actualmente a 200,000 md. Por esta deuda pagamos intereses. Suponiendo que estos intereses sean del 6% anual, una tasa relativamente baja, el monto que pagamos anualmente por concepto de intereses es de

- a) 12,000 md
- b) 1,200 md
- c) 120 md
- d) 1,200,000 md

9.- Suponiendo que México fuera el productor de todo el oro que se produce en el mundo, las ganancias anuales que esto le reportaría serían suficientes para cubrir los intereses de

- a) 7 meses
- b) 0.7 meses
- c) 70 meses
- d) 7 años

NOTA: México no es el único país con una deuda externa considerable en relación con su economía. Muchos otros países en desarrollo tienen deudas per capita similares. Ni siquiera los países desarrollados se salvan de esta situación. Los gobiernos de países como EEUU y Canadá tienen deudas mucho mayores que la de México. A través de esas deudas sus ciudadanos deben indirectamente, al igual que nosotros, fuertes cantidades que por lo general son afrontadas a largo plazo. A través de este tipo de deuda los ciudadanos de los EEUU y Canadá deben varias veces lo que cada mexicano.

10.- México produce más petróleo que los Estados Unidos.

- a) Cierto
- b) No se sabe
- c) Sólo en verano
- d) Falso

11.- ¿Cómo es la producción petrolera de México comparada con la de EEUU?

- a) Doble
- b) Triple
- c) Cuádruple
- d) Es menor

12.- Uno de los principales instrumentos que tienen los países desarrollados para hacer avanzar sus economías es la generación de nuevos conocimientos sobre su entorno y más allá de su entorno. Aprenden cada vez más sobre los fenómenos físicos, químicos y biológicos que suceden en la atmósfera, el océano y la tierra, particularmente sobre los que más afectan o podrían afectar sus economías en el mediano y largo plazo. Generalmente dedican año con año un porcentaje fijo de su PIB a estas actividades, las cuales agrupan en un rubro al que denominan de investigación y desarrollo (IyD). Los países desarrollados han sido aficionados desde hace varios siglos a este tipo de actividades. Japón llegó un poco tarde. Sin embargo, según nos recuerda Don Francisco I. Madero en su famoso libro de 1908, Japón empezó a fomentar estas actividades desde mediados del siglo pasado. Los países en vías de desarrollo recién despertaron a esta importante relación entre ciencia y economía. En el caso de México, los esfuerzos serios para fomentar la investigación científica empezaron hace

- a) 91 años
- b) 30 años
- c) 15 años
- d) 70 años

13.- Los gobernantes de cierto país europeo del siglo XV patrocinaron innumerables investigaciones oceanográficas que tuvieron como consecuencia, entre otras cosas, el descubrimiento de América en 1492. Desde ese país se dirigieron las empresas de exploración que, según muchos historiadores, han sido las más espectaculares y fascinantes de la historia humana hasta nuestros días. Para celebrar estas hazañas Las Naciones Unidas declararon a 1998 como El Año Internacional del Océano y seleccionaron a la capital de ese país como sede de la Exposición Universal dedicada a los mares y los océanos. ¿De que país se trata?

- a) Italia
- b) España
- c) Portugal
- d) Inglaterra

14.- La cantidad total de peces que pueden extraerse del mar anualmente manteniendo la riqueza del medio es de alrededor de 80 millones de toneladas. Extrayendo esta cantidad o una menor aseguraría una producción sustentable que podría repetirse año con año sin agotar el recurso. Considerando la población mundial actual, esto equivale a una cantidad semanal por habitante de

- a) 10 gr
- b) 100 gr
- c) 250 gr
- d) 1000 gr

15.- La deforestación en Brasil es de 14,000 km² por año. En México, la deforestación es de 7,000 km² por año, la mitad que en Brasil. Sin embargo, si se toma en cuenta el tamaño

de las selvas y bosques de cada país, se tiene que el porcentaje de deforestación en México es varias veces el de Brasil. Esto significa que las selvas y bosques en México se están acabando más rápido que en Brasil. La razón de deforestación en Brasil es de 0.4 por ciento anual. ¿Cuántas veces es mayor la de México?

- a) Dos
- b) tres
- c) cuatro
- d) cinco

16.- La parte más productiva del los océanos y mares se encuentra cerca de las costas. De hecho, el 90 por ciento de las capturas de pescado se producen a distancias de la costa menores de

- a) 50 km
- b) 100 km
- c) 200 km
- d) 300 km

17.- Aunque cada vez con menor densidad, la atmósfera de la Tierra se extiende hasta una altura de 1000 kilómetros. Sin embargo, para tener una idea más clara de lo que esto significa en términos de la cantidad de aire, conviene calcular la altura de una atmósfera con la misma cantidad de aire, pero cuya densidad no cambie con la altura y que tenga una densidad igual a la del aire al nivel del mar. Es decir, una atmósfera igualmente respirable a cualquier altura, excepto más allá de su borde, donde hipotéticamente no existiría aire alguno. La altura de esta atmósfera equivalente se puede estimar fácilmente tomando en cuenta las siguientes consideraciones. La presión que ejerce la atmósfera con todo y sus 1000 km de altura, se puede equilibrar con la presión que ejerce una columna de agua de tan solo 10 m de altura. Esta diferencia entre la longitud de las respectivas columnas se debe a que el agua tiene una densidad muchas veces mayor a la del aire. Con estas consideraciones y sabiendo la densidad del aire la altura de la atmósfera equivalente es de

- a) 800 m
- b) 1000 m
- c) 5000 m
- d) 10,000 m

18.- Por acuerdo internacional, los países que tienen costas tienen el derecho exclusivo a explotar una franja de mar conocida como "zona económica exclusiva". Esta zona no se considera como parte de su territorio, pero ningún otro país tiene el derecho de explotar económicamente esa zona sin el permiso del país correspondiente. Lo anterior también se aplica a los mares adyacentes a las islas que poseen los países. La distancia desde el litoral que define la "zona económica exclusiva" se especifica en millas náuticas. ¿Cuántas millas náuticas?

- a) 100
- b) 150
- c) 200
- d) 250

19.- La captura anual de atún en México es de 150 mil toneladas. Esto corresponde a 1.5 kg al año por habitante. Antes del embargo atunero por parte de los EEUU el 70 % de la captura se exportaba y 30 % era destinada para el mercado interno. Durante el embargo México diversificó sus exportaciones hacia otros países y al mismo tiempo se promovió el consumo interno de atún. ¿Qué tan exitosa fue esta promoción? El consumo interno pasó del 30 % antes del embargo a

- a) 40%
- b) 50%
- c) 60%
- d) 70%

20.- La producción pesquera de México es de 1.5 millones de toneladas, lo cual corresponde a alrededor de 15 kg anuales por habitante, cantidad un poco mayor al promedio mundial por habitante. Sin embargo, nuestro consumo de pescado es significativamente menor al consumo promedio mundial. La mayor parte de lo que pescamos se exporta. Parece que nos gusta más la carne de res, ya que importamos alrededor de la tercera parte de la que consumimos. Si consideramos la longitud de nuestras costas, por cada metro de litoral extraemos anualmente productos pesqueros en una cantidad de

- a) 1 kg
- b) 5 kg
- c) 75 kg
- d) 125 kg

21.- Si la producción petrolera de México es de 3 millones de barriles diarios: ¿Cuál es la producción diaria promedio por habitante del país?

- a) 2 litros
- b) 3 litros
- c) 4 litros
- d) 5 litros

22.- Para llegar a graduarse de país desarrollado, los habitantes de un país en vías de desarrollo deberán ser más disciplinados, más trabajadores, más austeros, más creativos, más eficientes, más efectivos y más responsables que los habitantes de los países desarrollados. Además, deberán de ser mejores administradores, mejores organizadores, mejores trabajadores, mejores estudiantes, mejores profesores, mejores soldados y, en general, mejores ciudadanos que ellos. ¿De qué otra manera se alcanza a alguien que va más adelante que uno?. En la base del problema se encuentra la educación. Tradicionalmente, los países industrializados han dedicado una mayor parte de su PIB a la educación. Ade-

más, la naturaleza del gasto tiende a tener un impacto mayor que en los países en vías de desarrollo, debido a que una parte importante del mismo sirve para apoyar el equipamiento de las escuelas y el desarrollo de nuevos métodos y herramientas educativas, basadas en las tecnologías más recientes. En el caso de México la mayor parte del gasto educativo es absorbido por los sueldos de los maestros. Y no es que los maestros ganen mucho, o que el gasto global del gobierno y los particulares sea muy pequeño en relación con otros rubros. En realidad, en los últimos años México ha dedicado a educación un porcentaje de su PIB comparable al que dedican muchos países desarrollados. Sin embargo, en términos absolutos la cantidad resultante es muy pequeña. Si utilizamos el modelo a escala de las economías de los EEUU (8 personas con ingresos de 7,000 pesos cada una) y México (3 personas con ingresos de 1,000 pesos cada una), los primeros dedican unos 500 pesos (7 %) cada uno a la educación, mientras que los segundos dedican 50 pesos (5 %). La relación entre estas cantidades es de 10 a 1, aunque la relación entre los porcentajes es solo de 7 a 5 (en comparación, la relación de los porcentajes en el caso de actividades de IyD es de 8 a 1). Con estos números no es de extrañarse que tengamos un rezago en cuestiones educativas, sobre todo si se toma en cuenta que en décadas anteriores se dedicaba un porcentaje menor a la educación. Actualmente se tiene que un niño de un país desarrollados recibirá, en promedio, entre 15 y 18 años de escolaridad, mientras que en México el promedio es de

- a) 3 años
- b) 5 años
- c) 7 años
- d) 9 años

23.- La producción mundial de carne de res, puerco, borrego y aves es de alrededor de 220 millones de toneladas. Se trata de calcular la productividad de la Tierra en kg de carne por hectárea. Considerar que la Tierra tiene un radio de 6370 km y que la producción de carne se obtiene solamente en el 30 % de su superficie. La productividad de la Tierra en kg por hectárea es de

- a) 5
- b) 10
- c) 15
- d) 20

24.- Considerando que del mar extraemos 80 millones de toneladas de productos pesqueros, se trata de calcular la productividad del mar en kg de carne por hectárea. Considerar que la Tierra tiene un radio de 6370 km y que la producción se obtiene del 70 % de su superficie. La productividad del mar en kg por hectárea es de

- a) 1.1
- b) 2.2
- c) 3.3
- d) 4.4

25.- En muchas actividades si se duplican los esfuerzos se obtiene el doble de beneficios. Por ejemplo, dos barcos pescarán alrededor del doble de peces que uno solo. Para que esto suceda es necesario que el número de peces disponibles sea mucho mayor que lo que pesca un solo barco. Si el número de peces disponible es del orden de lo que pesca un solo barco, entonces lo que pasará es que cada uno pescará la mitad. Se duplicaron los esfuerzos pero no se duplicaron los beneficios. Algo parecido está sucediendo con la pesca a nivel mundial. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el tamaño de la flota pesquera mundial se ha triplicado en la última década, pero las capturas no han aumentado en la proporción esperada del 300 %, sino en una proporción menor. Se considera que esto se debe a que se ha llegado al límite de lo que el mar puede producir en términos de productos pesqueros. La proporción en que han aumentado las capturas con el aumento de 300 % de la flota pesquera es de

- a) 200 %
- b) 100 %
- c) 50 %
- d) 25 %

LA SEXTA OLIMPIADA DE CIENCIAS DE LA TIERRA: ¿AL CEREBRO LE DA HAMBRE?

Enrique Gómez Treviño

CICESE, Ensenada, Baja California, 22860 México
Correo electrónico: egomez@cicese.mx

Trasladémonos a los terrenos de la especulación y la analogía, en donde todo se resuelve satisfactoriamente o termina por contradecirse hasta en los aspectos más elementales. ¿Al cerebro le da hambre? Indudablemente el cerebro se alimenta. Diariamente recibe su dosis de moléculas grandes y pequeñas a través del torrente sanguíneo como todos los demás órganos de nuestro cuerpo. También recibe incesantemente estímulos e impresiones del mundo exterior, de nuestro propio cuerpo e incluso de sí mismo, que vienen a ser los alimentos que necesita para su buen funcionamiento. Ideas, sueños, deseos, frustraciones, problemas, dudas, preguntas, etc. serían parte del menú de nuestro cerebro, entes todos tan necesarios como las sustancias que a diario le llegan por la vía sanguínea.

Si las preguntas son alimento, alimentémonos preguntando si el cerebro realmente necesita hacerse preguntas para subsistir. De ser así las cosas, tendría que existir una facultad que garantizara el abastecimiento de preguntas; si éstas no se presentan por sí solas, habría que buscarlas, y para buscarlas habría que sentir primero la necesidad de buscarlas. Para subsistir se requeriría entonces de una facultad análoga a la de sentir hambre, de tal forma que uno se sintiera impulsado a buscar alimentos aunque no se tuviera conciencia de su importancia. Esta facultad provocaría en el cerebro la necesidad de buscarse su alimento: preguntas y más preguntas, y todo esto sin tener que estar consciente de que lo que busca es su propio alimento. ¿Tendrá en realidad el cerebro esta facultad? Sin riesgo alguno de equivocarnos, ya que estamos simplemente especulando, podemos afirmar categóricamente que sí la tiene, y que no se trata de otra cosa sino de lo que llamamos curiosidad. Curiosidad consciente o inconsciente, para el caso da lo mismo.

Indudablemente la facultad de sentir hambre es innata en nosotros, de donde se deduce según nuestra brillante analogía que el sentir curiosidad también lo es. Ahora bien, existen muchas formas de estimular el hambre, o para decirlo con propiedad, de abrir el apetito. De aquí se deduce que deberían también existir muchas formas de estimular la curiosidad. Tal vez exista, incluso, un paralelo entre todas y cada una de las formas de abrir el apetito y las de estimular la curiosidad. Sería muy provechoso explorar la analogía sobre este último aspecto, pues podría muy bien llevarnos a conceptos pedagógicos más efectivos que los que se utilizan actualmente en el sistema educativo. No haremos nada de esto en la presente nota por temor a provocar una revolución educativa de incalculables consecuencias.

Nos limitaremos aquí a señalar que existen estimulantes que, como el hemostyl, están formulados para hacer comer al niño más chiqueado y remilgoso de la casa. También está la emulsión Scott y otros brebajes parecidos que las mamás adoran y que los niños aborrecen. Lo interesante de señalar aquí es que los recuerdos que se guardan sobre los mencionados estimulantes son por lo general desagradables. Siguiendo con nuestra analogía y aplicándola a las olimpiadas estudiantiles: ¿Estaremos estimulando artificialmente la curiosidad sobre las Ciencias de la Tierra? Es obvio que se trata de un estímulo y, aunque no es tan obvio, se trata en realidad de uno bastante artificial. Y sobre los recuerdos, ¿Quedarán recuerdos agradables? Esperamos que así sea. “Este es el programa de olimpiadas que más nos gusta de todos a los que hemos asistido”, nos expresó uno de los participantes en el último evento. ¿Será que las Ciencias de la Tierra tienen mejor sabor?

PORMENORES DE LA SEXTA OLIMPIADA

Los alumnos Natalie Millán Aguiñaga, Ángel Castro Castro, ambos del plantel Ensenada del Colegio de Bachilleres (COBACH), así como Santiago Adán Cota Vargas, alumno del plantel Rosarito del COBACH, resultaron ganadores del primero, segundo y tercer lugar, respectivamente, en la sexta edición de la Olimpiada Estatal de Ciencias de la Tierra, organizada el sábado 25 de noviembre del 2000 por la Unión Geofísica Mexicana (UGM) y el CICESE.

Esta vez se recibieron un total de 72 participantes, 40 mujeres y 32 hombres, provenientes de diversas escuelas preparatorias de Mexicali, San Felipe, Tijuana, Rosarito y Ensenada. Se contó con la participación de alumnos de diferentes planteles del COBACH, Cet del Mar, Centro de Estudios Universitarios Xochicalco y Colegio Ensenada, entre otras preparatorias.

La participación de alumnos se ha venido estabilizando a alrededor de 70 concursantes, un número que resulta muy manejable respecto a la comida que se les ofrece y al recorrido por las instalaciones del CICESE.

Como en años anteriores, el objetivo primordial del certamen, más que motivar a los jóvenes participantes a estudiar una carrera relacionada con las Ciencias de la Tierra, se ha extendido y es más ambicioso.

Se pretende que las Ciencias de la Tierra formen parte de la cultura general de cada uno de los habitantes de nuestro país. Por lo pronto tenemos que por alrededor de dos semanas al año, muchos jóvenes de Baja California están de cierta manera en contacto con materias básicas como física, química, matemáticas y biología, enfocadas directamente a entender mejor el funcionamiento de nuestro planeta. De hecho todas estas ciencias nacieron así, no en forma aislada y como disciplinas abstractas, sino en forma sintética como filosofía natural, cuyo fin último era comprender nuestro entorno en todos sus aspectos. Inclusive la geometría nació así.

Seguimos pensando que en pocos años podríamos estar organizando olimpiadas nacionales en esta área, pues relativamente no se requiere de muchos recursos para su realización y sí, en cambio, se puede avanzar mucho en lograr que los jóvenes se relacionen con estos temas. Tenemos a la fecha alrededor de 500 preguntas que podrían usarse como base para los cuestionarios de año con año. Sin embargo, nos parece que nos faltan preguntas sobre cuestiones regionales de los diferentes estados del país.

**30 DE LAS 150 PREGUNTAS DEL EXAMEN DE LA
SEXTA OLIMPIADA ESTATAL DE
CIENCIAS DE LA TIERRA**

**UGM – CICESE. ENSENADA, B.C. A 25 DE
NOVIEMBRE DEL 2000**

EXAMEN

1.- Todos sabemos, aunque a casi nadie le consta, que la Tierra es redonda. La Tierra es simplemente demasiado grande para poder apreciar su curvatura. No es por nada que a la humanidad le tomó muchos miles de años de observaciones y viajes para darse cuenta que el lugar en que vivimos se parece bastante a una esfera. El pleno convencimiento en los círculos educados europeos no vino sino hasta el siglo

- a) VIII
- b) XIII
- c) XV
- d) XVIII

2.- Muchos de los métodos que utiliza actualmente la ciencia fueron ideados por los antiguos griegos. Entre otras cosas, utilizaban modelos geométricos y todo lo que sabían sobre ellos para profundizar sus conocimientos de la naturaleza. Por ejemplo, si por alguna razón sospechaban que la Tierra era una enorme esfera cuyo radio era imposible de medir directamente, se ponían a revisar lo que sabían sobre la esfera, particularmente las fórmulas para calcular su radio a partir de otras cantidades. Seleccionaban la fórmula que tuviese cantidades susceptibles de ser medidas sobre la superficie y procedían entonces a realizar las mediciones requeridas. Esto es, utilizaban modelos matemáticos para guiarse en sus observaciones. De esta manera Eratóstenes estimó el radio

de la Tierra, la inclinación de la Eclíptica y las distancias al Sol y a la Luna. ¿Cómo le hizo y qué fórmulas utilizó?. Por diferentes razones históricas sus trabajos no trascendieron. Eratóstenes realizó sus trabajos antes de Cristo en el siglo

- a) I
- b) II
- c) III
- d) IV

3.- El modelo funcional más simple que tenemos actualmente para la Tierra es el de una esfera que gira uniformemente alrededor de un eje que pasa por su centro. Si la esfera es rígida, como de hecho lo es la Tierra exceptuando la atmósfera y los océanos, todas sus partes giran con la misma velocidad angular. Esto es, todos sus puntos recorren el mismo ángulo por unidad de tiempo. La velocidad angular de la Tierra es de

- a) 45 grados/h
- b) 360 grados/h
- c) 36 grados/h
- d) 15 grados/h

4.- Si bien todos los puntos de la Tierra describen el mismo ángulo por unidad de tiempo, no recorren en cambio la misma distancia lineal. Por ejemplo, los puntos en el ecuador recorren en 24 horas una circunferencia mayor que los puntos que se encuentran en el interior de la Tierra, en el mismo plano del ecuador pero a una distancia menor al eje de giro. Lo mismo pasa con otros puntos sobre la superficie. A medida que nos acercamos a los polos, las circunferencias que se describen son cada vez más pequeñas. Y sin embargo todas se completan en 24 horas. La velocidad lineal o tangencial tiene su máximo en el ecuador y disminuye a cero en los polos. La regla, receta o fórmula para la velocidad lineal v en función de la latitud θ la puedes derivar fácilmente tú mismo sin consultar libro alguno (la latitud del ecuador es cero y la de los polos es 90 grados). La velocidad $v(\theta)$ en km/h es igual a

- a) $1700 \cos\theta$
- b) $360 \cos\theta$
- c) $6370 \sin\theta$
- d) $24 \sin\theta$

5.- Determinar experimentalmente cuánto mide la circunferencia de una rueda de bicicleta tomando su radio como unidad de medida. Hacer lo mismo con un plato, un vaso y una moneda. No utilicen reglas ni cintas de medir. Utilicen un hilo delgado como los de coser para darle vuelta al círculo, luego determinen cuantas veces cabe el radio del círculo en el hilo que necesitaron para cubrir la circunferencia. En caso de que requieran fracciones doblen cuantas veces necesiten un hilo de la longitud del radio. Antes de realizar las mediciones hagan mentalmente una estimación para cada circunferencia (si ya saben la respuesta, pretendan que no la saben). Haciendo las mediciones con suficiente cuidado, encontrarán que en todos los casos las circunferencias mi-

den aproximadamente lo mismo cuando se utilizan sus respectivos radios como unidad de medida. Reflexionando un poco, o más bien después de mucho pensarlo, verán como evidente una de las verdades más simples, útiles y profundas que ha descubierto la humanidad: Que las circunferencias de todos los círculos miden lo mismo cuando se miden con sus respectivos radios. Además, pasarán a la historia por haber resuelto a su manera uno de problemas más fascinantes de la historia, al que se han dedicado incontables matemáticos en los últimos 4,000 años. Si hicieron sus mediciones con suficiente cuidado su resultado se acercará a

- a) 3.1
- b) 5.0
- c) 6.3
- d) 4.0

6.- En ciudades calurosas como Mexicali, Hermosillo, Monclova o Monterrey, los rayos del Sol inciden verticalmente en los meses de verano.

- a) cierto
- b) solo en años de El Niño
- c) falso
- d) solo en verano

7.- Si vives en Mexicali y deseas que por tu ventana no entren directamente los rayos del Sol, independientemente de la estación, la ventana deberá estar orientada hacia

- a) el Norte
- b) el Sur
- c) el Este
- d) es imposible escaparse del Sol

8.- Si vives en la Ciudad de México y deseas que por tu ventana no entren directamente los rayos del Sol, independientemente de la estación, la ventana deberá estar orientada hacia

- a) el Norte
- b) el Sur
- c) el Este
- d) es imposible escaparse del Sol

9.- Tienes la opción de escoger entre dos terrenos, uno con el frente hacia el Norte y otro con el frente hacia el Sur. Deseas que el frente de tu casa reciba la mayor cantidad de luz solar directa durante todo el año, pues el terreno está en la ciudad de Ensenada y no te gustaría que el frente de tu casa fuera demasiado húmedo. Escoges el que tiene frente hacia el

- a) Norte
- b) Sur
- c) no importa
- d) es imposible

10.- El aire contiene aerosoles, pequeñas partículas de polvo, humo, polen y sal que sirven como núcleos para que se for-

men pequeños gotas de agua a su alrededor, ayudando de esta forma a la formación de las nubes. Las partículas son lo suficientemente pequeñas para flotar continuamente en el aire. Su número es de alrededor de un millón de partículas por litro de aire sobre los océanos y sobre la tierra su densidad es cinco o seis veces mayor. La mayor parte de las partículas es de origen natural y siempre han formado parte en la formación de las nubes. Sin su ayuda se requeriría de 700 % de humedad relativa para dar inicio al proceso de condensación. El papel que juegan los aerosoles es por lo tanto de extrema importancia. Una de las técnicas de sembrado de lluvia consiste en estimular la formación de gotas grandes mediante el rociado con partículas microscópicas un poco más grandes que los naturales. La técnica está siendo probada en Sudáfrica y Francia, así como en México en donde se ha realizado un estudio de 4 años con resultados bastante alentadores en el área de Monclova. En esta técnica se rocía principalmente

- a) yoduro de plata
- b) agua pesada
- c) sal común
- d) polvo de arcilla

11.- En los últimos años se han construido para usos meteorológicos sistemas de radar que utilizan el efecto Doppler. Con ellos no solo se puede localizar una tormenta, sino que además se puede saber la dirección en que se mueve, e incluso la dirección en que se mueven sus diferentes partes. Con estos radares es posible inspeccionar el interior de las nubes y detectar movimientos verticales como los que sostienen y crean el granizo. En realidad el efecto Doppler se conoce desde hace mucho tiempo, pero su aplicación a radares meteorológicos es muy reciente. El efecto se manifiesta en todo tipo de fenómenos ondulatorios como el sonido y la luz, por lo que sus aplicaciones son muy variadas, siendo una de las más espectaculares el reconocimiento de que el universo está en expansión. El efecto Doppler se manifiesta como un cambio en las características de las ondas cuando la fuente o el reflector están en movimiento. Lo que cambia es la/el

- a) velocidad
- b) tiempo de viaje
- c) longitud de onda
- d) intensidad

12.- Para ubicar un objeto con respecto a nosotros mismos es necesario determinar su dirección y la distancia a la que se encuentra. Estimar la dirección es relativamente fácil, basta con girar la cabeza en la dirección del objeto. Por otro lado, estimar la distancia es un proceso más complicado. Traten de tocar con el dedo índice el pico de una botella colocada sobre una mesa, primero cerrando el ojo derecho, luego inténtelo cerrando el ojo izquierdo, o viceversa. Luego hagan lo mismo con los dos ojos abiertos. Coloquen la botella a una distancia de su cabeza de alrededor de medio metro. Si no disponen de una botella utilicen una pluma o un lápiz colocados verticalmente. Con este experimento se darán cuenta que para medir distancias nuestro cerebro utiliza

- a) un triángulo
- b) el tamaño aparente de los objetos
- c) el efecto Doppler
- d) los objetos aladaños

13.- Calcular el ángulo que forman dos líneas imaginarias que salen de un sólo punto y que llegan cada una a uno de los ojos, suponiendo que el punto se encuentra a 50 cm de la cabeza. El ángulo en grados tiene un valor de

- a) 4
- b) 8
- c) 12
- d) 16

14.- Calcular el ángulo que forman dos líneas imaginarias que salen de un sólo punto y que llegan cada una a uno de los ojos, suponiendo que el punto se encuentra a 130 m de la cabeza. El ángulo en grados tiene un valor de

- a) 0.015
- b) 0.03
- c) 0.045
- d) 0.060

15.- La Luna se encuentra a una distancia muy considerable de la Tierra. Esta distancia es tal que el ángulo que forman dos rectas desde un punto de la Luna a cada uno de nuestros ojos es extremadamente pequeño, de tal manera que estimar su distancia a simple vista es prácticamente imposible. Sin embargo, los antiguos griegos se las ingeniaron para medir esta distancia mucho antes de la invención del telescopio. Por un lado diseñaron procedimientos sencillos para medir ángulos muy pequeños y, por el otro, se les ocurrió lo equivalente a aumentar la separación entre los ojos, mediante la observación desde dos puntos lo suficientemente separados para que el ángulo de paralaje fuera lo suficientemente grande para ser medido. Para que este ángulo sea igual al que se obtiene a simple vista con objetos a 135 m de distancia, la separación entre dos observadores tendría que ser de

- a) 200 km
- b) 300 km
- c) 400 km
- d) 800 km

16.- Imagínate que vives en los tiempos del renacimiento y que sabes de los últimos descubrimientos científicos. Y no sólo estás bien informado, eres vecino y amigo de Galileo, quien te tiene al tanto de todo lo que hace e incluso te ha invitado a presenciar sus experimentos y a compartir sus observaciones a través del telescopio, su invento más reciente. Tal vez no lo recuerdes, pero fuiste tú quien le sugirió a Galileo que los puntos luminosos a cada lado de Júpiter no podía ser otra cosa que lunas o satélites. Lo que tú y Galileo realmente observaron eran puntos luminosos a cada lado de Júpiter. En ese tiempo nadie había visto satélites lejanos a través de un telescopio. Al igual que ahora era necesario descifrar o interpretar las imágenes. Recuerda esa noche en que se asombraron porque uno de los puntos luminosos a derecha

de Júpiter había desaparecido. La noche anterior habían contado los puntos muy bien y definitivamente faltaba uno. Recuerda también que la noche siguiente apareció un punto nuevo a la izquierda. Galileo estaba muy preocupado porque eso significaba que en el cielo las cosas aparecían y desaparecían espontáneamente. Al día siguiente mientras observabas a un grupo de niños correr alrededor de tu casa de campo, se te ocurrió que la aparición y desaparición de los puntos luminosos se debía a que eran objetos girando alrededor de Júpiter, y que aparecían y desaparecían al igual que los niños al correr alrededor de tu casa. Se lo dijiste a Galileo y él lo anotó en su diario. ¿Cuántos satélites de Júpiter descubrió Galileo?

- a) 4
- b) 5
- c) 6
- d) 7

17.- A Aristóteles no le interesaba conocer la forma en que los objetos caen en el vacío, tal vez porque a través de observaciones de otra índole había determinado que la naturaleza aborrece el vacío. Lo que le interesaba era conocer cómo caen en las condiciones naturales. En el caso de objetos de poco peso Aristóteles experimentaba directamente en el aire. Sin embargo, debido a que el aire era demasiado fino para afectar a objetos pesados, realizaba experimentos en medios más densos como el agua. Su conclusión general fue que después de un corto periodo de aceleración, la velocidad no aumenta más por lo que caen a velocidad constante. Esta velocidad depende de la forma y peso de los objetos. Aristóteles encontró que objetos de igual forma y tamaño pero de diferente peso el que cae a mayor velocidad es el más pesado. Ahora se sabe que esto es

- a) cierto
- b) falso
- c) cierto con correcciones
- d) falso con correcciones

18.- Lo que Aristóteles determinó hace casi dos mil años se conoce ahora como velocidad terminal. La velocidad terminal de una persona de peso promedio que se lanza desde un avión a gran altura es de

- a) 30 km/h
- b) 60 km/h
- c) 90 km/h
- d) 180 km/h

19.- Explicar todo lo que se sabe sobre algún aspecto de la realidad no se considera suficiente para demostrar la validez de un modelo o una teoría. Los científicos son muy rigurosos sobre este aspecto; exigen que un modelo o teoría, además de explicar todo lo que ya se conoce, prediga algún efecto desconocido que pueda ser corroborado en la práctica mediante mediciones. Se trata de una actitud un tanto macabra, pues le exige a la teoría que prediga su propia muerte si las cosas no salen bien. Sin embargo, si las cosas salen bien la teoría se fortalece y puede con mayor confianza seguir

realizando predicciones, hasta que un día se equivoca y debe ser reemplazada por otra. De esta manera los científicos ponen a prueba sus propias teorías y las de otros por puro deporte, propiciando que se genere conocimiento que sería muy difícil de conseguir de otra manera. La ley de la gravitación universal superó con elegancia innumerables pruebas de este tipo. Una de ellas era la predicción de que la Tierra debería estar achatada por los polos, según se deducía del efecto combinado de la gravedad y la rotación. La teoría rival, la de los remolinos, predecía lo contrario. Había por lo tanto mucho interés en las mediciones que realizarían expediciones enviadas al ecuador y a los polos. A su retorno compararon sus mediciones y resultó que el radio ecuatorial era mayor al polar en un porcentaje de

- a) 0.34
- b) 0.43
- c) 1.3
- d) 3.1

20.- El valor que generalmente se utiliza para la aceleración de la gravedad en la superficie de la Tierra es de 9.8 m/s^2 . Este número con dos cifras significativas es lo suficientemente exacto para muchos propósitos prácticos. Sin embargo, el valor real de la gravedad varía de punto a punto sobre la superficie de la Tierra. Actualmente se cuenta con instrumentos llamados gravímetros que pueden medir diferencias de la gravedad hasta la octava cifra después del punto decimal. Con uno de estos instrumentos se puede fácilmente medir la diferencia de la gravedad entre dos puntos que difieren en un metro de altura. ¿En qué cifra después del punto decimal se muestra esta diferencia?

- a) quinta
- b) sexta
- c) séptima
- d) octava

21.- Alrededor del mundo se han realizado millones de mediciones de la gravedad, exactas por lo menos hasta la sexta cifra decimal. Estas mediciones, realizadas la mayor parte de ellas en las últimas décadas, cubren tanto los continentes como el mar con separaciones de unos pocos kilómetros. Estas mediciones generalmente se presentan en la forma de mapas en los que se puede apreciar máximos y mínimos. Estos máximos y mínimos se deben a deficiencias o excesos de masa que ocurren bajo la superficie de la Tierra. Las deficiencias generalmente se deben a la presencia de rocas que son menos densas que el promedio, y los excesos a la presencia de rocas que son más densas que el promedio. El mapa gravimétrico de México se puede consultar en internet. En este mapa se pueden apreciar muchos rasgos que pueden dar información sobre la densidad de las rocas que se encuentran ocultas a profundidad. Por ejemplo, el ya famoso cráter de Chicxulub ocasionado por un gigantesco meteorito que cayó a la Tierra hace 65 millones de años, está totalmente cubierto por sedimentos, por lo que no puede ser apreciado ni desde un avión ni por medio de fotografías de satélite. El cráter está completamente oculto.

Sin embargo, el efecto del cráter se puede apreciar muy bien en el mapa gravimétrico de México alrededor de la Cd. de Mérida, Yucatán. En esta área la gravedad muestra un

- a) máximo
- b) mínimo
- c) no muestra nada
- d) cero

22.- En la mañana del 8 de octubre de 1909, cerca del pueblo de Zagreb, en Croacia, tuvo lugar uno de los terremotos más importantes para la sismología. La importancia de este sismo no radica en los daños que causó, ya que su magnitud fue relativamente pequeña, sino en que todos los sismólogos, menos uno, lo confundieron por dos sismos. Los sismogramas que se registraron en diversas ciudades de Europa mostraban dos paquetes de ondas, cada una característica de un temblor individual, por lo que todos los sismólogos, menos uno, interpretaron los sismogramas como debidos a dos sismos ocurridos uno inmediatamente después del otro. Ese uno era precisamente el director del observatorio meteorológico de Zagreb, quien se dio a la tarea de estudiar los registros del temblor obtenidos en diversas ciudades, cercanas y lejanas. La historia de los dos sismos casi simultáneos no explicaba la forma en que se separaban los paquetes de ondas al alejarse del lugar del sismo. Esta persona propuso que se trataba de un solo sismo, y que el otro paquete de ondas se debía a que parte de la energía se estaba desviando hacia alguna zona de alta velocidad, llegando primero a algunos sismógrafos que la onda directa a la que todos estaban acostumbrados. Realizó algunos cálculos y determinó que la velocidad de las ondas directas era de 6 km/s , algo que ya todos sabían. Realizó unos cálculos más y obtuvo una velocidad de 8 km/s para las ondas más rápidas. El modelo físico que utilizó corresponde a una corteza de 50 km de espesor que descansa sobre el manto donde la velocidad de las ondas sísmicas es mayor. Aunque el valor de 50 km para el espesor de la corteza es un poco mayor que el actualmente aceptado, su descubrimiento de la discontinuidad que separa la corteza del manto, marcó el inicio del estudio del interior de la Tierra mediante las ondas generadas por los terremotos. ¿Cuál era el apellido de esta persona?

- a) Conrad
- b) Gutemberg
- c) Richter
- d) Mohorovici

23.- El estado de Baja California es, en promedio, 1000 m más alto que el de Baja California Sur. Sabemos también que la densidad promedio de las rocas en ambos estados es más o menos la misma. Esto implica que definitivamente la parte norte pesa más por cada km^2 de superficie que la parte sur. Esto a su vez implica que Baja California se hunde más en el manto que Baja California Sur. Suponiendo que la densidad de la península es uniforme (2.8 gr/cm^3) y que la densidad del manto es de 3.3 gr/cm^3 , calcular el exceso de hundimiento de la parte norte con respecto a la parte sur.

La fórmula para calcular el hundimiento se puede obtener en la misma forma que la referente al hundimiento del hielo en el agua. El exceso de hundimiento es de

- a) 1.6 km
- b) 2.6 km
- c) 4.6 km
- d) 5.6 km

24.- Si una montaña de 1000 m de altura se erosiona completamente la montaña no desaparece. Esto se debe al mismo fenómeno de flotación que hace que el hielo vuelva a aparecer sobre la superficie del agua. En el caso de la montaña la recuperación es posible debido a la reserva de material que existe como raíz de la montaña misma. Si se ha erosionado la montaña de 1000 m de altura la nueva montaña tendrá una altura de

- a) 1000 m
- b) 850 m
- c) 600 m
- d) 500 m

25.- Si la erosión prosigue con su trabajo la montaña terminará por desaparecer, no en el tiempo que toma en erosionar a la montaña misma sino mucho tiempo después. Si la montaña tiene una altura de 1000 m y la erosión es de 1 mm por año, no habrá montaña después de varios millones de años. ¿Cuántos?

- a) uno
- b) 3.6
- c) 5.6
- d) 6.6

26.- Suponiendo una velocidad promedio de 10 km/h, los vientos prevalecientes en las regiones ecuatoriales tarde o temprano regresan al mismo lugar después de darle la vuelta a la Tierra. El tiempo que les toma en darle una vuelta a la tierra a esa latitud es de

- a) un año y medio
- b) un mes y medio
- c) seis años
- d) seis meses

27.- La velocidad de las ondas sísmicas de compresión en la corteza terrestre es de alrededor de 7 km/s. Estas ondas se pueden propagar por la superficie desde un sismo en un lado de la Tierra hasta un punto diametralmente opuesto, a miles de km de distancia. ¿Cuál es este tiempo?

- a) 28 min
- b) 11 min
- c) 15 min
- d) 48 min

28.- Calcular el volumen de los continentes en kilómetros cúbicos. Considerar que los continentes ocupan el 30 % de la superficie de nuestro planeta y que los continentes tienen un grosor promedio de 40 km. El volumen es de

- a) 6×10^6
- b) 6×10^7
- c) 6×10^8
- d) 6×10^9

29.- Cuando utilizamos una brújula para orientarnos hay que tener en cuenta que el Norte que indica la brújula no es el Norte geográfico sino el Norte magnético. En los mapas y en los planos se acostumbra utilizar una flecha para indicar la dirección del Norte geográfico. Si se te pide que le pongas la flecha a un plano y solamente tienes una brújula para orientarte, tendrás que tomar en cuenta esta diferencia, la cual en el lenguaje técnico de los geofísicos se le conoce como declinación magnética. En Baja California la diferencia es de alrededor de 12 grados mientras que en Yucatán es de sólo 4 grados. En general, en todo México la declinación magnética tiene el mismo signo aunque varíe de magnitud de una región a otra. Esto significa que no importa en que parte de la República nos encontremos, siempre deberemos de corregir en el mismo sentido la dirección del Norte magnético para que corresponda al Norte geográfico. Una vez que sabemos la dirección del Norte magnético, el Norte geográfico estará a su

- a) izquierda
- b) derecha
- c) proa
- d) oriente

30.- En los últimos 100 años la intensidad del campo magnético de la Tierra ha estado disminuyendo continuamente, de tal manera que actualmente el campo promedio es un 5 % menor de lo que era hace un siglo. De continuar esta tendencia, suponiendo una disminución lineal, el campo desaparecería en

- a) 20 años
- b) 200 años
- c) 2000 años
- d) 20,000 años.

¿Cuántas y/o cuáles preguntas cree haber podido contestar? ¿Le parecieron interesantes? ¿Alimentaron su curiosidad?

Si le interesa saber cuántos aciertos tuvo, o si tiene algún comentario, siéntase libre de enviarme un correo electrónico a egomez@cicese.mx.

LA SÉPTIMA OLIMPIADA ESTATAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA: EL PLACER DE DESCUBRIR

Enrique Gómez Treviño

CICESE, Ensenada, Baja California, 22860 México
Correo electrónico: egomez@cicese.mx

Si el cerebro humano posee la facultad de sentir curiosidad como el estómago la de sentir hambre: ¿Cuál vendría a ser el alimento del cerebro? Mencionábamos en la introducción al informe de la sexta olimpiada que según esta analogía, el alimento del cerebro tomaría la forma de preguntas, preguntas y más preguntas. Sin embargo, para respetar la analogía es necesario hacer algunas precisiones al respecto. Los alimentos que van al estómago hay que prepararlos, cocinarlos, masticarlos, tragarlos y digerirlos. Lo mismo las preguntas: hay que formularlas, reformularlas, separarlas en sus varias componentes, resolver las partes y assimilar la respuesta como nuevo conocimiento. De nada sirve comer si del alimento no se extrae el contenido energético o proteínico que requiere el organismo. Y de nada sirve preguntar si de la pregunta no se extrae conocimiento nuevo mediante el proceso correspondiente. ¿A qué se debe la prácticamente constante neblina de la costa noroeste de Baja California? ¿Y los vientos Santana, a qué se deben? ¿Y porqué la costa occidental de Baja California es fría y húmeda, y la oriental cálida y seca?

La pregunta es el principio de todo. Pero hay que respetar el proceso para llegar a obtener lo que realmente queremos: la respuesta. Mejor dicho: hay que disfrutar el proceso para obtener lo que realmente queremos. Y aquí la analogía vuelve a ayudarnos. No solamente comemos porque necesitemos proteínas y energía; también comemos para calmar el hambre: ¿Resolvemos problemas para calmar la curiosidad? También comemos por el puro placer de hacerlo: ¿Resolvemos problemas por el puro placer de hacerlo? Es indudable que sí. ¿Es este placer producto de un reflejo condicionado, o se trata de un reflejo innato? Tal vez sea innato y se refuerza condicionándolo, al igual que con la comida. De cualquier forma que sea, lo interesante de señalar aquí es que es muy difícil, con un programa como el de las presente olimpiadas, llegar a transmitir el proceso completo de obtener nuevos conocimientos. Pero no hay que desanimarse. Esto no lo ha logrado ni el sistema educativo a través de años y años de escolaridad. Y es que no es fácil. Pero parece fácil: tomen la primera de las tres preguntas anotadas más arriba sobre el clima de Baja California. Supongan que no saben la respuesta; si no la saben, mejor. ¿Han observado la formación de neblina en situaciones cotidianas? Al abrir un congelador, por ejemplo, o simplemente lo que le pasa al aliento cuando hace mucho frío. ¿Podemos separar los diferentes factores que se requieren para que se produzca el fenómeno? ¿Conocemos lo suficiente de termodinámica para proponer una hipótesis bien sustentada? Una vez armados con la hipótesis comprobamos las condiciones atmosféricas y oceanográficas de la región. ¿Se dan las mismas condiciones que en nuestra neblina doméstica? Si todo sale bien, acabamos de dar una explicación

científica a un fenómeno natural de nuestro entorno. Pasar por todo el proceso de responder a la pregunta indudablemente causa placer, a condición de que la pregunta provenga o haya sido aceptada por la curiosidad. La curiosidad provoca expectación a cada paso. Si no hay curiosidad por lo que se busca no habrá asombro por lo encontrado, no se disfrutará el camino y mucho menos la llegada. Podemos concluir diciendo que nuestro problema sigue siendo el mismo de siempre: despertar la curiosidad. ¿Existe algún método seguro, efectivo, garantizado para estimular la curiosidad? La serpiente en la historia bíblica algo le dijo a Eva, y Eva sintió curiosidad. ¿Qué le dijo?

PORMENORES DE LA SÉPTIMA OLIMPIADA

Con un número de participantes sin precedente, 110 en total, provenientes de Mexicali, Tijuana, Tecate, San Felipe, Rosarito y Ensenada, el sábado 24 de noviembre de 2001 se realizó la Séptima Olimpiada Estatal de Ciencias de la Tierra, el concurso celebrado anualmente de manera conjunta por el CICESE y la Unión Geofísica Mexicana (UGM).

El auditorio del edificio de Oceanología fue ocupado casi en su totalidad por estos jóvenes que arribaron desde temprano al CICESE a bordo de varios camiones y unidades de sus planteles.

El total de inscripciones previas a la olimpiada no tuvo precedente: 186 en total. Sin embargo, no todos los inscritos pudieron venir.

Cerca de 30 alumnos del CET del Mar de Ensenada que realizaban un viaje de estudio en Bahía de los Ángeles no pudieron regresar a tiempo, pues su camión se descompuso en su viaje de regreso. Otros simplemente no acudieron a la cita. Sin embargo, los 110 que finalmente presentaron el examen constituyen todo un récord en estas olimpiadas.

Al final, los ganadores del primero, segundo y tercer lugar fueron Francisco Ignacio Amezcua Robles, del CETYS Ensenada, Alberto Aguiar Medina, del COBACH La Mesa, de Tijuana, y Edgar Rodrigo Romero Ayón, del COBACH plantel Rosarito; se hicieron acreedores a diplomas, constancias y a premios en efectivo por mil, 750 y 500 pesos, respectivamente.

Sus maestros también ganaron: María Julia Robles Quintero, Manuel Armando Gómez Piñón y Juan Cosme Alonso, quienes se llevaron, respectivamente, 500, 325 y 250 pesos.

La mayor participación fue de los planteles del Colegio de Bachilleres, ya que vinieron de Tijuana (La Mesa y Primer Ayuntamiento), de Tecate, Ensenada, San Felipe, Rosarito y Mexicali (planteles Nuevo León, Baja California, José M. Vasconcelos, Guadalupe Victoria, Miguel Hidalgo y Rubén Vizcaíno). Sin

embargo, también participaron estudiantes del CETYS Ensenada, del CET del Mar No. 11 de Ensenada, del CBTIS 41 de Ensenada, del Colegio Ensenada y de la preparatoria de la Universidad Iberoamericana de Tijuana.

Cerca de las 12:00 horas, cuando finalizaron las dos etapas del certamen, todos los asistentes se dividieron en grupos y realizaron el tradicional recorrido por las instalaciones del CICESE. Primero visitaron el laboratorio de mecánica de fluidos del Departamento de Oceanografía Física, en donde el Dr. Oscar Velasco Fuentes mostró el funcionamiento y las aplicaciones de la mesa rotatoria donde se simula el comportamiento del océano bajo diferentes condiciones.

Posteriormente se trasladaron a la División de Ciencias de la Tierra. Investigadores y técnicos de los departamentos de Geología, Geofísica Aplicada y Sismología recibieron a grupos en sus laboratorios o bien, montaron mesas con muestras de rocas, minerales, equipos y experimentos para explicar su trabajo.

Muchos de los asistentes comentaron que el recorrido por las instalaciones fue lo más interesante de la jornada, ya que pudieron conocer de primera mano y en un lenguaje accesible, parte del trabajo que se realiza en este centro de investigación.

Antes de proceder con la premiación, cerca de las 14:00 horas, se organizó una comida en el estacionamiento de Oceanología que resultó muy amena. De nueva cuenta se rompió la marca establecida el año anterior del número de tacos consumidos por participante.

**25 DE LAS 100 PREGUNTAS DEL EXAMEN
DE LA SÉPTIMA OLIMPIADA ESTATAL DE
CIENCIAS DE LA TIERRA**

**UGM – CICESE. ENSENADA, B.C. A 24 DE
NOVIEMBRE DE 2001**

EXAMEN

- 1.- Las constantes neblinas en la costa oeste del estado de Baja California se deben a que
 - a) El aire húmedo y frío del Océano Pacífico se calienta al entrar a tierra.
 - b) El aire seco de las altas capas de la atmósfera llega al mar, se humedece y en el proceso se forma la neblina.
 - c) El aire húmedo y cálido del Océano Pacífico Central se enfría al acercarse a la costa.
 - d) El aire seco y cálido de la Península se humedece al llegar a las costas del Océano Pacífico.
- 2.- Dirección de donde proceden generalmente las lluvias de invierno en Baja California
 - a) noreste b) noroeste c) sudeste d) sudoeste
- 3.- Dirección de donde proceden generalmente las lluvias de verano en Baja California
 - a) noreste b) noroeste c) sudeste d) sudoeste
- 4.- El aire seco y caliente que invade al estado de Baja California varias veces al año y que se conoce como condición Santana se debe a
 - a) aire que se calienta en algún desierto.
 - b) aire que desciende de las montañas y que al descender se calienta.

- c) aire de las altas capas de la atmósfera que se calienta por estar más cerca del Sol.
 - d) Vientos que trasladan el aire de Mexicali hacia la costa.
- 5.- Estación del año en que se recibe la mayor cantidad de lluvia en Baja California
 - a) primavera b) verano c) otoño d) invierno
- 6.- Nombre con el que se conoce en el sistema de clasificación de climas al clima de la parte occidental del estado de Baja California
 - a) Desértico b) Costeño
 - c) Mediterráneo d) Californiano
- 7.- Cuando las corrientes de marea entran al Mar de Cortés en su recorrido son afectadas por la fuerza de Coriolis, la cual hace que se desvíen hacia
 - a) Sonora y Sinaloa b) La Península
 - c) Afuera d) Adentro
- 8.- Cuando las corrientes de marea salen al Mar de Cortés en su recorrido son afectadas por la fuerza de Coriolis, la cual hace que se desvíen hacia
 - a) Sonora y Sinaloa b) La Península
 - c) Afuera d) Adentro
- 9.- Calcular la cantidad total de sal que hay en el océano. Considere que el océano cubre el 70 % de la superficie de la Tierra, que tiene una profundidad media de 3.8 km, que el radio de la Tierra mide 6370 km y que el 3.5 % de la masa del océano corresponde a la sal. La cantidad de sal en el mar es de
 - a) 5×10^{19} kg b) 5×10^{18} kg c) 5×10^{17} kg d) 5×10^{16} kg
- 10.- A pesar de que el océano recibe tres mil millones de toneladas de sal anualmente, esta cantidad es pequeña comparada con la cantidad total acumulada que tienen actualmente los mares de la Tierra. Con la tasa actual de entrada de sal al mar: ¿Cuántos años se requerirían para que adquiriera la cantidad de sal que actualmente tiene?
 - a) 16 millones de años b) 1.6 millones de años
 - c) 160 mil años d) 16 mil años
- 11.- La costa oriental del Estado de Baja California es más caliente y desértica que la costa occidental. En la primera llueve menos y el aire es más caliente que en la segunda. La causa principal de que esto sea así es
 - a) que los vientos predominantes son de oeste a este
 - b) que no hay árboles en el desierto
 - c) que hay una sierra entre las dos regiones
 - d) que hay una sierra entre las dos regiones y que los vientos predominantes son de oeste a este
- 12.- Si bien los rayos por lo general duran menos de un segundo, el estruendo que hacen dura varios segundos. Esto se debe a que
 - a) el aire expande el sonido, si en la fuente un sonido se produce en determinado tiempo, el aire por su naturaleza lo expandirá según el Efecto Doppler.
 - b) el sonido viaja a 330 m/s y la luz a 300,000 km/s. Necesariamente la duración de un sonido se expande dependiendo de la lejanía de su fuente.

- c) el sonido no viene de un solo punto, sino de todo lo largo del rayo. Se oye primero la parte más cercana y después las más alejadas
d) la tierra retarda la transmisión del sonido porque las ondas acústicas se retrasan por fricción con el suelo.
- 13.- La temperatura mínima del mar para que se generen huracanes.
a) 25°C b) 27°C c) 29°C d) 31°C
- 14.- ¿Según los paleontólogos, cuál de los siguientes animales es el pariente más cercano de los dinosaurios?
a) un pollo b) un tiburón c) un elefante d) una ballena
- 15.- ¿En dónde sale primero el Sol, en Matamoros o en Tijuana?
a) en Matamoros b) sale al mismo tiempo
c) en Tijuana d) depende de la estación
- 16.- En verano: ¿En dónde dura más la luz del día, en Tijuana o en Tapachula?
a) en Tapachula b) dura igual en las dos
c) depende del día d) en Tijuana
- 17.- En invierno: ¿En dónde dura más la luz del día, en Tijuana o en Tapachula?
a) en Tapachula b) dura igual en las dos
c) depende del día d) en Tijuana
- 18.- Consideren las dos siguientes situaciones: 1) un cuarto donde el aire está a una temperatura de 20 grados C y 2) la parte de afuera del cuarto donde la temperatura es de 30 grados C. La cantidad de vapor de agua contenida en el aire es la misma en ambos casos. ¿En qué parte, afuera o adentro, es mayor la humedad relativa?
a) adentro b) afuera
c) no tiene sentido la pregunta d) es igual
- 19.- Muchas personas acostumbran limpiar sus lentes humedeciéndolos primero con el aliento. ¿Se puede hacer esto en el verano en Mexicali, a temperaturas mayores de 40 grados centígrados?
a) sí
b) no
c) en realidad la humedad no se pone en los lentes
d) en realidad la temperatura del aire no importa
- 20.- Cuando hay Luna llena:
a) la Luna sale al ponerse el Sol
b) la Luna sale con el Sol
c) la Luna está alta cuando se mete el Sol
d) no hay relación con el Sol
- 21.- ¿En qué mes, al mediodía, proyectamos en Baja California la sombra más larga?
a) marzo b) junio c) octubre d) diciembre
- 22.- Se requiere seleccionar el mejor sitio para un basurero. Una de las características que se buscan es que se infiltre en el subsuelo la menor cantidad de agua de lluvia posible, ya que esta agua al contaminarse con la basura se infiltraría en el subsuelo y podría contaminar a su vez el agua subterránea. Los materiales que se observan en la superficie de los cuatro sitios disponibles se indican a continuación. ¿Cuál de los cuatro es el más recomendable?
a) arcillas b) arenas c) gravas d) roca fracturada
- 23.- ¿Cuál es la temperatura promedio de la Tierra?
a) 0°C b) 5°C c) 10°C d) 15°C
- 24.- ¿Qué se calienta más rápido con los rayos del Sol, el suelo o el agua?
a) iguales b) el suelo c) el agua d) depende de la presión
- 25.- ¿Qué se enfría más rápido en la noche, el suelo o el agua?
a) iguales b) el agua c) el suelo d) depende de la hora

EL CALOR ESCONDIDO EN LA ATMÓSFERA Y LA OCTAVA OLIMPIADA DE CIENCIAS DE LA TIERRA EN BAJA CALIFORNIA

Enrique Gómez Treviño

CICESE, Ensenada, Baja California, 22860 México
Correo electrónico: egomez@cicese.mx

EL CALOR ESCONDIDO

Los huracanes despliegan, de principio a fin, cantidades de energía muy superiores a las producidas por las explosiones nucleares más grandes que se han realizado en la Tierra. ¿De dónde obtienen esa energía? Todo está en calma y de pronto empiezan los vientos y la formación de nubes. Y más que estabilizarse, el fenómeno parece alimentarse a sí mismo. Y de hecho así es: el fenómeno se alimenta a sí mismo en la forma de una reacción en cadena. A más nubes más vientos, y así hasta acabarse el combustible. ¿Porqué? ¿Cómo es que la formación de nubes produce más nubes y aparecen los vientos? Pues simplemente porque ...

LA OCTAVA OLIMPIADA

El calor escondido en la atmósfera y sus efectos es uno de los temas alrededor de los cuales se centraron las preguntas de la Octava Olimpiada de Ciencias de la Tierra en Baja California, celebradas el día 30 de noviembre de 2002 en las instalaciones del CICESE. Se tuvo la máxima asistencia en toda la historia de las Olimpiadas: 134 estudiantes de escuelas preparatorias de Tecate, Ensenada, Rosarito, Tijuana, San Felipe y Mexicali. Las escuelas participantes incluyeron al COBACH, CBTIS, Universidad de Guadalajara, Universidad Iberoamericana, Colegio Ensenada y CETYS, entre otras.

Los ganadores fueron:

Marisol Sánchez Marmolejo, COBACH La Mesa, Primer Lugar
Rebeca Salas Boni, CETYS, Segundo Lugar

José Juan Pérez Delgadillo, COBACH la Mesa, Tercer Lugar

Se entregaron premios en efectivo para los tres primeros lugares y sus maestros; además se otorgaron diplomas a todos los participantes. La olimpiada es la secuela de un proyecto muy ambicioso que se propuso hace ocho años en una asamblea de la Unión Geofísica Mexicana (UGM). La idea original era realizar olimpiadas nacionales. Sin embargo, la tarea era demasiado complicada, por lo que se decidió llevarla a cabo al nivel estatal.

El examen inició a las 10 de la mañana y tuvo una duración de dos horas aproximadamente. Posteriormente se hizo un recorrido por las instalaciones del CICESE para mostrar a los estudiantes las actividades que se realizan en el Centro. Además, se ofreció una comida tradicional. El evento terminó alrededor de las cuatro de la tarde con la premiación.

¿POR QUÉ SE PREGUNTA LO QUE SE PREGUNTA?

El objetivo de las preguntas es canalizar la inquietud de estudiantes de preparatoria hacia la comprensión de ideas y fenómenos cotidianos. En la atmósfera, el océano y en tierra firme suceden a diario cambios aparentemente caprichosos que, sin embargo, están sujetos a principios físicos, químicos, biológicos o matemáticos que nos permiten entenderlos, y en cierta manera, controlarlos. La educación media, en lo que concierne a la ciencia, podría enfocarse hacia estos aspectos, y no sólo hacia principios abstractos que por lo general se aprenden de memoria sin relacionarlos con la vida diaria.

Las preguntas del examen anual se ponen a disposición de los estudiantes un mes antes del evento. En ese periodo se dedican a resolver los problemas y a buscar respuestas posibles a las preguntas en Internet, enciclopedias, libros, periódicos, revistas, noticieros, etc., con lo cual se dan a sí mismos un curso intensivo en la materia.

Si quieres poner a prueba tus conocimientos en el tema te ofrecemos el último examen que contiene 100 preguntas. El examen interactivo que te ofrecemos fue el mismo que respondieron los participantes en la octava emisión de las «Olimpiadas de Ciencias de la Tierra». Daniel Peralta, técnico en el CICESE, fue el encargado del desarrollo del sistema para el Web. El examen en su totalidad está disponible a través de la gaceta del CICESE o en ugm.org.mx. En lo que sigue se presenta la mitad de las preguntas. ¿Te atreves a contestarlas?

50 DE LAS 100 PREGUNTAS DE LA OCTAVA OLIMPIADA ESTATAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA, UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA Y CICESE

Ensenada, B.C., a 30 de noviembre de 2002

2.- Los compuestos químicos conocidos como bióxidos están formados por dos átomos de oxígeno acompañados por uno de otro elemento. Este elemento extra determina la apariencia con que se nos presenta el compuesto. Por ejemplo, el bióxido de carbono es un gas pero el bióxido de silicio es un sólido, aunque la única diferencia entre los dos compuestos es que el átomo de carbón ocupa el lugar del de silicio. El bióxido de carbono abunda en la atmósfera, desafortunadamente cada vez más, y el bióxido de silicio es uno de los minerales más abundantes en la corteza terrestre. Al bióxido de silicio se le conoce como:

- a) cuarzo b) pirita c) silicato d) sosa cáustica

- 3.- Desde hace miles de años y en muchas partes del mundo incluyendo a México, se ha utilizado el petróleo para diversos fines. El petróleo se recogía por lo general de acumulaciones superficiales y que se conocen como chapopoterías y que se formaban por derrames o escurrimientos naturales similares a ojos de agua o manantiales. El primer pozo que se perforó en el mundo con el propósito explícito de extraer petróleo se realizó hace:
- a) 310 años b) 240 años c) 210 años d) 140 años
- 4.- Una de las ideas que se plantean para resolver los problemas de contaminación por derrames accidentales de petróleo, consiste en esparcir sobre el área afectada bacterias que se alimentan de petróleo, para que lo descompongan en sustancias que no dañan el ambiente. De hecho, este es uno de los métodos más utilizados actualmente para remediar áreas contaminadas. ¿Es cierto esto?
- a) es cierto b) es falso c) no se sabe d) es ciencia-ficción
- 5.- Se ha llegado a determinar que el petróleo se originó a partir de algas marinas que vivieron hace millones de años, y que al ser enterradas junto con sedimentos a grandes profundidades, estuvieron expuestas a temperaturas relativamente altas llegando a transformarse en lo que hoy es el petróleo. Si la temperatura es demasiado baja las algas no llegan a transformarse en petróleo. La temperatura mínima que se requiere para que se forme el petróleo es de:
- a) 50 °C b) 90 °C c) 150 °C d) 200 °C
- 6.- Si la temperatura es demasiado alta las algas se cocinan, para decirlo de alguna manera, resultando en que el petróleo se malogra. La temperatura máxima a la que todavía se puede formar petróleo es de:
- a) 90 °C b) 99 °C c) 150 °C d) 212 °C
- 7.- Considerando que la temperatura aumenta con la profundidad a una razón de un grado C por cada 30 metros, y tomando en cuenta la temperatura mínima para que las algas se transformen en petróleo: ¿Cuál es la profundidad mínima a la que se forma el petróleo, considerando que la temperatura en la superficie de la Tierra es de 15 grados C?
- a) 500 m b) 1,000 m c) 2,000 m d) 4,000 m
- 8.- Considerando que la temperatura aumenta con la profundidad a una razón de un grado C por cada 30 metros, y tomando en cuenta la temperatura máxima para que las algas se transformen en petróleo: ¿Cuál es la profundidad máxima a la que se forma el petróleo, considerando que la temperatura en la superficie de la Tierra es de 15 grados C?
- a) 2,000 m b) 4,000 m c) 8,000 m d) 10,000 m
- 9.- Para que las algas se transformen en petróleo no sólo se requiere que la temperatura sea la adecuada, también se necesita que tales condiciones se mantengan por suficiente tiempo. El tiempo mínimo para que las algas se transformen en petróleo es de:
- a) 1 millón de años b) 10 millones de años
c) 100 millones de años d) 1,000 millones de años
- 12.- En la prensa se informa que la deuda de agua que México deberá pagar a EE.UU. es de 1.5 millones de acres pies. Convirtiendo este volumen al sistema métrico y dividiendo el resultado entre la población total de México se obtendrá la deuda per cápita es decir por cada habitante del país. La cantidad resultante en litros por persona es:
- a) 20 b) 200 c) 2,000 d) 20,000
- 13.- Suponiendo que el consumo doméstico diario per cápita es de 200 litros, lo que se debe de agua equivale al consumo doméstico de todos los mexicanos por un periodo de:
- a) 1 día b) 10 días c) 40 días d) 100 días
- 16.- La capa de ozono tiene alrededor de 40 km de espesor y se extiende desde 10 km de altura hasta 50 km. A pesar de su gran espesor la cantidad de ozono es relativamente pequeña. Aún así es suficiente para absorber prácticamente toda la radiación ultravioleta que nos llega del Sol. Para tener una mejor idea de cuánto ozono hay en la atmósfera, se acostumbra calcular el espesor equivalente de una capa pura de ozono a la presión atmosférica que tendría al nivel del mar y a la temperatura ambiente. Este espesor equivalente es de:
- a) 6 mm b) 6 cm c) 6 m d) 6 km
- 17.- La complejidad de la corteza terrestre ha estimulado a muchas personas en los últimos siglos a descifrar su historia, indagando cómo, cuándo y donde se formaron las diferentes rocas que entran en su composición. Se descubrió que muchas de las rocas que actualmente observamos en la superficie se formaron a grandes profundidades, y que fue después de formarse que emprendieron un movimiento vertical hasta emerger y formar en algunos casos altas montañas. Las montañas principales de Baja California así se formaron. Las rocas de que están hechas estas montañas son, principalmente:
- a) granitos b) basaltos c) areniscas d) riolitas
- 22.- La cantidad total de agua que contiene la atmósfera es de (en miles de kilómetros cúbicos):
- a) 1.3 b) 13 c) 500 d) 500,000
- 26.- Si el total de agua y vapor de agua que contiene la atmósfera en un momento dado se precipitara como lluvia sobre toda la Tierra, esto equivaldría a una precipitación promedio de:
- a) 1 mm b) 10 mm c) 25 mm d) 100 mm
- 27.- Se tiene la idea generalizada de que la humedad del aire proviene del mar, y que en los continentes llueve en la medida que se recibe dicha humedad. Sin embargo, según estimaciones confiables, solamente la tercera parte de la precipitación en los continentes procede del mar. El resto proviene de la evaporación en lagos y ríos y de la evapo-transpiración de suelos y plan-

tas, lo cual nos recuerda lo importante que resulta mantener en buena salud selvas y bosques y demás vegetación en los continentes. El porcentaje de la lluvia que cae en los continentes que procede de los mismos continentes es de:

a) 66 % b) 33 % c) 75 % d) 15 %

31.- Pipín Ferreras puede descender hasta 160 m de profundidad en el mar sin equipo de buceo. La presión a esa profundidad es mayor comparada con la presión al nivel del mar. En atmósferas esta presión es:

a) 1.7 b) 17 c) 170 d) 1700

35.- La amplitud de las mareas lunares es alrededor del doble de la amplitud de las mareas solares. Esto es, el efecto de la Luna es mayor que el efecto del Sol. Sin embargo, la atracción gravitacional del Sol es mucho mayor que la de la Luna. Veamos: el Sol se encuentra 390 veces más lejos de la Tierra que la Luna; en lo que respecta a la distancia el efecto del Sol es menor por un factor de $1/(390 \cdot 390)$. Sin embargo, la masa del Sol es 27,000,000 veces la masa de la Luna, lo cual compensa el efecto de la distancia y hace que la fuerza del Sol sea mayor que la de la Luna. ¿Cuántas veces es la fuerza del Sol mayor que la de la Luna?

a) 320 b) 120 c) 180 d) 230

36.- La fuerza de gravitación que produce el Sol sobre cualquier objeto en la Tierra, y sobre la Tierra misma, es muchas veces mayor que la fuerza de gravitación que produce la Luna. ¿Porqué entonces las mareas debidas al Sol son menores que las debidas a la Luna?

a) porque el Sol es de gas y la Luna de roca
b) porque el gradiente de las fuerzas de la Luna es mayor
c) porque la Tierra es parcialmente líquida
d) porque la Tierra rota sobre su eje

37.- Existen muchos ejemplos en los que los progresos de la ciencia se debieron - y se siguen debiendo- a que un instrumento ya existente utilizado para tal o cual fin, se dirige o se aplica a la solución de un problema nuevo fuera del ámbito donde se hizo el desarrollo instrumenta. El ejemplo más conocido y que permitió a la astronomía realizar innumerables descubrimientos sucedió hace algunos siglos. La persona que primero dirigió un telescopio para observar el cielo y que realizó importantes observaciones sobre los astros fue:

a) Galileo b) Copérnico c) Kepler d) Halley

41.- En igualdad de condiciones de temperatura y presión, un volumen dado de aire húmedo pesará más, menos o igual que un volumen igual de aire seco. ¿Cuál de las tres?

a) más b) menos c) igual d) el aire no pesa

45.- Los cambios climáticos que dan origen a los periodos glaciales e interglaciales, han sido relacionados con variaciones en la radiación solar que llega a la Tierra debido a cambios periódicos en los parámetros que definen la geometría del sistema Tierra-Sol. A esta explicación se le conoce con el nombre de:

a) ciclos Hertzianos b) ciclos de Milankovitch
c) ciclos de Halley d) ciclos Polares

50.- Benjamín Franklin, el científico que demostró que los rayos eran de naturaleza eléctrica, estaba relacionado con el Benjamín Franklin que participó activamente en la independencia de los Estados Unidos. La relación familiar aceptada es que:

a) era su hijo b) era su padre
c) era su sobrino d) era el mismo

51.- ¿Porqué aunque en el mar no se alcanza la temperatura de ebullición se evapora el agua?

a) En realidad sí se alcanza en una capa muy superficial
b) los rayos infrarrojos sacan del agua molécula por molécula
c) los rayos ultravioleta sacan del agua molécula por molécula
d) a cualquier temperatura existen moléculas con suficiente velocidad para escapar

53.- El vapor de agua es un gas transparente a la luz y por lo tanto invisible, o refleja la luz como las nubes? El vapor de agua:

a) es transparente b) refleja la luz
c) Es blanco como las nubes d) Es opaco

55.- Las nubes están formadas de

a) vapor de agua b) gotitas de agua
c) oxígeno e hidrógeno disociados d) oxígeno molecular

56.- El huracán Kenna que azotó Nayarit fue catalogado de magnitud:

a) 2 b) 4 c) 5 d) 7

57.- El volcán Etna que hizo erupción hace algunos días en forma espectacular se encuentra en

a) Sicilia b) Córcega c) Malta d) Cerdeña

63.- Este tipo de roca se endurece mientras de la lava todavía se están escapando gases. La razón de enfriamiento es tan rápida que los gases quedan atrapados en la roca. El resultado es que estas rocas están llenas de hoyos. Parecen esponjas de roca. Debido a los hoyos estas rocas son tan ligeras que flotan en el agua. Se trata de:

a) basalto b) obsidiana c) piedra pómez d) andesita

64.- Alrededor de 1960 las poblaciones de pelícanos y algunos tipos de águilas disminuyeron dramáticamente, debido a que los peces que consumían tenían altas concentraciones del pesticida D.D.T., que se venía utilizando desde hacía varias décadas en fumigaciones en la agricultura y otras actividades para matar diversos tipos de insectos. Los pelícanos y las águilas se estaban extinguiendo porque el D.D.T. causaba que:

a) quedaran ciegos
b) la cáscara de los huevos no se formara
c) sus crías nacieran deformes
d) perdieran el sentido de la dirección

- 66.- En el mundo se producen anualmente alrededor de 2,150 millones de toneladas de grano (maíz, sorgo, soya, etc.). Esto equivale a una producción diaria por persona de:
a) 1 kg b) 100 gr c) 50 gr d) 10 gr
- 67.- Del total de 2,150 millones de toneladas de grano que se producen en el mundo anualmente: ¿Qué porcentaje se utiliza para alimentar ganado?
a) 10 % b) 20 % c) 30 % d) 40%
- 68.- Las latas de aluminio de refrescos y cervezas son muy apreciadas como material para reciclar. ¿Porqué? Una de las principales razones por las que estas latas se cotizan muy bien es que para producirlas se consume bastante energía, y al reciclarlas se ahorra mucha de esta energía. Para producir una lata de aluminio se consume la energía equivalente a la de un foco de 100 Watts encendido por determinado tiempo. ¿Cuánto tiempo?
a) 1 hora b) 2 horas c) 3 horas d) 4 horas
- 69.- En los últimos meses debido al encarecimiento de la energía eléctrica la CFE ha promovido la utilización de focos de neón basados en el fenómeno de ionización. Un foco incandescente de los que utilizamos comúnmente en nuestros hogares convierte energía eléctrica en energía luminosa. Sin embargo, como convertidor de un tipo de energía a otro, un foco incandescente no es todo lo eficiente que quisiéramos, pues gran parte de la energía se convierte en calor y no en luz como sería nuestro deseo. La eficiencia de estos focos es del:
a) 5 % b) 20 % c) 50 % d) 75%
- 70.- La eficiencia de un auto típico es de alrededor del 20%. Esto es, que un automóvil es capaz de convertir en movimiento solamente el 20% de la energía química almacenada en la gasolina. Por otra parte, el sistema completo que extrae, refina y distribuye los productos del petróleo tiene alrededor del 50% de eficiencia. Esto es, que para llegar a tener en la gasolinera un litro de gasolina se requiere utilizar a su vez medio litro de gasolina. Entonces tenemos que la eficiencia total del sistema extracción-refinación-distribución-consumo que termina moviendo nuestro automóvil tiene una eficiencia del:
a) 1 % b) 10 % c) 20 % d) 50 %
- 76.- Los huracanes despliegan una cantidad impresionante de energía. ¿De donde procede esa energía? En los noticieros dicen que del mar, lo cual si bien es cierto es demasiado general. Calentamiento del mar y de la atmósfera es también demasiado general para comprender el funcionamiento de los huracanes. En libros y en Internet son más explícitos, se dice que se trata de dos fuentes de calor, una de calor sensible o evidente y otra de calor insensible u oculto, siendo la segunda la más importante. Esta última fuente puede alcanzar, sumando sobre la altura del huracán, densidades de energía producida por segundo de hasta 1,000 Watts por metro cuadrado de superficie horizontal. ¿De dónde procede este calor oculto?
a) del vapor de agua en el aire
b) de las gotas de agua en las nubes
c) de la fricción que producen los vientos
d) de las reacciones fotoquímicas entre el oxígeno y el nitrógeno
- 77.- ¿Porqué no se calienta la atmósfera al liberarse el calor oculto?
a) porque la energía calienta el agua
b) porque la energía se transforma en oleaje
c) porque la energía se transforma en viento
d) porque el calor vuelve a ser oculto
- 80.- El ojo de un huracán es el lugar más estable de todo el huracán. No hay vientos ni lluvias. Esto se debe a que en el ojo del huracán:
a) aire húmedo asciende para alimenta las nubes
b) aire húmedo desciende bajando su humedad relativa
c) el aire ni sube ni baja, está quieto
d) el aire se seca porque entra sol por arriba
- 81.- Hay nubes que simplemente pasan. No producen lluvia. ¿Cómo puede ser esto posible? Esto se debe a que:
a) las gotas de agua son demasiado pequeñas para caer, se quedan suspendidas en el aire
b) esas nubes tienen sólo vapor de agua
c) el punto de rocío no se ha alcanzado en la nube
d) no hay núcleos de condensación en la nube
- 82.- Está soplando un viento fuerte desde Tijuana hacia San Quintín, ambas poblaciones al nivel del mar y por lo tanto a la misma presión atmosférica en condiciones sin viento. La presión barométrica en Tijuana es de es de 1,020 milibarios. ¿Cuál podría ser la presión en San Quintín?
a) 1,500 mb b) 2,000 c) 500 mb d) 1,000 mb
- 83.- ¿Cómo varía horizontalmente sobre la Tierra la presión atmosférica? La presión atmosférica disminuye con la altura en cualquier punto de la Tierra. La disminución es tal que a una altura de apenas 10 km la presión disminuye hasta un 20 % de su valor en superficie. La variación horizontal es menor aún considerando distancias de miles de kilómetros. La variación horizontal es del orden del:
a) 5 % b) 15 % c) 30 % d) 50 %
- 87.- El aire caliente, por su menor densidad, asciende en la atmósfera. Por otro lado, sabemos que la atmósfera es más fría a medida que aumenta la altura. ¿Cómo puede ser esto posible? Esto se explica porque:
a) el aire al ascender se enfría por descompresión
b) el aire al ascender se enfría por contacto con aire frío
c) el aire al ascender se aleja del suelo caliente
d) el aire al ascender pierde energía por radiación
- 89.- La presión del aire generalmente es mayor cuando el aire es:
a) caliente y húmedo b) caliente y seco
c) frío y húmedo d) frío y seco

- 90.- Se pone en la estufa un recipiente con agua y se le aplica fuego hasta que el agua empieza a hervir. Considere el siguiente proceso: se aumenta el fuego y el agua sigue hirviendo. Se vuelve a aumentar el fuego y el agua hierve más rápidamente. Durante este proceso la temperatura del agua:
- a) aumenta b) disminuye
c) queda igual d) sube y baja
- 91.- Un recipiente con un litro de agua se pone en el fuego. Cuando la temperatura llega a 100 grado C el agua comienza a hervir. A partir de ese momento se contabiliza la cantidad de energía que se le suministra al agua para convertir el litro completo en vapor de agua. La cantidad de energía en calorías es:
- a) 540 b) 5,400 c) 54,000 d) 540,000
- 92.- Una cantidad de vapor de agua proveniente de un litro de agua que se evaporó se condensa en la atmósfera formando una pequeña nube. En el proceso de condensación se libera una cantidad de energía en calorías de:
- a) 540 b) 5,400 c) 54,000 d) 540,000
- 93.- Una de las razones de porqué las bombas atómicas son capaces de liberar cantidades enormes de energía en muy poco tiempo es la forma de reacción en cadena en que sucede la explosión. Se trata de una reacción nuclear diseñada para que suceda en cadena. Esto es, que la misma reacción una vez iniciada crea las condiciones para que la reacción se repita a escala mayor, y así sucesivamente hasta que se acaban los átomos de uranio, el combustible de las bombas. Detrás de la enorme energía que concentran los huracanes en relativamente poco tiempo también se encuentran las reacciones en cadena, pero en este caso no hay transformación de elementos, ni siquiera hay cambios químicos como en la combustión, sino simples cambios de estado de la materia. Aún así, un huracán despliega, de comienzo a fin, la energía equivalente a 10,000 bombas atómicas. El combustible de los huracanes es:
- a) el calor b) la lluvia c) el viento d) el vapor de agua
- 94.- En promedio utilizamos alrededor de 200 litros de agua diarios por persona en nuestras casas. Esta agua forma parte del ciclo hidrológico por lo que en el pasado reciente o remoto estuvo en la atmósfera como vapor de agua. Si tuviéramos que obtener los 200 litros de agua diarios a partir de agua de mar mediante evaporación, requeriríamos bastante energía. Se necesitan 540 calorías por gramo de agua. Por otro lado, un millón de calorías equivale a 1.1 kilowatt-hora, y un kilowatt-hora lo cobra la CFE en alrededor de dos pesos. ¿Cuánto pagaríamos de electricidad diariamente si utilizáramos este medio para obtener los 200 litros de agua por evaporación?
- a) \$200 b) \$2,000 c) \$20,000 d) \$200,000
- 95.- En determinada región la temperatura del aire en función de la altura viene dada por la fórmula $T_a = -10h + 30$, donde T_a representa la temperatura en grados centígrados y h es la altura en kilómetros. También se sabe que la temperatura del punto de rocío es 14 grados. ¿A qué altura se formarán las nubes en esta región?
- a) 1.0 km b) 0.3 km c) 6.0 km d) 1.6 km
- 96.- La estimación anterior no toma en cuenta que el punto de rocío también depende de la altura. El punto de rocío también desciende con la altura porque el aire al expandirse contiene menos vapor de agua por unidad de volumen. La dependencia para el caso anterior viene dada por la ecuación $T_r = -2h + 14$, donde T_r representa la temperatura en el punto de rocío. Considerando el mismo caso que en la pregunta anterior, donde $T_a = -10h + 30$ describe la disminución de la temperatura del aire con la altura: ¿A qué altura se formarán las nubes con esta corrección?
- a) 1.0 km b) 5.6 km c) 14 km d) 2.0 km
- 97.- El Sol no calienta las diferentes regiones de la Tierra con la misma intensidad. Los polos reciben mucho menos calor que el ecuador. Esto, llamado calentamiento diferencial, produce movimientos en la atmósfera que tienden a llevar aire caliente a los polos y aire frío al ecuador. Sin estos movimientos el ecuador sería mucho más caliente y los polos mucho más fríos. El transporte no se efectúa directamente entre los polos y el ecuador, en una sola celda de convección, sino en varias celdas. ¿Cuántas?
- a) dos b) tres c) cuatro d) cinco
- 99.- ¿Porqué se considera que la condensación de vapor de agua es un proceso que calienta el aire? Porque:
- a) el calor específico del agua líquida es menor que el del vapor
b) el vapor de agua para condensarse absorbe energía
c) el aire puede contener más agua líquida que vapor
d) el vapor de agua libera energía al condensarse

EL DESCUBRIMIENTO DEL *TIEMPO PROFUNDO* Y LA NOVENA OLIMPIADA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

Enrique Gómez Treviño

CICESE, Ensenada, Baja California, 22860 México
Correo electrónico: egomez@cicese.mx

La Tierra gira alrededor del Sol. y lo ha estado haciendo desde siempre. ¿Cuántas vueltas significa siempre? A finales del siglo XVIII ya se tenía el modelo mecánico del sistema solar prácticamente tan desarrollado como lo tenemos ahora. Las leyes del movimiento de Newton y su ley de la gravitación universal predecían exactamente las órbitas de los planetas, incluyendo la forma de la órbita y su periodo alrededor del Sol. Sin embargo, el modelo no tenía, ni tiene actualmente, el otro factor tiempo, el que se refiere al tiempo acumulado en que se ha estado moviendo el sistema. El sistema podría tener cinco, diez o veinte mil años. Y no es que a nadie le importara el origen del mundo, la cuestión era simplemente que se trataba de un problema difícil, más difícil que el del modelo mecánico del sistema solar. Si tan sólo el modelo tuviera un contador de vueltas el problema estaría resuelto. Sin embargo, la cuestión del inicio, del cuándo, no era ni es un problema que se pueda abordar con las leyes de Newton. Las leyes de Newton son precisas y universales, pero son universales no porque se apliquen a todo. Se les dio el calificativo de universales porque permitían explicar fenómenos tanto en la Tierra como en el cielo. Era la primera vez que alguien proponía algo semejante pues, por lo general, se pensaba que los objetos celestes obedecían a reglas diferentes que los terrestres. Esta sigue siendo una de las grandes aportaciones de Newton a la cultura universal. El otro problema, el del inicio, era una cuestión que no resolvió Newton, aunque sí que era una de sus preocupaciones.

La cuestión del inicio del mundo requería de mucha intuición y de la habilidad para trabajar con datos imprecisos. Aquí se podría aplicar aquella observación de Einstein de que en la ciencia es más importante la imaginación que los conocimientos. De hecho, el reconocimiento de un tiempo profundo en la Tierra vino de personas sin entrenamiento formal en la mecánica celeste. Un médico, un constructor de canales y un abogado fueron los fundadores de la nueva ciencia de la geología en los alrededores de 1800. En general se puede afirmar, como lo han hecho muchos de los más destacados científicos en el pasado, que la ciencia no es sino un sentido común riguroso. A los primeros geólogos no les faltaba el sentido común, y tampoco el rigor, pero al principio no fueron muy bien comprendidos por sus colegas de otras disciplinas, sobre todo por los físicos. El principal oponente a la idea de que la Tierra podría tener miles de millones de años fue Lord Kelvin. Su amplio prestigio y la rigurosidad de sus métodos mantuvieron en entredicho por muchas décadas las conclusiones de los geólogos y, de paso, las de los biólogos. El mismo Darwin, quien también necesitaba mucho tiempo para su teoría de la evolución, sentía el peso del argumento de Kelvin, quien, a lo más, admitía, en sus cálculos de termodinámica, 100

millones de años para la edad de la Tierra. Tanto geólogos como biólogos necesitaban más tiempo. Sus estimaciones así lo indicaban y no estaban equivocados.

Si bien los cálculos basados en tasas de erosión y acumulación de sedimentos eran rigurosos y con mucho sentido común, había suposiciones e incertidumbres más allá de la usanza en otras disciplinas. Tal vez por eso los científicos educados en las disciplinas existentes en ese tiempo no se interesaban en el tema, excepto al modo de Lord Kelvin, para invalidar inferencias basadas en datos inciertos. Y sin embargo todo terminó aclarado, biólogos y geólogos fueron reivindicados, pero hasta el siglo XX, cuando la misma física proveyó del argumento para invalidar a Kelvin y también un método para estimar independientemente la edad de la Tierra. A principios del siglo XX se descubrió la radioactividad y su poder para calentar las rocas. Este descubrimiento no sólo vino a invalidar los resultados de Lord Kelvin basados en las leyes del enfriamiento, sino que además proveyó de un reloj natural para medir la edad de la Tierra. Por fin se pudo saber cuántas vueltas le ha dado la Tierra al Sol. Y resultó que eran muchas, muchísimas, muchas más de las que esperaban geólogos y biólogos. Ahora tienen tiempo de sobra. O tal vez no: se ven tan apurados como cualquiera de nosotros.

Alrededor de este tema de relojes naturales giró principalmente la Novena Olimpiada Estatal de Ciencias de la Tierra en Baja California. En el texto de las preguntas se incluyó información al respecto haciendo hincapié en las dificultades del tema. El recorrido termina con preguntas sobre la solución final del problema. También se incluyeron preguntas sobre relojes biológicos, como el basado en variaciones en las proteínas de la sangre de humanos y chimpancés, con el cual se estableció el tiempo que tienen ambos linajes de haberse separado. En otra variación del tema se hace referencia al tiempo en que todos los humanos tuvimos un ancestro común. Se explica el método de las variaciones en los genes de las mitocondrias de las células humanas y se pregunta específicamente el tiempo del evento mencionado. Otras preguntas se refieren a la tasa de sedimentación en el delta del Río Colorado, así como a eventos locales como los conocidos e incómodos vientos Santa Ana y sus efectos en el mar, o bien, a fenómenos recientes como el último eclipse lunar. También se incluyeron preguntas y explicaciones sobre las últimas investigaciones acerca del papel que juega el color de la piel en los procesos de reproducción de los seres humanos (por un lado protege de ciertos compuestos químicos y, por el otro, inhiben la producción de otros, todo según la latitud en donde viven, o más bien, donde vivieron sus ancestros). Si bien hubo muchas sorpresas en las preguntas, posiblemente la más inesperada fue la relativa a los países con los mejores índices de felicidad en el

mundo. ¿Qué país obtuvo el segundo lugar? : México. El primer lugar nos lo ganó Nigeria. Sin embargo, hay esperanzas para el 2004. ¿Cooperamos?

El evento se llevó a cabo el 29 de noviembre pasado en el Aula I de la División de Ciencias de la Tierra del CICESE. Participaron estudiantes de preparatoria de los cinco municipios del estado. los ganadores fueron:

Marisol Sánchez Marrnolejo COBACH La Mesa

Profesor: Manuel Armando Gómez Piñón

José Iuan Pérez Delgadillo COBACH La Mesa

Profesor: Manuel Armando Gómez Piñón

Alice Daniela Flores Lara CETIS # 156

Profesora: María Iulla Robles Quintero

A continuación se presentan treinta de las cien preguntas del examen 2003. Como podrán observar, las preguntas no son fáciles de responder correctamente en una primera instancia. Hacemos la aclaración de que prácticamente todo el examen se pone a disposición de los estudiantes más o menos un mes antes del evento. La idea es que aprendan solos, buscando. Los que buscan terminan por contestar correctamente alrededor del 80 o 90% de las preguntas.

TREINTA DE LAS CIEN PREGUNTAS DE LA NOVENA OLIMPIADA ESTATAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA,

UGM-CICESE

Ensenada, B.C., a 29 de noviembre de 2003

1. La Biblia no dice cuál es la edad de la Tierra. Sin embargo, contando el número de generaciones con los datos y nombres que se dan en la Biblia. se han realizado desde la Edad Media cálculos para averiguar la fecha en que se creó el mundo. Uno de los últimos intentos lo realizó el clérigo James Ussher. Quien encontró que la fecha fue el lunes 23 de octubre a las 9:00 ¿de qué año?
a) 40040 ac b) 404 ac c) 40 ac d) 4004 ac
2. Estamos en el mes de noviembre de 2003. ¿Cuál sería la edad de la Tierra hoy, según Ussher?
a) 42043 años b) 2407 años c) 2043 años d) 6007 años
3. La edad de la Tierra, según se ha determinado en los últimos años por métodos radiactivos, es más o menos la edad determinada por Ussher multiplicada por un millón. Para algunos observadores del desarrollo de las ideas científicas, este descubrimiento de un tiempo profundo en la Tierra, es la principal contribución de la geología a la cultura universal. En realidad el descubrimiento se realizó alrededor de 150 años antes de la determinación de la edad de la Tierra por métodos radiactivos. Uno de los argumentos se basaba en observaciones de las tasas de erosión actuales y de formación de nuevos sedimentos, tomando en cuenta los espesores de sedimentos antiguos. En su libro de tres volúmenes "La Teoría de la Tierra", escrito hace alrededor de 200 años, el padre de la geología describe sus observaciones y conclusiones. ¿De quién se trata?

a) Wallace b) Hutton c) Lyell d) Smith

4. Otro gran descubrimiento realizado ya en el siglo XIX. derivó en la disciplina que se conoce actualmente como estratigrafía, en relación con estratos sedimentarios muy antiguos. El descubrimiento consistió en darse cuenta que "los mismos estratos siempre se encuentran en el mismo orden de superposición, y siempre contienen el mismo tipo peculiar de fósiles "Se trata de algo que actualmente casi se considera obvio, pero que le tomó a la humanidad miles de años para darse cuenta. La persona que hizo el descubrimiento también hizo el primer mapa geológico de la historia. Se dedicaba a hacer levantamientos topográficos para cavar canales para transporte de carbón en Inglaterra, en la época inmediatamente anterior a los ferrocarriles. Así se dio cuenta de las regularidades en los estratos. Su teoría se aceptó cuando pudo predecir los estratos que se encontrarían en un lugar que nunca había visitado. ¿de quién se trata?

a) Wallace b) Hutton c) Lyell d) Smith

5. El astrónomo Edmund Halley (1656-1742), el del famoso cometa, propuso hace varios siglos calcular la edad de la Tierra, o más bien la edad del océano, tomando como base la cantidad de sal que se ha estado acumulando con el tiempo en el mar. Continuamente los ríos están añadiéndole poco a poco sal al mar. La idea es la misma que la del reloj de arena: la sal juega el papel de la arena y el mar es el recipiente donde se acumula. El método no es muy confiable y está sujeto a muchas suposiciones. Por ejemplo, no sabemos cuál era la salinidad del agua cuando se formó la Tierra. En términos de la analogía del reloj de arena, no sabemos si en el principio el depósito inferior estaba vacío. Sin embargo, antes del descubrimiento de la radiactividad la idea de utilizar la acumulación de sal en el mar era una de las opciones a las que más se recurría para estimar la edad de la Tierra. Este método dejó de utilizarse a principios del siglo XX. ¿Cuál era la edad de la Tierra según este método? (Ma = millón de años)

a) 1 Ma b) 10 Ma c) 100 Ma d) 1000 Ma

6. El reloj de arena ejemplifica la idea básica de cómo medimos el tiempo. La cantidad de arena que se acumula en su parte inferior representa una medida del tiempo transcurrido desde que se le dio vuelta al reloj. Si se cuentan los granos de arena se podría incluso aumentar la resolución. Los modernos relojes electrónicos se basan en la misma idea de acumular o contar algo para cuantificar el tiempo. ¿Qué acumulan o qué cuentan los relojes electrónicos modernos?

a) Átomos b) Electrones

c) pulsos eléctricos d) fotones

7. El método que gozaba de mayor prestigio a principios del siglo XX para la determinación de la edad de la Tierra estaba basado en las leyes físicas del enfriamiento térmico. En las películas de detectives, cuando el detective mayor desea saber si alguien escapó de una casa o se escondió al verlos llegar, toca una taza de café que se encuentra en la mesa y se da cuenta que está caliente. Deduce que el malo de la película recién escapó o está escondido en la casa y que no

puede estar muy lejos. En general la temperatura de cualquier objeto tiende a disminuir a medida que pasa el tiempo. De hecho hay fórmulas para calcular el tiempo que le toma a un objeto enfriarse hasta determinada temperatura. Al aplicar esta fórmula a un objeto del tamaño y propiedades de la Tierra, Lord Kelvin a mediados del siglo XIX calculó el tiempo que le tomaría a la Tierra pasar de un estado de fusión a la temperatura que actualmente tiene. Para esto Kelvin tuvo que suponer la temperatura de fusión de las rocas, algo que en ese tiempo no se conocía. ¿Cuál era la temperatura (en grados centígrados) que supuso Kelvin en su primera estimación de la edad de la Tierra?

- a) 500 b) 1000 c) 2,000 d) 4,000

8. Con el descubrimiento de la radiactividad, el método de Kelvin y sus estimaciones perdieron autoridad. Se descubrió que las rocas en general contienen elementos radiactivos que están continuamente produciendo calor, por lo que la Tierra no es un objeto que simplemente se está enfriando desde un estado original de fusión, sino que posee fuentes internas de energía que no la dejan enfriarse tan rápido. Esto significaba que la Tierra podría tener una edad muy diferente a la calculada por Kelvin, pues su fórmula sólo se aplicaba a objetos sin fuentes internas de calor. Después de todo los biólogos y geólogos tenían razón. ¿El descubrimiento de la radiactividad y sus efectos térmicos, aumenta o disminuye la edad calculada para la Tierra?

- a) Queda igual b) aumenta
c) disminuye d) ninguna de las anteriores

9. La energía térmica que se produce en la Tierra por efecto del decaimiento de elementos radiactivos se libera cuando:

- a) el núcleo de un átomo explota
b) el átomo pierde todos sus electrones
c) se produce fusión nuclear
d) se condensa el silicio

10. El descubrimiento de la radiactividad no sólo echó por tierra los cálculos de Kelvin, sino que también se convirtió en una herramienta para calcular la edad de la Tierra. Además del efecto térmico, la radiactividad misma es indicativa de que la composición química de las rocas cambia con el tiempo. Las radiaciones que emanan de los elementos o isótopos radiactivos son sólo parte del proceso que ocurre internamente. Unos elementos se transforman en otros y al hacerlo lo hacen violentamente, produciendo calor o movimiento. La roca se calienta un poco pero hablando estrictamente, ya no es la misma roca, pues tendrá menos Radio o Uranio, ambos radiactivos, y tendrá más Plomo y Helio como residuos del proceso. Entre más tiempo pase se acumulan más residuos o hijos de los elementos originales. Esta acumulación es exactamente análoga a la acumulación de arena en un reloj de arena, por lo que puede utilizarse para calcular el tiempo que llevan acumulándose en la roca. Esta es la base de los métodos modernos para fechar rocas. ¿Quién fue la primera persona que a principios del siglo XX realizó la primera determinación de la edad de una roca midiendo isótopos radiactivos?

- a) Becquerel b) Rutherford c) Holmes d) Kelvin

11. Cuando una roca se calienta puede perder los elementos gaseosos que se encuentran en su interior. Esto significa que al intentar calcular su edad a través de elementos gaseosos que son productos del proceso radiactivo, se obtendrá una edad más pequeña de la real, pues parecerá que hace menos tiempo que se han estado acumulando en su interior. Se puede dar el caso que la roca se funda completamente. En este caso la edad que se obtiene corresponde al tiempo desde que se fundió la última vez. Por ésta y otras razones se tiene mucho cuidado en la recolección de muestras que se utilizan para fechar. Por lo general se hacen muchas correcciones y comparaciones con diferentes elementos antes de que se considere que una determinación es confiable. La edad que actualmente se acepta para la Tierra es de:

- a) 3,500 Ma b) 4,600 Ma c) 6,400 Ma d) 64,000 Ma

12. Las rocas terrestres más antiguas que se han encontrado en la Tierra tienen en realidad alrededor de un 10 % menos edad que la edad que se acepta para la Tierra. Esto significa que la Tierra volvió a fundirse después de su primera formación, o que las rocas de su primera formación se erosionaron completamente y se convirtieron en otras. ¿De dónde viene entonces el valor aceptado para la edad de la Tierra?

- a) la edad del manto b) la edad de meteoritos
c) la edad del núcleo d) la edad de la Luna

13. Un reloj de arena puede medir tiempos pequeños con tal que su flujo sea lo suficientemente rápido. Se podría graduar un reloj de este tipo para medir periodos de segundos. Sin embargo, un reloj con estas características tendría el inconveniente de dejar de funcionar después de unos minutos, pues su depósito superior de arena se agotaría rápidamente. Algo parecido pasa con los relojes radiactivos. Si su vida media es muy pequeña se pueden medir fácilmente tiempos muy pequeños pero no son de mucha utilidad para medir tiempos grandes, pues el material radiactivo después de alrededor de diez vidas medias prácticamente desaparece. El carbono 14 es más útil para fechar eventos que sucedieron hace:

- a) 5,000 años b) 50,000 años
c) 500,000 años d) 5,000,000 años

14. Un reloj de arena puede medir tiempos muy grandes con tal que su flujo sea lo suficientemente lento. Se podría graduar un reloj de este tipo para medir periodos de varios días. Sin embargo, un reloj con estas características tendría el inconveniente de no ser muy preciso para medir periodos de segundos, pues su graduación estaría en días o en horas. Algo parecido pasa con los relojes radiactivos. Si su vida media es muy grande, se pueden medir tiempos muy grandes, pero no son de mucha utilidad para tiempos muy pequeños, puesto que en periodos pequeños se desintegra muy poco material radiactivo como para poder apreciar la disminución del isótopo que se desintegra o el aumento en la cantidad de los elementos residuales. El potasio 40 es más útil para fechar eventos que sucedieron hace:

- a) 5,000 años b) 50,000 años
c) 500,000 años d) 5,000,000 años

15. No hace mucho se pensaba que los linajes del hombre y el chimpancé se habían separado hace 25 millones de años. Lo anterior se basaba en evidencias de fósiles encontrados en África. Sin embargo, ahora se sabe que la fecha es más reciente. La corrección vino de donde menos se esperaba, y no fue bien acogida por los paleontólogos. Los biólogos moleculares dieron la sorpresa anunciando que la separación de los linajes era mucho más reciente, para lo cual presentaron evidencias que nada tenía que ver con fósiles. Se basaron simplemente en análisis de sangre de humanos y chimpancés actuales. La base de su método es que con el tiempo y a medida que se separan las especies, las proteínas de la sangre van cambiando debido a mutaciones naturales. Determinaron la tasa de mutaciones y calcularon el tiempo necesario para que se produjesen. En este caso estaban estableciendo un nuevo reloj basado en proteínas, o más bien en cambios regulares en las proteínas. Vincent M. Sarich realizó estas determinaciones en 1967. Su nueva determinación para la edad de la separación fue más tarde confirmada por hallazgos de nuevos fósiles. ¿Cuánto hace que se separaron los dos linajes según su método?
- a) 1 Ma b) 2.5 Ma c) 5 Ma d) 10 Ma
16. Las mitocondrias son estructuras especializadas que se encargan de proveer de energía a las células. Son algo así como una célula dentro de otra célula. Poseen su propio ADN independiente del ADN nuclear de las células. Cuando un esperma y un óvulo se unen, ambos contribuyen igualmente al ADN nuclear de la nueva célula. Sin embargo, las mitocondrias (junto con su ADN) de la nueva célula provienen sólo del óvulo. Por lo tanto, estudiar el ADN de la mitocondria nos permite conocer los ancestros maternos de cualquier individuo. Por ejemplo, hijos e hijas de una misma madre tienen las mismas mitocondrias. Las hijas pasarán las mismas mitocondrias a sus hijos e hijas y así sucesivamente, siempre por el lado materno. Si toda la humanidad viene de una misma madre entonces todos tenemos las mismas mitocondrias. De hecho resulta que el ADN de las mitocondrias de todos los humanos es el mismo, excepto por mutaciones que se van acumulando con el tiempo. Este proceso de acumulación de diferencias se comporta como un reloj. A más diferencias más lejano es el parentesco, lo cual se puede traducir al tiempo en que se tuvo un ancestro común. Hace algunos años se compararon las mitocondrias (su ADN) de grupos humanos de diferentes partes de la Tierra. Se llegó a la conclusión de que todos venimos de una madre común que vivió en África hace mucho tiempo. ¿Hace cuánto tiempo?
- a) 6,007 años b) 18,000 años
c) 36,000 años d) 150,000 años
17. Hace unas semanas (en la primera semana de noviembre de 2003) hubo un eclipse de Luna. ¿En qué fase de la Luna ocurrió el eclipse?
- a) Luna llena b) Luna nueva
c) cuarto menguante d) cuarto creciente
18. En un principio, cuando se propuso que un meteorito de gran tamaño había caído a la Tierra en la época de la extinción de los dinosaurios, no se tenía ninguna señal de donde podría haber caído. Lo que se tenía era la evidencia de que había caído, pero no dónde. Una posibilidad era que hubiese caído en el mar. La preocupación de los geofísicos era que de haber caído en el mar, la probabilidad era grande de que se lo hubiese tragado el manto de la Tierra, pues el piso del océano se recicla, muy lentamente, pero se recicla. Se sabe que en las zonas de subducción se hunde en el manto y en las zonas de dispersión sale del manto. ¿Suponiendo una velocidad de subducción de 5 cm/año, en 65 millones de años qué longitud de piso del océano desaparece en el manto en una zona de subducción?
- a) 32.5 km b) 325 km c) 3,250 km d) 32,500 km
19. ¿Si el meteorito hubiese caído a 500 km al oeste de la costa de Acapulco, podríamos haberlo encontrado actualmente?
- a) sí, por supuesto b) no, imposible
c) probablemente sí d) probablemente no
20. Una teoría alternativa que explica la extinción de los dinosaurios se basa en que en la misma época hubo en la India una gran actividad volcánica. Cantidades enormes de lava se derramaron en el continente en un periodo relativamente corto, con consecuencias similares en la atmósfera que las producidas por la caída de un meteorito. ¿Cómo se le conoce en geología a este evento volcánico?
- a) Meridian Traps b) Extinction Traps
c) Arizona Grand Traps d) Deccan Traps
21. En la revista New Scientist (OCL 4, 2003) se reportan los resultados de encuestas llevadas a cabo en 65 países por la organización World Values Survey, para evaluar el grado de felicidad de sus poblaciones. Evalúan lo que denominan el GNH (gross national happiness), a la manera como se evalúa el GNP (gross national product) en economía. Los países que tienen mayores GNP per cápita son los más ricos de la Tierra, y los que tienen mayores GNH per cápita son los más felices de la Tierra. ¿Qué país obtuvo el primer lugar en GNH en 2003?
- a) Portugal b) México c) Canadá d) Nigeria
22. ¿y qué país obtuvo el segundo lugar?
- a) Portugal b) México c) Canadá d) Nigeria
23. Desde hace mucho tiempo se reconoció la correlación entre el color de la piel de los humanos y la latitud donde residen, o más bien donde residieron sus ancestros, pues en los últimos 500 años ha habido migraciones relativamente rápidas alrededor del globo. De alguna forma, el color de la piel representa una respuesta evolutiva para la supervivencia. Sin embargo, no estaba del todo claro a qué se estaba respondiendo. Quedaba más o menos claro que a la radiación ultravioleta, pero no se sabía exactamente qué procesos estaban en juego que fueran tan importantes para la supervivencia. El cáncer de piel era el principal sospechoso. Sin embargo, el cáncer de piel por lo general se desarrolla después de que se ha alcanzado la madurez sexual, por lo que

su impacto en la supervivencia de las poblaciones no sería de fuerte impacto. Además: ¿Qué ventaja tendría tener la piel blanca en latitudes donde se recibe poca radiación solar? Se trataría de una característica neutral. En los últimos años se han realizado avances que apuntan a que en cada caso existen ventajas reproductivas. Si el color de la piel es oscuro se está protegiendo la destrucción de sustancias que se ha probado tienen relación directa con la reproducción. ¿De qué sustancia se trata?

- a) vitamina D b) folatos
c) hormonas reproductivas d) vitaminas en general

24. Por otra parte, en latitudes donde se recibe poca radiación solar, si se tiene piel oscura no se logra sintetizar otra sustancia que se ha descubierto que tiene relación directa con la reproducción. De esta manera tener piel blanca en altas latitudes resulta en una ventaja. ¿De qué sustancia se trata?

- a) vitamina D b) folatos
c) hormonas reproductivas d) vitaminas en general

25. Se ha estimado que el volumen de sedimentos que ha acumulado el Río Colorado en su delta es de 75.000 km³. Si el delta se aproxima por un prisma de 100×200×Espesor (km) ¿Cuál es el espesor promedio del delta?

- a) 3.7 m b) 37 m c) 370 m d) 3.700 m

26. Considerando el espesor calculado en la pregunta anterior y el hecho que el Río Colorado tiene 4 millones de años desembocando en el Mar de Cortés ¿Cuál es el espesor promedio de sedimentación por año?

- a) 0.1 mm b) 0.3 mm c) 1.0 mm d) 3.0 mm

27. ¿Cada cuándo te cortas las uñas de las manos? La velocidad de las placas tectónicas terrestres es, en promedio, de 5 cm por año. Esta es más o menos la misma razón de crecimiento de las uñas de los humanos. ¿A cuánto equivale esta cantidad por semana?

- a) 0.01 mm b) 0.3 mm c) 1.0 mm d) 3.0 mm

28. ¿Cuánto tardaría un continente que se mueva continuamente a 5 cm/año en darle una vuelta a la Tierra?

- a) un Ma b) diez Ma c) cien Ma d) mil Ma

29. En 1993 se decretó en México casi un millón de hectáreas como zona protegida en el Alto Golfo de California para proteger a la vaquita marina. Esto equivale a un cuadrado de: ¿Cuántos km de lado?

- a) 100 b) 70 c) 10 d) 1000

30. En el último evento de vientos de Santa Ana (oct-nov 2003) se confirmó una disminución de la temperatura del mar en las costas de Baja California, contrariamente a lo que podría esperarse, pues el aire está mucho más caliente que en condiciones normales. La disminución en un evento de Santa Ana fuerte puede llegar a un grado centígrado. El fenómeno puede explicarse porque existen factores que quienes no estamos familiarizados con el fenómeno no tomamos en cuenta. ¿De qué factores se trata?

- a) corrientes marinas más rápidas
b) alta presión
c) polvo en el ambiente
d) mayor evaporación

PROMETEO Y EL CAMBIO GLOBAL: LA DÉCIMA OLIMPIADA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

Enrique Gómez Treviño

CICESE, Ensenada, Baja California, 22860 México
Correo electrónico: egomez@cicese.mx

Uno de los acontecimientos más trascendentes en la historia de la humanidad es sin duda el descubrimiento del fuego. y esto no sólo se aplica a la prehistoria sino que sigue vigente en nuestras sociedades modernas. De hecho, la economía mundial está basada en el fuego. Y es que no hace mucho que descubrimos que al hacer hoyos en el suelo, podemos extraer no solamente agua, sino también materiales combustibles con energía altamente concentrada, la cual aprendimos a convertir en movimiento y en energía eléctrica. Aunque la conversión requiere de tecnología más o menos elaborada, en realidad el origen del gran poder de la civilización contemporánea es tan antiguo como el fuego, es el fuego mismo. Es el mismísimo fuego que, según la mitología griega, le robó Prometeo a los dioses, para entregarlo a los humanos y despertar la terrible furia de Zeus.

En la actualidad, un ciudadano de un país medianamente desarrollado tiene a su servicio el equivalente a muchos más esclavos que cualquier ciudadano de las antiguas ciudades-estado como Atenas. Veamos esta analogía: Un auto pequeño puede desarrollar 100 caballos de potencia sin mucha dificultad, y 100 caballos significa precisamente eso, que el motor equivale a traer 100 caballos tirando del auto. Considerando que se requieren entre 5 y 7 hombres para realizar el mismo trabajo que un caballo, tenemos que, utilizar un auto equivale en términos de energía a tener cientos de esclavos a nuestro servicio. Regresando a nuestro automóvil, el origen de tanto poder es el fuego. No lo vemos porque la combustión sucede dentro del motor, por eso se le llama máquinas de combustión interna. Por otro lado, cuando no estamos en el auto estamos en la casa o en el trabajo, en donde seguramente habrá focos, televisión, refrigerador, computadoras, etc. El requerimiento de energía de estos aparatos es más modesto que el de un auto, pero no es despreciable, y en su origen también encontraremos al fuego, no en nuestra casa, sino en la planta productora de electricidad donde a diario se queman toneladas de combustible. Sin las plantas generadoras de electricidad necesitaríamos esclavos para generarla localmente. ¿Cuántos esclavos se requerirían para darle vuelta a un generador eléctrico y mantener un foco de casa encendido por varias horas? Se requerirían varios. Lo mismo para la computadora o la televisión, e igualmente necesitaríamos la ayuda de varios esclavos para que transportasen el agua desde donde esté disponible hasta nuestro hogar. Y así podríamos seguir con la energía que se requiere para producir y transportar los alimentos que ingerimos y los diversos productos que a diario consumimos.

El hecho es que la civilización actual dispone, ciudadano por ciudadano, de muchos más esclavos que los que se estilaban

en la antigüedad. El promedio actual en el mundo es del orden de 100 esclavos (equivalentes en producción de energía) por persona. En la antigüedad no se llegaba a tanto. Y es que los antiguos no podían tener todos los esclavos que se les antojara. Ningún pueblo se deja esclavizar por voluntad propia. Se es esclavo a la fuerza y, para tener esclavos, había que tener el poder suficiente para controlarlos. Por eso Esparta promovía y exigía la militarización de sus ciudadanos. En lo que a nosotros concierne, nuestros esclavos modernos son tantos que ya no podemos controlarlos.

La rebelión no es abierta y declarada. No es que los energéticos se nieguen a producir energía porque ya nos acabamos el oxígeno, de hecho hay tanto oxígeno hoy como hace mil años. Tampoco se trata de agotamiento de recursos, pues la producción de energéticos sigue aumentando. En realidad se trata de un efecto sutil e indirecto, relacionado con la forma en que la Tierra recibe y refleja la energía electromagnética que recibe del Sol. La energía se recibe en longitudes de onda relativamente cortas y se refleja en longitudes más largas, todo como parte de un proceso natural. A la entrada la atmósfera es prácticamente transparente, pero, a la salida, el dióxido de carbono y otros gases llamados “de invernadero”, atrapan buena parte de la radiación de onda larga en la región de los rayos de calor o infrarrojos, lo que da como resultado que la atmósfera tienda a calentarse. Este fenómeno en sí no tiene nada de perjudicial. Al contrario, se trata de uno de los procesos responsables de que exista vida en la Tierra en la forma en que la conocemos, incluyéndonos a nosotros mismos. Sin dióxido de carbono y otros gases de invernadero la Tierra estaría cubierta de hielo. El problema proviene de que la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera ha aumentado significativamente en el último siglo. De 0.028% en la era preindustrial a 0.037% en la actualidad, y esta cantidad sigue aumentando. El incremento es suficiente para desestabilizar la temperatura promedio de la atmósfera, llegando a incrementar la violencia de huracanes y otros fenómenos meteorológicos, así como cambiar los patrones más o menos establecidos de los climas regionales. Al fenómeno se le ha dado el nombre de cambio global, cambio climático o, explícitamente, calentamiento global. En opinión de muchos estudiosos, ya estamos viviendo las consecuencias. Uno que otro todavía se resiste a las evidencias. Sin embargo, de lo que no hay absolutamente ninguna duda, es de que la cantidad de dióxido de carbono sigue aumentando, y de que muy pronto aumentará a niveles nunca experimentados en la historia reciente de la Tierra. Los niveles actuales ya son bastante anormales. Los combustibles fósiles, aunque son productos de la Tierra misma, no forman

parte del ciclo estacional de aumento y disminución anual del dióxido de carbono en la atmósfera. En muchos sentidos son extraños en nuestro planeta. Bien podrían provenir de otro mundo, para el caso es lo mismo, pues la Tierra no contaba con ellos como parte activa en sus procesos. Es como si hubiese caído a la Tierra un meteorito silencioso compuesto de dióxido de carbono, el cual, de un día para otro, aumentó en un 30% la concentración de dicho gas.

El estado de cosas en nuestra atmósfera tiene preocupados a los gobiernos de muchos países, aunque algunos no están dispuestos a pagar el precio que implica reducir sus emisiones de dióxido de carbono y otros gases, pues el sacrificio es muy grande. A nivel de países esto implica reducciones importantes en la actividad económica. Las mayores presiones están ahora en los países desarrollados que dependen en gran medida de quemar combustibles fósiles. Los países en desarrollo como el nuestro no están tan presionados, pues en términos de emisiones per cápita no alcanzamos los niveles de los desarrollados. Sin embargo, en términos absolutos, las emisiones de todos los países en desarrollo son comparables a las de los desarrollados, y debido a nuestra condición de “en desarrollo”, el incremento porcentual de nuestras emisiones es mayor que el de los ya desarrollados. No falta mucho para que, como ahora pasa con el aumento de la población mundial, se nos señale con el dedo como los responsables del calentamiento global.

A decir de los estudiosos de las civilizaciones antiguas y modernas, a la nuestra le falta mucho para llegar a las alturas a las que llegó la griega, tanto en los aspectos científicos y literarios, como en las cuestiones de política y responsabilidad civil, destacando sobre todo las responsabilidades que se adquieren viviendo en una democracia. En muchos sentidos, la cuna de la civilización occidental, la antigua Grecia, representa el estándar al que seguimos aspirando, y al que parece que no llegaremos, a pesar de todas nuestras ventajas materiales. En lo que respecta al presente problema, lo menos que podemos hacer para estar a la altura de una discusión seria sobre el tema del cambio global, es informarnos bien sobre lo que está pasando y compaginar los datos sobre emisiones con nuestras actividades cotidianas. ¿Cuántos kilogramos de dióxido de carbono se producen por cada litro de gasolina que quemamos en nuestro auto?. ¿Cuántos litros de gasolina utilizamos a la semana? ¿Cuántos kilogramos de dióxido de carbono se emiten para que una computadora o un televisor se mantengan funcionando por ocho horas? Las cantidades son sorprendentes. Y es que el problema del cambio global es de todos, y de muchas maneras es causado también por todos. Los que menos contribuyen desean también contribuir, porque eso representa mejores niveles de vida. Esto se aplica tanto a países como a ciudades, como a familias e individuos. El problema es complejo y está lleno de contradicciones.

En un futuro no muy lejano, a nuestros actuales estudiantes de preparatoria les tocará vivir mucho más de cerca las consecuencias de estos problemas. Seguramente también les tocará negociar, en el fragor de discusiones acaloradas y agrandadas por el calentamiento global, cuestiones relativas a la disminución de dichas emisiones por países en desarrollo o desarrollados, dependiendo de lo que en esos momentos esté sobre la

mesa. Lo menos que podemos hacer para prepararlos es que estén bien informados sobre lo que está pasando actualmente, y de lo que cada quien es responsable a nivel individual. Este tipo de consideraciones motivaron el tema de la Décima Olimpiada de Ciencias de la Tierra en el Estado de Baja California, la cual se llevó a cabo en noviembre de 2004, en las instalaciones del CICESE y con la colaboración de la Unión Geofísica Mexicana. Las preguntas giraron alrededor de lo que tanto los mexicanos como los ciudadanos de otros países estamos aportando al fenómeno del cambio climático. También se hicieron preguntas sobre fenómenos astronómicos que ocurrieron en 2004, y que tienen estrecha relación con nuestro planeta, como la amenaza del acercamiento a la Tierra del meteorito Toutatis, y del tránsito de Venus por el Sol, fenómeno este último que sucede muy de vez en cuando, y que jugó un papel importante en la determinación de las dimensiones absolutas de nuestro sistema solar.

Siempre nos ha parecido excesivo el castigo que Zeus le impuso a Prometeo por haber entregado el fuego a los humanos, sin embargo, tal vez Zeus tenía sus razones. Necesitamos un nuevo Prometeo, con un nuevo tipo de fuego tal que, incluso seres imperfectos como nosotros, podamos utilizar sin perjudicarnos. Existen muchas propuestas, pero a la fecha el legado del Prometeo antiguo sigue vigente. El fuego sigue reinando.

Enseguida se incluyen algunas de las preguntas incluidas en el examen. Asistieron estudiantes de preparatorias de todo el Estado. Los tres primeros lugares de la versión 2004 fueron Saúl Sotelo Gallardo, Asael Angón Antón y Bladimir García Murrieta, todos pertenecientes al COBACH La Mesa, Tijuana y dirigidos por el profesor Manuel Armando Gómez Piñón.

LA DÉCIMA OLIMPIADA ESTATAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA,

UGM-CICESE

Ensenada, B.C., a 27 de noviembre de 2004

EXÁMEN

- 1.- El ciclo del carbono en la naturaleza se descubrió mediante una serie muy ingeniosa de experimentos en 1771. Primero se demostró que las llamas y el aliento de los animales «dañan» el aire dentro de un frasco sellado; pero que una pequeña planta podía restaurar sus bondades. Ahora sabemos que el fuego y la respiración consumieron el oxígeno y despidieron dióxido de carbono. La pequeña planta revirtió ambos procesos. La fotosíntesis absorbió el dióxido de carbono, lo convirtió en tejido vegetal y produjo oxígeno como residuo. A la conversión de dióxido de carbono en tejido vegetal se le conoce como:
 - a) Fijación del carbono
 - b) Empleo del carbono.
 - c) Consumo del carbono
 - d) Construcción del carbono
- 2.- La pequeña planta que se introdujo en el frasco en 1771 por el descubridor del ciclo del carbono no tiene nada de particular, pues pudo haber sido cualquier planta. Sin embargo, en la historia del descubrimiento siempre se menciona el tipo de planta. ¿De qué planta se trata?
 - a) Planta de frijol
 - b) menta
 - c) laurel
 - d) margarita

- 3.- Anualmente la atmósfera, la tierra y los océanos intercambian grandes cantidades de carbono como parte de la actividad normal de sus diferentes componentes. La cantidad extra de carbono que arroja el hombre a la atmósfera no forma parte de este ciclo natural, pues proviene de combustibles que estaban almacenados a grandes profundidades y que de pronto entran a formar parte del ciclo. Por pequeña que sea esta cantidad, su efecto es acumulativo y tiende a desbalancear el equilibrio natural. ¿Cuál es la proporción de las emisiones que producimos nosotros en relación con la cantidad de carbono que se intercambia anualmente en el ciclo natural?
- a) 1 % b) 2 % c) 3 % d) 5%
- 4.- No todo el carbono que arrojamamos a la atmósfera permanece en ella, parte desaparece, a lo cual en algunos medios se le conoce como el caso del carbono perdido. Y no es que simplemente desaparezca, sino que la Tierra misma es capaz de absorberlo en forma natural. Parte del carbono lo utilizan como alimento las plantas terrestres, las cuales lo incorporan por medio de la fotosíntesis; otra parte termina en los océanos, ya sea aprovechado por las algas, o simplemente disuelto en el agua de mar. De la cantidad total del carbono perdido ¿Qué proporción termina en los océanos?
- a) 50% b) 70 % c) 20% d) 10%
- 5.- Prácticamente todo el carbono que se emite a la atmósfera se hace en la forma de dióxido de carbono (CO₂) Considerando que la masa de una molécula de CO₂ es mayor que la masa de un átomo de carbono, la proporción es $(16+16+12)/(12)$, las toneladas de CO₂ que emitimos son más que las toneladas de carbono y es que en realidad lo que preocupa es el aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera, pues a este gas se le hace responsable del calentamiento global. ¿Cuánto CO₂ per capita (en kg) se queda en la atmósfera anualmente como resultado de las emisiones producidas por nosotros?
- a) 1800 b) 1200 c) 900 d) 765
- 6.- La concentración de CO₂ en la atmósfera (en proporción de los demás gases) está aumentando actualmente a una razón de (ppm= partes por millón)
- a) 0.5 ppm b) 1.0 ppm c) 1.5 ppm d) 2.0 ppm
- 7.- Si en lugar de cientos o miles de años consideramos la cantidad de carbono que se ha acumulado en millones de años y que se transformó en carbón, petróleo y gas, la cantidad de carbono por la acumulación de materia orgánica se espera que sea mayor a la que existe en los suelos. ¿Cuántas veces es mayor la cantidad de carbono contenida en los combustibles fósiles que la correspondiente cantidad contenida en la vegetación actual?
- a) 8 b) 16 c) 24 d) 30
- 8.- La concentración actual de CO₂ en la atmósfera es de 364 ppm. Con respecto a la concentración que tenía la atmósfera en la era preindustrial, la cantidad actual es 30% mayor. ¿Cuál era la concentración antes de la era industrial?
- a) 220 b) 240 c) 260 d) 280
- 9.- ¿Cuántas toneladas de CO₂ arrojamamos a la atmósfera anualmente por habitante de la Tierra?
- a) 1 b) 1.7 c) 3.2 d) 5
- 10.- Todos los organismos vivos necesitan energía para funcionar. En los animales esta energía se necesita para circular la sangre, obtener oxígeno, mantener una determinada temperatura corporal, reparar células, etc. Como resultado, aún en reposo y en un ambiente cómodo, el cuerpo humano requiere energía para mantener sus funciones vitales. Se estima que una persona de 70 kg en reposo y despierta necesita alrededor de 70 kcal/h. Con un poco de actividad física esta cantidad podría aumentar a 90 kcal/h (nota: 1 kcal= 1000 calorías. Sin embargo, en el lenguaje común por lo general a una kcal se le llama simplemente Cal. En las etiquetas de productos mexicanos se utiliza kcal, y en los americanos Cal.) En lo que sigue seguiremos la costumbre arraigada también en nuestro país de referirnos a 1 kcal como Cal. En 24 horas las calorías consumidas serían
- a) 900 b) 970 c) 1800 d) 2200
- 11.- ¿A cuántos vatios (watts) equivale una Cal/h?
- a) 0.7 b) 0.79 c) 0.94 d) 1.16
- 12.- Una persona que requiere 90 Cal/h requiere equivalentemente determinada cantidad de vatios (watts) para funcionar normalmente. Esto es, que una persona en cuanto a sus requerimientos de energía es equivalente a un foco encendido de determinada cantidad de watts. ¿Cuántos watts?
- a) 100 b) 75 c) 60 d) 40
- 13.- En el Mar de Cortés se pescan anualmente 20,000 toneladas de camarón. En el proceso y como consecuencia del uso de combustible fósiles por los barcos camaroneros, se producen 50 mil toneladas de CO₂ que se arrojan a la atmósfera. ¿Cuántos kg de CO₂ se producen por cada kg de camarón?
- a) 2.5 b) 25 c) 250 d) 2,500
- 14.- En el Mar de Cortés se pescan anualmente 20,000 toneladas de camarón. Para ello los barcos camaroneros utilizan 30 millones de litros de combustible. ¿Cuántos litros de combustible se gastan por cada kg de camarón?
- a) 0.0015 b) 0.015 c) 0.15 d) 1.5
- 15.- Durante el tránsito de un planeta por enfrente del Sol, desde la Tierra se observa una mancha oscura que se mueve sobre la superficie del Sol. En el caso del tránsito de Venus, comparando al Sol con un pastel normal y a Venus con un insecto: ¿Cuál sería la mejor analogía del tamaño de Venus con relación al tamaño del Sol?
- a) pulga b) mosca c) escarabajo d) mariposa
- 16.- ¿Cuál es la frecuencia de los tránsitos de Venus?
- a) 13 veces por siglo b) 13 veces por milenio
c) dos veces por siglo d) una vez al año
- 17.- El día 8 de junio de 2004, sucedió algo en nuestro sistema solar que pudo verse desde la Tierra en pleno día. ¿De qué se trató?

- a) Tránsito de Venus b) Tránsito de Júpiter
c) Eclipse Solar d) Tránsito de Mercurio
- 18.- La energía eléctrica que consumimos los mexicanos al año es de 1800 kwh per cápita (incluye residencial, comercial, industria y servicios públicos). El consumo anual de los habitantes en los Estados Unidos es mayor. ¿Cuántas veces mayor?
a) 2 b) 4 c) 7 d) 10
- 19.- La mayor parte de la energía que se produce en el mundo se obtiene de generadores que queman combustibles fósiles. El resto se obtiene de obras hidráulicas, del viento, de pozos geotérmicos o energía nuclear. La proporción particular de cada región o país depende de sus recursos naturales o de su tecnología. En el caso de Francia: ¿Cuál es la proporción que corresponde a energía nuclear?
a) 10% b) 20% c) 50% d) 80%
- 20.- Hacia finales de septiembre del 2004 se acercó a la Tierra un meteorito comparable en tamaño al que se piensa que exterminó a los Dinosaurios. ¿Cuál es el nombre de este meteorito?
a) Chicxulub b) Destroyer II c) Lexus d) Toutatis
- 21.- Se mencionó en los noticieros que este meteorito pasó muy cerca de la Tierra. ¿Qué tan cerca?
a) 4 veces el radio de la Tierra
b) 4 años luz
c) 4 veces la distancia a la Luna
d) 4 veces el diámetro de la Tierra
- 22.- México produce diariamente en sus pozos petroleros 3.6 millones de barriles de crudo. ¿En comparación, cuánto producen los Estados Unidos en sus propios pozos?
a) La cuarta parte b) La mitad c) Igual d) El doble
- 23.- México consume diariamente 2 millones de barriles de petróleo. ¿En comparación, cuánto consumen los Estados Unidos?
a) doble b) triple c) cinco veces d) diez veces
- 24.- En muchos países se está promoviendo la cultura de reciclar las latas de aluminio. El reciclaje de aluminio es importante porque
a) Hay muy poco en la corteza terrestre
b) Se consume mucha energía eléctrica para producirlo
c) Es muy caro el mineral de donde se obtiene
d) Los yacimientos del mineral están muy profundos en la tierra
- 25.- Alumina es el mineral del que se extrae el aluminio. En este mineral el aluminio está combinado con
a) O b) Ag c) Pb d) Li
- 26.- Reciclando una lata de aluminio se ahorra suficiente energía para mantener encendida una computadora o una televisión por cierto tiempo ¿Por cuánto tiempo?
a) 10 minutos b) 1 hora c) 3 horas d) 1 día
- 27.- Con la energía que se utiliza para producir una lata de aluminio a partir de la bauxita, se puede producir una cantidad mayor, cuando se utilizan latas recicladas ¿Cuántas se producen con la energía ahorrada por cada lata?
a) 10 b) 20 c) 50 d) 100
- 28.- Si la energía eléctrica que se utiliza para producir 1 kg de aluminio se obtiene de quemar combustibles fósiles. ¿Cuántos kg de CO₂ se emitirían a la atmósfera por cada kg de aluminio producido?
a) 1 b) 5 c) 10 d) 20
- 29.- ¿Cuántos kg de basura sólida per cápita producimos los mexicanos diariamente?
a) 1/5 b) 1/3 c) 1 d) 5
- 30.- El CO₂ que producimos los humanos en el proceso de respirar no se considera en los cálculos de las emisiones globales de dicho gas, porque formamos parte del ciclo natural y porque la cantidad es pequeña en comparación con la de los combustibles fósiles. Se ha estimado con mediciones que una persona produce alrededor de 20 gr/h de CO₂ en el proceso de respiración. ¿A cuántos kg equivale esto anualmente?
a) 10 b) 50 c) 100 d) 200
- 31.- ¿Cuántos kg de CO₂ se producen al quemarse, fuera o dentro de un motor, un litro de gasolina?
a) 0.8 b) 1.0 c) 1.5 d) 2.5
- 32.- Las emisiones de CO₂ a la atmósfera por el uso de combustibles fósiles están aumentando anualmente. ¿Cuánto aumentan anualmente?
a) 0.5% b) 1.0% c) 2.0% d) 3.5%
- 33.- ¿Cuánto cuesta el kwh de energía eléctrica en en Baja California, para un consumo residencial moderado de 600 kwh en el recibo de dos meses de la CFE?
a) 50 centavos b) 1 peso c) 2 pesos d) 5 pesos
- 34.- La mayor parte de la energía eléctrica que se produce en el mundo se obtiene en plantas que queman combustibles fósiles, muy similares a la que opera en Rosarito, Baja California. ¿Cuánto CO₂ se emite a la atmósfera en estas plantas por cada kwh de energía?
a) 100 g b) 300 g c) 600 g d) 1,000 g
- 35.- En 2003 con el horario de verano en México se ahorraron de producir 1,165 GWh (G=Giga) ¿Cuántos kg de CO₂ per cápita se dejaron de emitir a la atmósfera con esta medida?
a) 1.2 b) 6.1 c) 12 d) 120
- 36.- Supongamos que para transportarse una persona utiliza su auto, el cual consume un litro de gasolina al día (en realidad muy poco consumo para cualquier recorrido normal). ¿Cuántos kg de CO₂ emite a la atmósfera en un año?
a) 90 b) 900 c) 300 d) 3,000
- 37.- Supongamos que una computadora prendida por 5 horas (nada raro), consume en ese tiempo 1 kwh. ¿Cuántos kg de CO₂ al año significa el uso de la computadora por 5 horas al día?

- a) 3.5 b) 35 c) 350 d) 3,500
- 38.- La potencia física (trabajo o energía por unidad de tiempo) que puede desarrollar una persona no es tan uniforme como lo puede ser el de una máquina. Una persona puede desarrollar mucha potencia por un corto tiempo, después de lo cual debe descansar. Para desarrollar potencia sin descansar por varias horas el esfuerzo debe ser moderado. Una estimación de la potencia que puede desarrollar una persona por un periodo largo se puede hacer considerando la energía o trabajo que debe hacer una persona de 70 kg de masa para subir su propio peso hasta la cima de una montaña de 3,000 m de altura. El trabajo que debe desarrollar es (en millones de Joules)
- a) 2 b) 4 c) 6 d) 8
- 39.- Independientemente del tiempo que le tome subir la montaña (por ejemplo 8 o más horas), es natural pensar que no podrá hacer más trabajo por el resto del día, pues necesitará tiempo para descansar, comer y dormir. Podemos entonces suponer que lo más que puede hacer un hombre en 24 horas es subir la montaña de 3,000 m de altura cargando su propio cuerpo de 70 kg y que esa es la potencia promedio que puede desarrollar. La potencia desarrollada (trabajo/tiempo) en watts es
- a) 5 b) 10 c) 15 d) 25
- 40.- Si en el futuro próximo el mundo llega a depender más del gas natural que del petróleo, ¿Qué país sería el mejor posicionado en el mundo por tener las reservas más grandes?
- a) Estados Unidos b) Rusia c) Irak d) Irán
- 41.- ¿Qué país de los siguientes 4 tiene las reservas más grandes de gas natural?
- a) Irán b) Irak c) Arabia Saudita d) México
- 42.- En el mundo el promedio de potencia (energía por unidad de tiempo) que utilizamos los humanos se estima en 2,000 watts per cápita (incluye todos los rubros: energía eléctrica, energía para el transporte, etc.) Considerando que físicamente solamente podemos desarrollar determinada cantidad de watts (pregunta 39), lo anterior implica que equivalentemente vivimos como si tuviésemos a nuestro servicio muchos esclavos. ¿Cuántos esclavos por habitante de la Tierra?
- a) 40 b) 80 c) 160 d) 320
- 43.- En el caso de los Estados Unidos, la potencia que utiliza per cápita es de 12,000 watts. Esto significa que cada habitante de los Estados Unidos tiene a su servicio el equivalente a ¿Cuántos esclavos?
- a) 240 b) 480 c) 960 d) 1920
- 44.- En el caso de México operamos con 1,400 watts por habitante considerando también todos los rubros. ¿Cuántos esclavos nos corresponderían?
- a) 12 b) 36 c) 46 d) 56
- 45.- En el caso de la India operan con 400 watts. ¿Cuántos esclavos se necesitarían para desarrollar esta potencia?
- a) 4 b) 8 c) 12 d) 16
- 46.- Considerando la potencia que puede desarrollar un humano promediada sobre 24 horas, según se calculó en la pregunta 39: ¿Cuánta energía (en kwh) puede producir en 24 horas? Una vez obtenido este número, multiplicarlo por el precio del kwh en Baja California (pregunta 33) y obtener lo que le pagaríamos a cada uno de los esclavos que nos ayudan a mantener nuestra economía. ¿Cuánto le pagaríamos al día?
- a) 1 peso b) 5 pesos c) 20 pesos d) 50 pesos
- 47.- México consume 300 litros de gasolina anualmente por persona. ¿Cuánto significa esto en términos de CO₂ que se emite a la atmósfera?
- a) 150 kg b) 300 kg c) 750 kg d) 1,000 kg
- 48.- En todas partes del mundo nos quejamos de que la energía eléctrica está muy cara y que también lo está el gas y la gasolina. Y sin embargo, la realidad es que pagamos muy poco por la energía que usamos, si comparamos lo que pagamos con lo que le pagaríamos a los tantos esclavos que tendrían que trabajar continuamente para producir el equivalente de energía. Y esto es así aún en los países menos desarrollados. Comparar lo que le pagaríamos diariamente a un esclavo según su producción de energía (pregunta 46), con lo que en realidad nos cobraría una persona por trabajar exclusivamente para nosotros. Considerando en términos conservadores que le pagáramos un salario mínimo de 50 pesos diarios. En este caso la energía sería mucho más cara. ¿Cuántas veces más cara?
- a) doble b) 10 veces c) 20 veces d) 50 veces
- 49.- ¿Cuántos kg de CO₂ per cápita emitimos a la atmósfera los mexicanos anualmente?
- a) 1,000 b) 2,500 c) 4,000 d) 8,000
- 50.- ¿Cuál es la capacidad instalada per capita de México en cuanto a energía eléctrica?
- a) 20 watts b) 40 watts c) 100 watts d) 400 watts

TSUNAMIS, SISMOS Y HURACANES Y LA XI OLIMPIADA ESTATAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA EN BAJA CALIFORNIA

Enrique Gómez Treviño

CICESE, Ensenada, Baja California, 22860 México
Correo electrónico: egomez@cicese.mx

ATMÓSFERA VIRTUAL

Algunos fenómenos naturales, tales como los sismos, tsunamis y huracanes, ya no son un misterio, aunque seguimos temiendo sus efectos y aún no podemos predecir su ocurrencia con suficiente confianza. Podemos, sin embargo, modelarlos matemáticamente en una computadora. Nuestros modelos son cada vez más parecidos a los fenómenos reales, y son muy útiles porque podemos analizar por adelantado diferentes escenarios y aprender de ellos. Podemos simular miles de posibles eventos y analizar sus efectos, en una especie de juego virtual en donde no hay limitaciones físicas. El que no haya limitaciones físicas no significa que en el juego pueda suceder cualquier cosa. De hecho sí hay limitaciones, pero en la forma de reglas del juego. Estas reglas son virtuales en el sentido que operan dentro de la computadora, pero se refieren al mundo real. Se trata de fórmulas o relaciones matemáticas entre las variables que definen el modelo. Por ejemplo, entre la presión, temperatura y densidad del aire en un pequeño volumen de la atmósfera (ley de los gases), entre las variables de volúmenes contiguos (la ecuación diferencial con respecto a las coordenadas), así como entre todas las variables y el tiempo (el término diferencial con respecto al tiempo). Una fuente virtual de calor y una variable más para el grado de evaporación del agua y completamos el cuadro: una atmósfera virtual que se comporta, en términos generales, en forma similar a la atmósfera real, con huracanes y todo.

NIVELES DE CONOCIMIENTO

Simular científicamente un fenómeno implica hacerlo desde algo que está antes o detrás del fenómeno mismo, o sea desde otro nivel. Cuando Newton simuló el sistema solar y reprodujo las elipses de Kepler, lo hizo desde el nivel de su ley de la gravitación universal y de sus otras tres famosas leyes. Todas las regularidades que observó Kepler en el movimiento de los planetas aparecen en la simulación de Newton como por arte de magia. Su teoría reprodujo lo conocido y aún predijo lo no conocido, estableciéndose como la teoría ejemplar digna de ser imitada por las demás disciplinas. Y así fue. Le siguieron series y series de leyes relacionando diferentes órdenes de fenómenos: las teorías corpuscular y ondulatoria de la luz, al principio contradictorias pero finalmente reconciliadas, la teoría atómica de la materia, la teoría cinética de los gases, la teoría de la evolución, la teoría de la relatividad, la teoría del Big Bang y muchas otras más. Como en el caso de Newton, estas teorías consisten de un pequeño número de reglas o principios de los cuales se derivan innumerables comportamientos de fenómenos en determinado ámbito natural. Las teorías representan lo que está antes o detrás de los fenómenos.

TEORÍA Y “TEORÍA”

En ciencia una teoría es conocimiento comprobado; no es así en el lenguaje común, en donde llamamos teoría al conocimiento especulativo que no tiene aplicación. Este ambivalencia de la palabra ha confundido y sigue confundiendo a muchos estudiantes y al público en general, sobre todo cuando se discute la teoría de la evolución, juzgándola como especulativa sin más ni más, aludiendo a que se trata simplemente de una “teoría”. Nada más lejos de la verdad. La teoría de la evolución en biología está en la misma categoría que la teoría de la tectónica de placas en las ciencias de la Tierra. Darwin descubrió lo que está detrás del asombroso acople que existe entre especies biológicas y hábitat. ¿Qué está detrás?: variabilidad y selección natural. Los pioneros de la tectónica de placas, por su parte, descubrieron lo que está detrás de sismos y volcanes, así como de la formación misma de los continentes y de las cuencas oceánicas. ¿Qué está detrás?: las placas y sus interacciones.

DISCERNIMIENTO LIMITADO

A los humanos no se nos da descubrir o inventar teorías verdaderas a la primera. Esto es, no se nos da espontáneamente ver lo que está detrás de lo que vemos. Eso sí, somos muy buenos para hacer o imaginar “teorías” a la menor provocación. Esta habilidad que tenemos explica la cantidad y variedad de explicaciones que las diferentes culturas han producido sobre lo que hay detrás de los fenómenos. Todavía conservamos esta habilidad. Pregunten a las primeras tres personas que encuentren si piensan que hubo algo detrás de las últimas elecciones presidenciales, y que den su versión al respecto. Primero, las tres versiones serán diferentes y, segundo, estarán basadas en suposiciones y apreciaciones personales difíciles de comprobar. La verdad existe, pero no es fácil conocerla. En la ciencia nos pasa lo mismo. Nos cuesta mucho trabajo ver más allá de lo cotidiano, ya sea hacia atrás en el tiempo como en la geología, hacia lo muy pequeño como en la física y la química o hacia lo más grande como en la astronomía. ¿Quién podría haber visto, por ejemplo, que detrás del agua, un líquido, están dos gases?

Tampoco se nos da espontáneamente descubrir que existe regularidad detrás de la irregularidad. Por ejemplo, que detrás de la formación de una nube, los diferentes entes que intervienen se comportan de acuerdo a reglas matemáticas precisas. ¿Podríamos, observando la formación de una nube, descubrir las leyes de la termodinámica, las de los gases, la de la gravedad, las tres de Newton y las de la electricidad? No, no podríamos. No tenemos esa capacidad de discernimiento. Ahora sabemos que lo que está en juego es la combinación de todas estas

reglas o leyes actuando al mismo tiempo. Por eso le tomó a la humanidad mucho tiempo para siquiera sospechar que existían reglas detrás de estos fenómenos. Hubo que descubrir que aislando diferentes aspectos se podían encontrar reglas particulares, y que combinando las diferentes reglas se podía modelar los fenómenos complejos. Dicho sea con todo respeto, Newton tuvo mucha suerte porque el sistema solar es mucho más simple que cualquier huracán.

CONOCIMIENTO ASINTÓTICO

No obstante que las teorías consisten de conocimientos comprobados, las reglas o leyes que contienen pueden sufrir modificaciones. Más que verdades absolutas, la ciencia es un proceso en el que unas teorías se suceden a otras. Esto ha propiciado que en algunos círculos se considere que la ciencia nunca podrá encontrar la verdad, argumentando que ella misma se contradice cuando cambia una teoría por otra. Así, los conceptos de tiempo, espacio, masa, gravitación, por citar algunos, han ido cambiando según se suceden las teorías, y no hay garantía de que no cambien en el futuro. Entonces, por ejemplo, ¿qué es la gravitación? ¿Lo que era antes, lo que es ahora, o lo que será en el futuro? De cierta manera son convincentes los argumentos de que nunca llegaremos a conocer las cosas como realmente son. Sin embargo, la situación no es tan simple y mucho menos sin esperanza. Lo que pasa es que el éxito sin precedente que tuvieron teorías como las de Newton nos hizo pensar, allá por el siglo XIX, que efectivamente habíamos llegado al final de lo que existe detrás de los fenómenos que observamos. Con el descubrimiento de nuevos hechos o fenómenos que no se contemplaban en las teorías anteriores, hubo que modificar o crear enteramente nuevas teorías para acomodar lo conocido. De la idea de teorías absolutas, pasamos al de teorías imperantes o paradigmas aceptados, que pueden cambiar si se descubren hechos que no estaban considerados. Por lo general, al menos últimamente, las teorías inadecuadas no son enteramente descartadas, sino que siguen siendo válidas y aplicables para las condiciones en que fueron originalmente desarrolladas. A la fecha, este proceso de la ciencia ha sido convergente. Tal vez nunca lleguemos a conocer todo lo que está detrás de lo que vemos. Lo que sí sabemos es que vamos en la dirección correcta y que nos estamos acercando cada vez más.

TEORICULTURA Y AGRICULTURA

Podríamos llamar teoricultura al cultivo de esta actividad de hacer teorías. Así como la agricultura propició un incremento sin precedentes en la producción de alimentos, así la teoricultura propició un incremento sin precedentes en la producción de conocimientos. Antes de la agricultura los cazadores recolectores estaban limitados por lo que se producía naturalmente. De modo similar, antes de la teoricultura, la producción de conocimientos estaba limitada por lo que se acumulaba naturalmente por la experiencia. La agricultura no sólo dedicó espacios y tiempo a la producción de una especie determinada, sino que además se propuso mejorar las características de las variedades seleccionadas. Por su parte, también podemos decir que la teoricultura no sólo dedicó espacios y tiempo a la producción de conocimientos, sino que además se propuso mejorar las teorías que iba proponiendo. Como se ve, hay cierto paralelismo entre

las dos actividades que merece explorarse un poco más. Como veremos en el siguiente párrafo, la analogía finalmente se rompe, pero es precisamente en el punto de divergencia donde se iluminan mejor las características únicas de la teoricultura.

Un paralelo más estriba en que ambas actividades tuvieron que inventarse, o si se quiere, descubrirse. Ninguna de las dos se da espontáneamente en los humanos. Ambas requieren de observación atenta, de reflexión, de experimentación y de selección de características deseables. Por ejemplo, los cereales (maíz, trigo y arroz) que cultivamos actualmente fueron seleccionados por milenios con el criterio del tamaño de grano. En cada ciclo agrícola se seleccionaban los mejores granos, y eran precisamente esos los que se sembraban en el siguiente ciclo, con el resultado de que continuamente se mejoraba la cosecha. De forma similar, las teorías que tenemos actualmente se lograron a lo largo de muchos siglos de manera similar: proponiendo algo primero, discutiendo y observando después, reflexionando y observando de nuevo, buscando siempre mejorar la explicación, y por ende perfeccionar el conocimiento de lo que está detrás de los fenómenos. Ahora bien, como se sabe, la agricultura fue descubierta independientemente por diferentes pueblos, en diferentes continentes y en diferentes tiempos. No así la teoricultura, la cual es mucho más reciente y al parecer su nacimiento fue más exclusivo. Nació una sola vez y en un solo lugar. Aquí termina el paralelismo entre ambas actividades y se ilumina la teoricultura como un descubrimiento único en la historia de la humanidad.

TEORICULTURA DE UNO MISMO

¿Porqué la teoricultura, a diferencia de la agricultura, no fue descubierta independientemente por diferentes pueblos, en diferentes continentes y en diferentes tiempos? ¿En donde está la dificultad? La dificultad no puede estar en la capacidad inquisitiva de las diferentes culturas para preguntarse el origen de los fenómenos. Invariablemente todas se lo preguntaban. Tampoco la dificultad puede estar en la capacidad imaginativa para responderse las preguntas, pues como se sabe, invariablemente tenían explicaciones para todo. La capacidad y todo lo necesario para realizar la actividad ya estaba en funcionamiento. De hecho, podría decirse que todas las culturas de mundo han practicado desde siempre la teoricultura, pero que lo hacían con las plantas equivocadas. Las plantas eran mitos y leyendas antropomórficas que le daban identidad a las culturas mismas, por lo que una vez instaladas en el ego colectivo, era muy difícil o imposible escapar de sus efectos. Y ahí está la dificultad. Así como uno se apega a su ego, a sus razones y demás, así los pueblos se apegan a lo suyo. El problema no es tanto el apego en sí, sino el apego a qué. Y en este caso se trata nada menos que del apego a la “teoría” que hizo uno mismo de sí mismo. El sincretismo religioso es un ejemplo de las sutilezas a las que se puede llegar para mantenerse sin cambiar.

TEORICULTURA POR REDUCCIÓN AL ABSURDO

Las religiones y gobiernos centralizados y jerarquizados, antaño fundidos en una sola institución, nunca han sido muy tolerantes de las ideas extrañas. Para plantear alternativas a lo establecido es preciso que exista cierto grado de libertad política,

económica y religiosa, por lo menos en buena parte de la población. También es necesario que las autoridades políticas y religiosas no se sientan amenazadas por la propagación de ideas extrañas. Estas condiciones se dieron en la antigua Grecia varios siglos antes de nuestra era. A los filósofos que iniciaron el cambio se les conoce actualmente como los jónicos y también como los presocráticos. Conocían no sólo su cultura sino también la de muchos otros pueblos en el Mar Mediterráneo. Se dieron cuenta que las diferentes mitologías de los pueblos que visitaban en sus correrías no podían ser ciertas al mismo tiempo, pues tenían muy poco en común. Había mucha similitud, sí, pero entre las condiciones locales de existencia de los diferentes grupos humanos y sus mitologías. Y ahí estaba la clave para quien pudiese descifrarla, y ellos la descifraron. La conclusión no podía ser otra que todas eran inventadas y que obedecían a las condiciones locales de existencia de los diferentes pueblos. Tuvieron la suficiente humildad y grandeza de espíritu para aceptar que aún su propia mitología fue inventada en tiempos inmemoriales. Y eso era mucho aceptar, pues en esa época el pueblo griego dominaba ampliamente el Mediterráneo.

Darse cuenta de que algo es falso es una cosa, y otra muy diferente proponer una alternativa. Las deidades estaban descartadas por reducción al absurdo, pero quedaba la parte más difícil, la parte creativa. ¿Qué proponer en su lugar? El primer grupo o escuela en proponer algo fue la de Tales de Mileto. Por primera vez en la historia de la humanidad, estos griegos, libres de dogmas intelectuales y religiosos, rechazaron las explicaciones en términos de mitos y dioses caprichosos, y propusieron las suyas propias, basadas en observaciones y reflexiones, en términos de causas y relaciones entre los fenómenos mismos. Fueron los primeros en “descubrir” la naturaleza, y con ello realizaron una revolución sin precedentes en la historia del pensamiento. Civilizaciones muy avanzadas en otros sentidos en Egipto y China nunca dieron ese paso. Tampoco lo dieron en América las civilizaciones inca, azteca o maya.

¿SON LAS TEORÍAS MEJORES QUE LOS MITOS?

La diferencia histórica que hizo que los mitos fueran reemplazados por las teorías no fue tanto que los primeros fueran falsos y las últimas verdades. Los mitos en realidad eran intelectualmente más elaborados y más bellos, y las primeras teorías demasiado simples y burdas. Sin embargo, la ventaja de estas últimas es que por su misma naturaleza, podían evolucionar para irse ajustando a la realidad, descartando las que no cumplieran. No así los mitos, que no pueden compararse entre sí o evolucionar para acercarse a los fenómenos. Una de las características de ese tiempo fue la discusión de prácticamente todos los temas discutibles, y de todas las teorías posibles sobre todos los aspectos de la realidad.

La explosión de una estrella podría servirnos de metáfora a lo que sucedió en la sociedad griega de Tales de Mileto hace alrededor de 2,600 años. Después de millones o miles de millones de años, una estrella originalmente compuesta de sólo hidrógeno y helio, explota y da lugar al nacimiento de todos los elementos químicos que existen en la Tierra. La escuela de Tales y quienes le siguieron fue la explosión que dio nacimiento a todas las teorías que existen actualmente en la Tierra, desde la

teoría atómica de la materia hasta el origen del universo, pasando por la teoría de la evolución y el origen de las enfermedades. Algunas eran muy ingenuas desde nuestra perspectiva actual, pero todas abordaban los fenómenos desde el punto de vista de causas o fuerzas naturales, buscando las reglas detrás de los fenómenos. Por primera vez en la historia de la humanidad se separaba el mundo natural del sobrenatural.

LA PRIMERA ATMÓSFERA VIRTUAL

Nuestra atmósfera virtual en computadora está mucho muy lejos de la primera explicación de los presocráticos, de que los remolinos y tifones se debían a que las nubes atrapaban aire, el cual siendo muy fino y ligero, terminaba por escaparse violentamente. Sin embargo, ambas están en la misma dirección. Había escuelas rivales que tenían otras explicaciones, pero siempre manteniéndose en el mundo natural. Lo sobrenatural estaba superado. Sabían que sus formas de interpretar el mundo eran las verdaderas, y veían como a niños a los extranjeros y a sus mismos compatriotas que imaginaban deidades actuando por todos lados. Se sabían imparciales. Los temblores, por ejemplo, ya no eran producto de la furia de Poseidón, sino del escape violento de aire que se acumulaba en cavernas subterráneas. Ahora sabemos mejor, pero seguimos en la misma línea marcada por ellos.

LAS TEORÍAS SE VUELVEN MITOS

Sería exagerado decir que la sociedad griega de ese tiempo compartía en su totalidad las concepciones de los presocráticos. En realidad se trataba de pequeños grupos y escuelas que coexistían más o menos toleradas por el resto de la sociedad. Esta coexistencia duró varios siglos, con unas teorías refutando a otras y logrando con el tiempo resultados asombrosos. Resulta también asombroso que en la actualidad, después de tanto tiempo, sigan coexistiendo ambas formas de pensar, y que una no haya desplazado por completo a la otra. Es como si la mente se resistiera a que le quiten su platillo favorito, y acepta las teorías sólo como una medicina amarga.

Tal vez el gusto por los mitos sea producto de nuestra evolución. Tal vez la sobrevivencia dependió en un tiempo de la cohesión social que ofrecían los mitos a los primeros grupos humanos. Es posible que en su momento esto fue determinante y que aún sigue entre nosotros, en nuestros genes. Tal vez esto también explique porqué las ciencias no son las materias más populares en las escuelas, y que se empieza a aprender ciencia simplemente memorizando lo que se enseña. También podría explicar que nosotros mismos, pudiendo enseñar teorías terminamos siempre por enseñar mitos, y no es lo mismo. Enseñamos teorías como si fueran mitos o, lo que es lo mismo, enseñamos mitos con piel de teorías.

LOS GANADORES DE LA XI OLIMPIADA

Los tres primeros lugares correspondieron a alumnos del profesor Manuel Armando Gómez Piñón del COBACH La Mesa, Tijuana.

Primer Lugar: Bladimir García Murrieta

Segundo Lugar: Ásael Antón Antón

Tercer Lugar: Saúl Sotelo Gallardo

García Murrieta se hizo acreedor a un premio de mil 500 pesos en efectivo; Antón Antón ganó mil 250 pesos; y para Sotelo Gallardo fueron mil pesos. A cada uno se le entregó, además, una medalla. Para el maestro asesor de los ganadores, en este caso el maestro Gómez Piñón, fueron tres premios: mil pesos por el primer lugar, 750 y 500 pesos para segundo y tercero, respectivamente. En otras ocasiones, alumnos del maestro Gómez Piñón se han llevado los primeros lugares; en esta ocasión, algunos de sus estudiantes lo reconocieron como un profesor que siempre los anima a seguir adelante, a confiar en sí mismos y a participar en estas olimpiadas con el único fin de adquirir nuevos conocimientos.

EL EXAMEN

XI OLIMPIADA ESTATAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA UGM-CICESE

SÁBADO 26 DE NOVIEMBRE DE 2005
ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

- Michael Dobbs, sobreviviente en la isla de Sri Lanka del tsunami del 26 de diciembre de 2004, deseando saber la hora exacta a la que llegó el tsunami a la ciudad de Matara, buscó y finalmente encontró un reloj en una de las casas afectadas, el cual dejó de funcionar a las 9:12 a.m. (9 horas y 12 minutos). Por otro lado, el informe del servicio sísmológico informó que el sismo ocurrió a las 6:59 a.m. hora local de Sri Lanka (6 horas y 59 minutos). ¿Cuánto tardó el tsunami en llegar de un lugar al otro, en horas?
a) 2.22 b) 2.12 c) 2.13 d) 2.11
- La isla de Sumatra es alargada con dimensiones un poco mayores que las de la península de Baja California. Tiene alrededor de 300 km de ancho, extendiéndose más o menos 800 km tanto al sur como al norte del ecuador. El epicentro del sismo se localizó:
a) al este de la parte norte de la isla
b) al este de la parte sur
c) al oeste de la parte sur
d) al oeste de la parte norte
- Estimar a dos cifras significativas la distancia, en un globo terráqueo o en un mapa, entre el sur de la isla de Sri Lanka y el lugar del epicentro del sismo que causó el tsunami.
a) 160 km b) 560 km c) 1,060 km d) 1,600 km
- Con los datos anteriores se puede estimar la velocidad del tsunami. La velocidad es, en km/h
a) 721 km/h b) 271 km/h c) 127 km/h d) 327 km/h
- Estimar a dos cifras significativas la distancia entre el lugar del epicentro del sismo de Sumatra del 26 de diciembre y la Cd. de Río de Janeiro, Brasil. Hacer la estimación a través del sur de África. De preferencia utilizar un globo terráqueo porque los mapas por lo general distorsionan las distancias para puntos que se alejan del ecuador. Se sugiere considerar que la circunferencia de la Tierra ($C=2\pi R$) es aproximadamente 40,000 km. Si se divide esta cantidad entre 360 grados, se obtiene 111 km/grado. Con una hoja de papel o con un hilo, medir por segmentos (siempre en el mar) la distancia requerida. Una vez que se tenga el recorrido completo, colocar la hoja o el hilo sobre el ecuador, tomando como origen el meridiano cero. Los grados resultantes se multiplican por 111 km/grado y se tiene la distancia en km. ¿Cuál es esta distancia?
a) 12,000 km b) 6,000 km c) 22,000 km d) 15,000 km
- Hacer lo mismo para el puerto de Manzanillo, Colima, México. En este caso el camino efectivo más cercano es por el sur de Australia (ver la animación global del tsunami). ¿Cuál es la distancia?
a) 12,000 km b) 21,000 km c) 15,000 km d) 35,000 km
- El tsunami (ojo: se dice tsunami, no surimi) del sismo de Sumatra del 26 de diciembre fue un fenómeno global que afectó de una u otra forma a poblaciones costeras alrededor de todo el mundo (ver la animación global). En Brasil, si bien no hubo decesos, el agua llegó a inundar casas de pescadores cerca de las playas. Seguramente los pescadores y sus familias se enteraron a través de los medios de comunicación sobre los efectos devastadores del tsunami en el Océano Índico, sin imaginarse que en algunas horas la ola llegaría hasta Brasil. Con la velocidad estimada en la pregunta 4 calcular el tiempo en horas que le tomó al tsunami llegar a Brasil por el sur de África.
a) 12 horas b) 15 horas c) 16 horas d) 21 horas
- En general, la altura de los tsunamis en un punto particular de la costa, depende no sólo de la distancia y de la magnitud del evento, sino también de condiciones locales como la pendiente del fondo marino cerca de la costa. También influye la dirección de la ola, así como la forma particular de entrada y salida del agua en el caso de puertos con entradas estrechas. Manzanillo es uno de esos puertos en donde por las condiciones locales estos fenómenos se tienden a amplificar. De hecho el tsunami causó erosión en el puerto por la entrada y salida de olas anormalmente altas muchas veces al día, particularmente a la hora de marea alta. En algunos informes encontrarán que en Manzanillo el tsunami alcanzó más de 1 m de altura (medida de mínimo a máximo). ¿Cuál fue la altura reportada?
a) 1.6 m b) 2.2 m c) 2.6 m d) 6.2 m
- Aunque se esperaba un efecto más o menos fuerte en Manzanillo, el reporte de los primeros días que se difundió a nivel internacional estaba equivocado, pues no se trataba de metros sino de pies (el error no lo cometimos los mexicanos, se cometió en la central internacional a donde llegan automáticamente vía satélite datos de todo el mundo). Convirtiendo a pies lo reportado en metros la altura es de:
a) 2.6 m b) 5.2 m c) 0.79 m d) 6.2 m
- Con la velocidad del tsunami estimada en la pregunta 4 calcular el tiempo en horas que le tomó al tsunami llegar a Manzanillo por el camino efectivo más corto (por el sur de Australia).
a) 29 horas b) 23 horas c) 19 horas d) 15 horas
- En el mundo existen muchas estaciones que registran continuamente el nivel del mar. Las variaciones principales se deben al efecto diario de las mareas, las cuales son causadas por la Luna y el Sol. En el registro del nivel del mar en la

estación de Arrabal do Cabo, Río de Janeiro, Brasil, se pueden observar estas variaciones para días antes y después del sismo. Se puede observar que el efecto del tsunami se suma o se resta, según sea el caso, a las variaciones de la marea. Estimar la variación debida al tsunami en centímetros.

- a) 15 b) 35 c) 55 d) 95

12. Por lo general es difícil a simple vista separar los efectos en la gráfica de los dos tipos de fenómenos. Por ello es que los especialistas diseñan formas para filtrarlos o separarlos y así estudiar a cada uno por separado. En este caso se trata de una simple resta de los dos efectos. En el registro filtrado se puede apreciar claramente no sólo el efecto de la amplitud sino también el de la duración del efecto del tsunami. Se puede apreciar que no se trata de una sola llegada de la onda, sino que el mar sigue oscilando por muchas horas. Estimar en el registro filtrado el número de horas que le tomó al mar volver a su movimiento normal anterior al tsunami.
- a) 36 b) 17 c) 9 d) 6
13. En el registro filtrado de la estación de Manzanillo realizado por Modesto Ortiz del CICESE, se puede observar con mayor claridad la altura máxima (pico a pico) del tsunami de Sumatra de 2004. Según se reporta en este estudio la altura máxima se alcanzó varias horas después del primer arribo del tsunami. ¿Cuántas horas?
- a) 3 b) 6 c) 8 d) 11
14. ¿Cuál fue la altura máxima que alcanzó el tsunami en San Diego?
- a) 2 cm b) 12 cm c) 22 cm d) 62 cm
15. ¿Cuál fue la altura máxima que alcanzó el tsunami en Cabo San Lucas, Baja California Sur?
- a) 24 cm b) 42 cm c) 12 cm d) 1 cm
16. ¿De que magnitud fue el sismo de Sumatra del 26 de diciembre de 2004?
- a) 7 b) 8 c) 9 d) 10
17. ¿En que país ocurrió el sismo más grande que jamás se haya registrado con instrumentos?
- a) Estados Unidos b) Japón c) Indonesia d) Chile
18. Un tsunami es un tren o serie de ondas u olas en el mar que se producen por perturbaciones verticales en la columna de agua en el océano. Estas perturbaciones pueden ser producidas por sismos, erupciones volcánicas, deslizamientos de tierra o incluso por meteoritos. En el caso de sismos el efecto no es tanto producido por las vibraciones mismas del temblor, sino por un desplazamiento efectivo del fondo marino, ya sea hacia arriba o hacia abajo. El agua en superficie tiende por gravedad a nivelarse a sí misma, pero no lo puede hacer sin perturbar las áreas adyacentes, y así las adyacentes con las otras adyacentes, etc... y en menos que canta un gallo ya se formó una ola viajera. Si la perturbación es suficientemente rápida y comprende un área considerable la incipiente ola se convierte en un tsunami. La palabra tsunami es de origen japonés y está compuesta de dos vocablos: "tsu" y "nami", los cuales significan, respectivamente:

- a) sube y baja b) puerto y ola
c) ola y alta d) destrucción y ola

19. Las olas que se ven todos los días a lo largo de las costas de California y de la Península de Baja California se producen por el efecto del viento mar adentro en el Océano Pacífico. El ritmo de las olas depende del régimen de vientos y puede variar, pero cada región tiene un ritmo más o menos regular que se considera normal para esa parte del planeta. En el caso de Baja California y California: ¿Cuántas olas llegan normalmente a la playa cada minuto?
- a) 1 b) 2 c) 3 d) 6
20. Una ola de tsunami difiere en muchos sentidos de una común producida por el viento. Una de las diferencias es la frecuencia con que llegan a la playa. La creencia general es que se trata de una sola ola: el tsunami. Sin embargo, en realidad el mar sigue oscilando más o menos regularmente por un tiempo y con cierto ritmo, y en muchas regiones la primera ola no es la más alta. ¿Cuál es la frecuencia típica de un tsunami?
- a) una ola por hora b) 10 olas por hora
c) 20 olas por hora d) 30 olas por hora
21. Tsunamis con gran poder destructivo no son muy comunes. Se estima que ocurren sólo alrededor de 6 cada 100 años en todo el planeta. Esto significa que en promedio en la Tierra ocurre un tsunami de gran magnitud cada determinada número de años. ¿Cada cuántos años?
- a) 6 b) 12 c) 17 d) 23
22. Las olas además de caracterizarse por su frecuencia también poseen una longitud de onda característica. ¿Cuál es la típica longitud de onda de las olas comunes que llegan a las costas de Baja California?
- a) 1000 m b) 500 m c) 400 m d) 100 m
23. ¿Cuál es la longitud de onda típica en alta mar de un tsunami?
- a) 700 km b) 700 m c) 7.2 km d) 700 pies
24. Estamos tan acostumbrados a ver que las olas que llegan a la costa lo hagan perpendicularmente a la playa, que por lo general lo damos por un hecho, esto es, por algo que no requiere de ningún análisis ni explicación. Sin embargo, también es un hecho que de alta mar llegan olas en todas las direcciones, por lo que debe haber algo que las haga alinearse para terminar perpendicularmente a la playa. Ese algo es un comportamiento propio de las ondas que las hace cambiar de dirección en determinadas circunstancias. ¿De qué fenómeno se trata?
- a) reflexión b) refracción c) difracción d) normalización
25. Si bien en muchos sentidos los tsunamis y las olas comunes difieren en algunos aspectos, ambos fenómenos necesariamente tienen mucho en común, pues después de todo se trata en los dos casos de ondas en el mar. Una de las cosas que tienen en común es que cuando se acercan a la costa su velocidad cambia con respecto a la que tenían en alta mar. ¿Aumenta o disminuye la velocidad? O tal vez no cambia.
- a) no cambia b) aumenta c) disminuye d) no aplica

26. Para saber cómo varía la velocidad de una ola al acercarse a la costa, se le podría observar desde un acantilado, seguirla en una embarcación u observarla desde un avión. Sin embargo, para el caso que nos ocupa no es necesario nada de esto, aunque no sería mala idea hacerlo alguna vez. Una de las cosas más fascinantes de la ciencia es conectar unos hechos con otros, de tal forma que conociendo uno de ellos se puedan derivar o deducir los demás. De hecho eso es lo que es la ciencia. La ciencia no es simplemente un conjunto de conocimientos aislados que hay que aprender uno por uno. El poder de la ciencia deriva de que esos conocimientos están organizados, y de que uno puede deducir, partiendo de pocos principios o leyes, hechos conocidos y por conocer, sin tener que verlos directamente. O sea que podemos predecir. El caso que nos ocupa es muy simple pero ejemplifica esta conexión. El saber, por haberlo observado, que las olas llegan perpendicularmente a la playa a pesar de que se aproximan a ellas de todas las direcciones, implica una de las tres opciones:
- que su velocidad aumenta al acercarse a la playa,
 - que su velocidad disminuye, o bien
 - que no hay variación.
27. Para reconocer la conexión imaginen una ola que se aproxima oblicuamente a la playa, y consideren las opciones. En una de ellas la ola gira para alinearse a lo largo de la playa, en otra para dirigirse normal o perpendicularmente a la playa, y en la otra no gira. Obviamente la respuesta correcta es la que corresponde al caso que lleva a que las olas lleguen normalmente a la costa. ¿Cuál de las opciones conduce al hecho real?
- aumento de la velocidad
 - disminución de la velocidad
 - misma velocidad
28. En cualquier fenómeno existen cantidades que cambian y otras que no cambian. En el caso de las olas del mar ¿Cuál de las siguientes variables o cantidades no cambia en el proceso de pasar de alta mar a la playa?
- altura
 - frecuencia
 - longitud de onda
 - velocidad
29. Al acercarse una ola de alta mar a la playa su longitud de onda:
- disminuye
 - aumenta
 - no varía
 - no aplica
30. Los cambios que sufren las olas al pasar de alta mar a la playa se deben a que:
- los vientos en la playa son diferente
 - la profundidad del mar disminuye
 - el efecto de la Luna es mayor en la playa
 - la playa es de arena
31. Para muchos fines prácticos sería muy útil tener una fórmula o receta que nos dijera cómo se combinan las diferentes cantidades o variables que intervienen en la caracterización de una ola. Esta fórmula existe y fue obtenida más de 100 años aplicando las leyes de Newton al movimiento de perturbaciones en el agua. Este tipo de fórmulas no se encuentran experimentalmente o con base en observaciones. Se descubren haciendo análisis matemáticos del comportamiento de una perturbación en el mar. Del análisis resulta que en la superficie del agua se pueden propagar ondas y se despeja la velocidad. La velocidad queda expresada en términos de la gravedad, de la longitud de onda de la ola y de la profundidad del mar. En la fórmula aparece una función trigonométrica parecida a las que se ven en la preparatoria, pero con una “h” al final que significa hiperbólica. De qué función se trata:
- sinh
 - cosh
 - tanh
 - csch
32. A pesar de que los científicos tienen fama de que les gustan las cosas complicadas, en realidad siempre buscan simplificarlas, no sólo para explicarlas a los demás, sino principalmente para entenderlas ellos mismos. Como ejemplo tenemos que raramente utilizan la fórmula mencionada anteriormente, prefiriendo utilizar dos formas particulares de la misma que se aplican en situaciones diferentes. La fórmula general es válida para todas las profundidades y longitudes de onda, pero se reduce a una forma muy simple cuando se considera que el mar es muy profundo. La fórmula resultante es: $(\text{velocidad})=(1.6)\times(\text{periodo})$. Con el periodo en segundos la velocidad resulta en m/s. Si el periodo de la ola es de 10 s: ¿Cuál es su velocidad en km/h?
- 28
 - 38
 - 48
 - 58
33. La fórmula anterior no nos dice cuál es la longitud de onda de la ola. Para saber la longitud de onda podemos aplicar la fórmula: $(\text{longitud de onda})=(\text{velocidad})\times(\text{periodo})$, la cual es válida en general para todas las ondas independientemente de la profundidad del mar (esta fórmula es válida en general pues es una versión de la bien conocida $d=vt$). Utilizar la velocidad calculada en la pregunta anterior y el periodo supuesto de 10 s para calcular la longitud de onda. ¿Cuál es la longitud de onda?
- 1.6 m
 - 16 m
 - 160 m
 - 1,600 m
34. Aunque a simple vista parece que una ola transporta agua en la dirección en que se mueve, en realidad el agua no se mueve tanto como parece. El agua se mueve hacia arriba y hacia abajo, y también hacia adelante y hacia atrás, como lo pueden comprobar observando un objeto flotando entre las olas (existe flujo neto de agua hacia la playa sólo cuando las olas empiezan a romper). En las olas el agua vuelve a su mismo lugar después de cada periodo. En su vaivén vertical y horizontal el agua describe una figura geométrica muy familiar en el caso que nos ocupa. Para las olas comunes en alta mar: ¿De qué figura geométrica se trata?
- trébol
 - corazón
 - círculo
 - cuadrado
35. La figura geométrica que describe el agua en la superficie también se reproduce a profundidad, pero su tamaño es cada vez más pequeño según aumenta la profundidad. La profundidad a la que el agua casi no se mueve depende de la longitud de onda de la ola. A mayor longitud de onda mayor es la profundidad a la que se sigue moviendo el agua. Por convención se escoge una profundidad a la que ya no hay movimiento como una fracción de la longitud de onda. ¿Qué fracción?
- 1/2
 - 1/3
 - 1/4
 - 1/5

36. En la pregunta 32 se determinó la longitud de onda de una ola de 10 s de periodo para el caso de un océano muy profundo. A este tipo de olas se les conoce como olas de agua profunda, porque las perturbaciones prácticamente no llegan al fondo del océano. Según el criterio de aguas profundas de la pregunta 35, la ola de la pregunta 32 puede ser considerada en esta categoría dependiendo de la profundidad del mar. Si el mar tiene una profundidad de 100 m: ¿Sería considerada una ola de aguas profundas?
a) sí b) no c) queda ambigua d) no aplica
37. En los océanos pueden coexistir diversos tipos de olas, sobreponiéndose y pasándose unas a otras según su rapidez. Está la ola de marea con periodo de 12 horas, las de tsunami con periodos típicos de 1 hora, las producidas por los vientos con periodos entre 1 y 30 segundos, y las llamadas ondas capilares que poseen longitudes de onda de pocos centímetros y que tienen periodos menores de 1 segundo. La fórmula descrita anteriormente se aplica a las olas producidas por el viento mientras permanecen en alta mar. Buena parte de estas olas se producen durante tormentas en alta mar, llegando a la playa tiempo después de acuerdo a su velocidad. Las personas que practican surfing están atentas al desarrollo de estas tormentas y esperan la llegada de buenas olas un tiempo después. Si en una tormenta determinada se producen olas de 5 y 15 segundos de periodo: ¿Cuáles llegarán primero a la playa?
a) llegan al mismo tiempo b) las de 5 s de periodo
c) las de 15 s de periodo d) nunca llegan
38. En la fórmula $(\text{velocidad}) = (1.6) \times (\text{periodo})$ que utilizamos en las últimas preguntas en relación con olas de aguas profundas, el factor 1.6 proviene de dividir la aceleración de la gravedad $g = 9.8 \text{ m/ss}$ entre $2\pi = 2 \times (3.1416)$. El hecho de que la velocidad de las olas dependa del valor de la gravedad no es fortuito. De hecho la fuerza de la gravedad es la fuerza que hace que el agua que sube vuelva a bajar, y la que baja vuelva a subir porque es empujada por la que ya subió. En un planeta donde la fuerza de gravedad sea el doble de lo que es en la Tierra, ¿Cuál sería la velocidad en km/h de las olas de aguas profundas de periodo 10 segundos?
a) 56 b) 76 c) 96 d) 116
39. Así como existe una fórmula muy sencilla para las olas que prácticamente no sienten el fondo porque se atenúan con la profundidad, también existe una fórmula para la velocidad de las olas que prácticamente no se atenúan con la profundidad. Esto es, para ondas cuya longitud de onda es grande comparada con la profundidad del mar. A estas olas se les llama de aguas someras. La fórmula en este caso es $(\text{velocidad}) = \text{raíz cuadrada de } (gh)$, donde g es la aceleración de la gravedad y h es la profundidad del mar. Veamos cual es la velocidad en km/h de una ola que se propague en un océano que tenga una profundidad de 4,000 m. ¿Cuál es su velocidad?
a) 713 b) 363 c) 181 d) 93
40. La velocidad que se obtiene es del mismo orden que la obtenida en la pregunta 4 para la velocidad del tsunami del 26 de diciembre de 2004. En la pregunta 4 la velocidad se obtiene como un resultado empírico, correcto y verdadero, que puede ser complementado con lo que da la teoría. Podemos plantear como hipótesis que el tsunami es una ola de aguas someras. Si esto es así entonces la teoría debe ser compatible con todo lo que se sepa de los tsunamis. Lo primero que se requeriría para empezar a aceptar la teoría es explicar porqué el resultado empírico es un poco mayor que el teórico. Aceptando la teoría como correcta tendríamos que revisar alguno de los supuestos y cuestionarlos un poco. Por ejemplo, tal vez la profundidad promedio del mar en el área de aplicación no sea de 4,000, como se supuso en los cálculos. El valor de 4,000 m es el promedio de todos los océanos del mundo. Para que la teoría resulte correcta tendríamos que revisar y comprobar que en el área de estudio la profundidad del mar es:
a) igual a 4,000 m b) menor que 4,000 m
c) mayor que 4,000 m d) no aplica
41. Otra cosa que tendríamos que revisar es si los tsunamis cumplen con el supuesto básico de olas de aguas someras. Esto es, si su longitud de onda es mayor que la profundidad. Para revisar este supuesto podemos utilizar el hecho de que el periodo de los tsunamis es típicamente de 1 hora, como lo pueden comprobar en cualquiera de los registros disponibles. Con la velocidad empírica de la pregunta 4 y con el periodo también empírico, y utilizando la fórmula universal para ondas (recuerden $d = vt$), la longitud de onda del tsunami es de:
a) 760 m b) 7,210 m c) 72 km d) 721 km
42. ¿Es la longitud de onda obtenida empíricamente mayor que la profundidad media del mar?
a) no b) es igual c) sí d) no aplica
43. Si en lugar de 1 hora de periodo utilizamos media hora, como muestran algunos registros, ¿Cuál sería la longitud de onda?
a) 380 m b) 3,800 m c) 38 km d) 360 km
44. ¿Se cumpliría en el caso del periodo de media hora la condición básica de olas de aguas someras?
a) no b) es igual c) sí d) no aplica
45. Si empujamos el periodo hasta 6 minutos, ¿Se cumpliría la condición básica de ondas de aguas someras?
a) no b) es igual c) sí d) no aplica
46. Según las comprobaciones anteriores, ¿Serán los tsunamis olas de aguas someras? Nota: El calificativo de aguas someras puede ser confuso en el sentido de que sugiere que las olas existen solamente en aguas someras. Paradójicamente, los tsunamis se originan y se desplazan en aguas bastante profundas. En realidad el término de aguas someras hace alusión a que, como en aguas someras, todo la columna de agua vibra igualmente, y que la ola tiene tanta energía en la superficie como en el fondo del mar. De nuevo: ¿Serán los tsunamis olas de aguas someras?
a) no se puede saber b) no c) sí d) no aplica
47. El domingo 22 de mayo de 1960 ocurrió el sismo de mayor magnitud que se haya registrado jamás desde que contamos con aparatos para medir sismos. ¿De que magnitud fue este temblor?
a) 8.5 b) 9.5 c) 9.9 d) 10.5

48. ¿En qué país ocurrió este sismo?
a) Australia b) Italia c) Japón d) Chile
49. El tsunami producido por este sismo causó muertes en varios países del mundo. ¿Cuántas personas murieron en Japón por este tsunami?
a) 2 b) 20 c) 200 d) 2,000
50. El tsunami causado por este sismo viajó miles de kilómetros hasta llegar a Japón: ¿Cuántos miles de kilómetros?
a) 5 b) 10 c) 16 d) 35
51. Altsunami de las preguntas anteriores le tomó muchas horas para llegar del lugar de origen hasta Japón. ¿Cuántas horas le tomó?
a) 7 b) 14 c) 22 d) 40
52. ¿Cuál fue la velocidad media del tsunami en su recorrido anterior?
a) 780 km/h b) 727 km/h c) 870 km/h d) 277 km/h
53. Usando la fórmula de la velocidad de un tsunami en términos de la profundidad, despejar la profundidad y, utilizando la respuesta a la pregunta anterior, calcular la profundidad media del Océano Pacífico. Nota: Qué gran fórmula que les permite estimar la profundidad de un océano sin tener que medirla directamente.
a) 4,003 m b) 4,031 m c) 4,061 m d) 4,161 m
54. Volviendo a las olas comunes que forma el viento y que continuamente llegan a la playa, existen fenómenos asociados con ellas que es muy conveniente saber cuando se mete uno al agua. Uno de esos fenómenos se conoce como corrientes de retorno o “rip currents”, y se presenta en playas en donde las olas llegan a romper, o sea en prácticamente todas las playas. Antes de romper, las olas sólo transportan energía, no existe flujo neto de agua a lo largo de su recorrido. Sin embargo, cuando rompen se puede observar que efectivamente lanzan agua a la playa. Por lo general el agua no tiene tiempo de retornar al mar porque se ve empujada por una nueva ola que acaba de romper, y así en la misma forma para varias olas. El resultado es que se acumula agua entre la playa y la zona donde rompen las olas, agua que está de más y que tarde o temprano deberá volver mar adentro. En alguna parte el equilibrio se rompe y se establece una corriente de retorno más o menos perpendicularmente a la playa. Estas corrientes son muy peligrosas para los bañistas. Las estadísticas muestran que un buen porcentaje de los rescates por parte de los servicios de salvavidas en las playas están directamente asociados a estas corrientes. ¿Cuál es el porcentaje?
a) 20 b) 40 c) 50 d) 80
55. ¿Cuál es el ancho típico de las corrientes de retorno?
a) 1-3 m b) 5-10 m c) 15-30 m d) 50-100 m
56. ¿En qué dirección se recomienda nadar si uno se encuentra llevado mar adentro por una corriente de retorno?
a) hacia la playa b) hacia mar adentro
c) paralela a la playa d) sumergirse
57. En la página del USGS sobre la actividad sísmica reciente en el mundo, localizar un sismo en la misma área que el de Sumatra del 26 de diciembre de 2004 y amplificar sucesivamente hasta llegar al sismo particular. Aparecerá entonces toda la información sobre el sismo elegido, así como ligas para acceder a la actividad sísmica histórica de esa región. Activar la liga sobre la actividad histórica del área y examinar las localizaciones y las profundidades de los sismos ocurridos desde 1990 a la fecha. Notarán que hay sismos someros y profundos, y que estos siguen un patrón tal que a los someros les siguen lateralmente sismos más profundos y así hasta los de más de 150 km de profundidad. Los sismos al parecer se sitúan sobre un plano inclinado. Los científicos interpretan esto como una placa que se está hundiendo en el manto. Los sismos se producen por la fricción entre la placa que se está hundiendo y la que está enfrente, así como por la fricción en el manto. ¿En qué dirección se está hundiendo la placa según el patrón de sismos?
a) noreste (NE) b) noroeste (NO)
c) suroeste (SO) d) sureste (SE)
58. Además de la dirección de hundimiento se puede estimar más o menos la pendiente del plano inclinado sobre el cual se localizan los sismos. Recuerden que 1 grado en esa área equivale a 111 km. La escala de profundidad no es muy precisa porque los colores incluyen profundidades entre rangos más o menos amplios. Por lo tanto sólo se puede estimar la pendiente a lo más con una cifra significativa. ¿Cuál es la pendiente en grados?
a) 10 b) 20 c) 40 d) 80
59. En la Tierra existen varias regiones donde dos placas tectónicas convergen como en el caso anterior, hundiéndose una bajo la otra. Para localizar estas regiones acceder a la misma página del USGS sobre actividad sísmica reciente en el mundo, pero en lugar de proceder a revisar los sismos de los últimos 8 días, bajar por el lado izquierdo de la página y acceder a la liga “Past & Historical Earthquakes”. Seleccionar después “World-Maps Only” y después “World”. Aparecerá un mapa mundial con la distribución espacial de los sismos de 1990 al 2000, con los mismos colores que antes para distinguir las diferentes profundidades. Podrán observar que en el mundo existen muchas regiones con patrones de sismos muy parecidos al que vieron en Sumatra. Estas regiones se conocen como zonas de subducción, y por lo general se encuentran en el mar o cerca de las costas. Se tiene además, en relación con los tsunamis, que a diferencia de los otros dos tipos de fronteras entre placas (que veremos más adelante), es precisamente éste el que produce más tsunamis. ¿Cuál de los océanos del mundo tiene más zonas de subducción según se aprecia en los patrones de sismos?
a) Índico b) Atlántico c) Ártico d) Pacífico
60. Volver atrás en la página anterior y seleccionar, en lugar de “World”, “South-Atlantic Ocean”. Encontrarán que más o menos a 60 grados de latitud (ojo: no longitud) sur existe una zona con el mismo patrón de sismos que el que existe en Sumatra. ¿En qué dirección se está dando la subducción en esta zona?
a) norte b) sur c) este d) oeste

61. En el Océano Atlántico existe otra zona de subducción (volver al mapa mundial). ¿En donde se encuentra?
- a) Atlántico Norte b) En Islandia
c) En el Caribe d) Entre Brasil y África
62. En México también existe el fenómeno de subducción. Seleccionar la opción de América Central y del Caribe para ver en detalle la distribución de sismos y sus profundidades. ¿En cuál de los siguientes estados de la república existe el fenómeno de subducción?
- a) Baja California b) Yucatán c) Tamaulipas d) Chiapas
63. ¿En qué dirección, según el patrón de sismos, se esta dando la subducción?
- a) NO b) SO c) SE d) NE
64. En primera instancia podría pensarse que en los procesos de subducción la Tierra se devora a sí misma, pues una placa que antes formaba parte de su superficie termina por ser consumida y pasa a formar parte del manto de la Tierra. Y de hecho así es, pero ésta no es toda la historia. Se ha observado que sobre las zonas de subducción existen muchos volcanes activos, y todavía muchos más que ya no son activos, pero que en una época remota lo fueron. De hecho, los que ya no son activos muchos ni siquiera tienen la forma de volcán, porque con el tiempo se erosionaron y el material erosionado llenó los espacios entre unos y otros. Montañas como los Andes en América del Sur así fue como se formaron. Los científicos han encontrado que los volcanes son parte de la placa que se está hundiendo. Se sabe que la temperatura en la Tierra aumenta con la profundidad, por lo que a determinada profundidad se debe alcanzar la temperatura a la que se funde la roca de la placa. La roca fundida asciende poco a poca hacia la superficie, y termina por formar volcanes que, como el Popocatepetl y el Volcán de Colima, continuamente alarman a la población. ¿A qué profundidad estiman los científicos que se funden las placas?
- a) 10 km b) 30 km c) 60 km d) 100 km
65. Como resultado de los procesos de subducción los continentes se hacen cada vez más grandes. Las placas que se hunden son siempre placas oceánicas, las cuales son más densas que las rocas de los continentes. Al fundirse a profundidad las rocas de la placa, los minerales menos densos son los que ascienden a la superficie, estableciéndose así una diferenciación natural y estable: lo más denso abajo y lo menos denso arriba. El crecimiento de los continentes es tan lento que no es apreciable. En algunos lugares una placa oceánica se hunde bajo otra placa oceánica, dando como resultado que los volcanes aparezcan como islas. Un ejemplo de esto es la isla: (deducir la respuesta con base en el patrón típico de la distribución de sismos en una zona de subducción)
- a) Islandia en el Atlántico Norte
b) Hawai en el Pacífico
c) San Vicente en el Caribe
d) Isla Mujeres en el Caribe
66. Las placas tectónicas de la Tierra se mueven constantemente unas con respecto a otras, impulsadas por procesos térmicos en el interior del planeta. Al moverse, naturalmente chocan unas con otras. Uno de los resultados de estos choques es la aparición de zonas de subducción, en donde una placa termina por hundirse bajo otra, estableciendo de paso un patrón de sismos que anuncia y denuncia su misma existencia y que permite que nosotros nos demos cuenta de lo que está pasando. Además de choques frontales en los que una de las placas termina por ceder y hundirse bajo la otra, existe la posibilidad de que las placas simplemente se deslicen lateralmente una al lado de la otra. La fricción entre las placas de todas formas genera sismos, como lo comprueba la existencia de sismos en California y Baja California, en donde existe una frontera de este tipo. En esta zona los sismos ocurren en el rango de profundidades de:
- a) 0 a 35 km b) 35 a 70 km
c) 70 a 150 km d) 150 a 300 km
67. Si entre las placas tectónicas sólo existieran fronteras convergentes como las zonas de subducción, o de desplazamiento lateral como en California y Baja California, en el interior de la Tierra se estaría acumulando cada vez más materia y tarde o temprano nuestro planeta terminaría por explotar. Afortunadamente las cosas no son así. Se ha descubierto que también existen fronteras divergentes, en donde las placas se separan y nuevo material de manto se incorpora a las placas, haciéndolas más grandes, de tal manera que existe un equilibrio entre lo que el manto de la Tierra devora en las zonas de subducción, y lo que el manto devuelve en otras partes haciendo crecer las placas. Se trata de un fenómeno global que, hasta donde sabemos, esta más o menos en equilibrio, de tal manera que la Tierra como planeta ni aumenta ni disminuye de tamaño. La zona más impresionante donde se expulsa material del manto se sitúa en la mitad del Atlántico, prácticamente de polo a polo. Este fenómeno es responsable de que América se haya separado de Europa y África hace millones de años, y de que se siga separando actualmente. El mismo fenómeno es responsable de la apertura del Mar de Cortés. En esta zona los sismos ocurren en el rango de profundidades de:
- a) 0 a 35 km b) 35 a 70 km
c) 70 a 150 km d) 150 a 300 km
68. Los tsunamis son muy rápidos, pero todavía más rápidos son las ondas sísmicas que viajan por la parte sólida de la Tierra. Las llamadas ondas P son las que llegan primero, y pueden servir de aviso de que posiblemente se acerque un tsunami. El tsunami del 26 de diciembre de 2004 llegó en poco más de dos horas a la isla de Sri Lanka. ¿Cuánto tardaron las primeras ondas P generadas por el terremoto en llegar a Sri Lanka? Para responder a esta pregunta, seleccionar un terremoto reciente en el área de Sumatra y proceder hasta las características del sismo, seleccionando en las opciones el tiempo de viaje teórico de las ondas P. En caso de que en estos días no haya ocurrido un sismo en esa región, pueden buscar en la misma página el temblor original del 26 de diciembre de 2004. La primera onda P tardó:
- a) 1 minuto b) 4 minutos c) 8 minutos d) 16 minutos
69. Conociendo la distancia entre el epicentro del sismo y la isla de Sri Lanka, así como el tiempo que tardan en llegar las

ondas P, podemos calcular la velocidad de estas ondas. ¿Cuál es esta velocidad?

- a) 2.2 km/s b) 3.3 km/s c) 6.6 km/s d) 9.9 km/s

70. Las ondas que llegaron primero a Sri Lanka viajaron por la parte más superficial de la parte sólida de la Tierra. Esto es, por el camino más corto entre el epicentro y la isla. Por lo tanto, la velocidad a la que se refiere la pregunta anterior corresponde a las rocas que se encuentran inmediatamente bajo el mar. Para conocer la velocidad a la que viajan las ondas a profundidades mayores es necesario escoger puntos más distantes. Como vivimos sobre una esfera, la distancia más corta entre puntos cada vez más distantes penetra cada vez más en la Tierra. Calculando velocidades de esta manera, los científicos descubrieron hace muchas décadas que la Tierra no es homogénea y que tiene un núcleo externo líquido y otro interno sólido. Los cálculos para llegar a estas conclusiones son más o menos elaborados, pero hay un caso particular que es muy sencillo. Si consideramos que el camino más corto entre un epicentro y su posición antípoda es una recta que pasa por el centro de la Tierra, podemos calcular la velocidad media de las ondas P en su viaje por el centro del planeta. Para esto necesitamos primero saber el tiempo que tardan las ondas en cruzar la Tierra. Utilizando el mismo diagrama que en el caso anterior, estimar este tiempo. El tiempo es:

- a) 10 minutos b) 20 minutos c) 30 minutos d) 40 minutos

71. Si ahora utilizamos como distancia el diámetro de la Tierra, la velocidad promedio a través de toda la Tierra es, como era de esperarse, mayor que en la superficie. La velocidad promedio es:

- a) 10.6 km/s b) 15.6 km/s c) 18.6 km/s d) 20.6 km/s

72. Así como existen patrones en la distribución geográfica de sismos en la Tierra, también existen patrones en cuanto a su distribución en el tiempo. Entre más pequeños ocurren más, y sismos de gran magnitud ocurren menos frecuentemente. Según las estadísticas: ¿Cuántos sismos de magnitud igual o mayor de 8 ocurren anualmente en la Tierra?

- a) 1 b) 2 c) 3 d) 4

73. ¿Cuántos sismos de magnitud 7 a 7.9 ocurren anualmente?

- a) 4 b) 8 c) 17 d) 34

74. ¿Cuántos sismos de magnitud 6 a 6.9 ocurren anualmente?

- a) 18 b) 56 c) 93 d) 134

75. Identificar un sismo en la parte norte de la Península de Baja California o en el sur de California, acceder a la información histórica del área y contar los sismos de magnitud mayor de 7 que han ocurrido en Baja California en el área de Mexicali. ¿Cuántos son?

- a) 1 b) 2 c) 3 d) 4

76. A principios de octubre de 2005 ocurrió un sismo en Pakistán que afectó también a la India y a Afganistán, causando casi 100,000 muertes. En esta parte del mundo dos placas tectónicas están en colisión permanente desde hace millones de años. Se trata en este caso de dos continentes.

En un principio se trataba de subducción normal de corteza oceánica de mayor densidad bajo corteza continental. Sin embargo, en la misma placa estaba montada la India la cual terminó por chocar con el otro continente (ver animación de los últimos 750 millones de años en "Plate Tectonics"). El proceso normal de subducción se detuvo porque ambas masas continentales son más o menos de igual densidad. Ahora, en lugar de movimiento vertical hacia abajo existe movimiento vertical hacia arriba: por eso existen aquí las montañas más altas del mundo, y dicho sea de paso, siguen aumentando de altura. ¿De qué magnitud fue el sismo?

- a) 7.6 b) 8.6 c) 9.6 d) 10.6

77. Vivimos rodeados de aire. De hecho, vivimos en el fondo de un gran mar de aire que alcanza varios kilómetros de altura, y al igual que sucede en el océano, la mayor presión está en el fondo. El fondo por lo general se considera que es el nivel del mar, y ese mismo nivel se toma como referencia para expresar alturas y profundidades en la Tierra. La presión atmosférica al nivel del mar es de 1013.25 mb (milibares). Además del valor mismo de la presión, el nivel del mar también se caracteriza por el cambio de presión que se experimenta al aumentar la altura. La disminución de presión por metro es:

- a) 0.01 mb/m b) 0.1 mb/m c) 1 mb/m d) 10 mb/m

78. Hay lugares en la Tierra que están bajo el nivel del mar. El más espectacular es el Mar Muerto, el cual se encuentra a 400 m (400!!!) bajo el nivel del mar. En este caso la presión aumenta al descender hasta sus aguas. ¿Cuánto aumenta la presión?:

- a) 0.4 mb b) 4 mb c) 40 mb d) 400 mb

79. Un huracán podría compararse con una gigantesca aspiradora succionando aire húmedo del mar y elevándolo a grandes alturas en la atmósfera. La función de la aspiradora sería bajar la presión atmosférica para que el aire de los alrededores, el cual está a presión normal, sea empujado continuamente hacia el tubo. En un huracán la baja presión la causa el aire caliente. A menor presión mayor es la categoría del huracán. Además de la velocidad de los vientos, la presión es otro de los parámetros que generalmente se reportan en los noticieros. Antes de la temporada 2005 de huracanes el record en el Océano Atlántico era de 888 mb. Esta presión se midió en un huracán en 1988. ¿De qué huracán se trata?

- a) Gilberto b) Camila c) Hugo d) Mitch

80. El record en el Océano Atlántico de 888 mb se rompió en 2005 con la medición de 882 mb en uno de los huracanes de la presente temporada. ¿Cuál huracán?

- a) Katrina b) Rita c) Stan d) Wilma

81. El record mundial de la presión más baja que se haya medido al nivel del mar corresponde a un tifón (así les dicen a los huracanes en Asia) de la temporada 1979 en el Océano Pacífico Occidental. La medición se realizó alrededor de 1,600 km al este de las islas Filipinas. ¿Cómo se llamaba el Tifón?

- a) Zao b) Tip c) Wo d) Hao

82. Sabiendo la dirección en que se acerca un huracán, y el lugar donde uno mismo se encuentra, es posible saber la direc-

ción en que empezarán a soplar los vientos. Esto podría ser muy importante en un momento dado para poner particular atención a tal o cual lado de la casa, o bien para mover el auto al otro lado del árbol, para que no le caiga arriba. El huracán Wilma se acercó a Cancún desde el sur. ¿En qué dirección se dieron los vientos en Cancún a medida que se acercaba el huracán?

- a) hacia el sur b) hacia el este
c) hacia el oeste d) hacia el norte

83. Uno de los primeros huracanes que causó daños en México en la temporada 2005 fue Emily. Este huracán que llegó a categoría 4 entró en julio pasado por San Fernando, Tamaulipas, perpendicularmente a la costa. ¿En qué dirección se dieron los vientos en Linares, N.L. a medida que se acercaba el huracán a esta ciudad?

- a) hacia el sur b) hacia el este
c) hacia el oeste d) hacia el norte

84. El huracán Stan causó severos daños en el sur de nuestro país, particularmente en Chiapas, y también en Guatemala. ¿Qué categoría alcanzó Stan?

- a) 1 b) 2 c) 3 d) 4

85. Los nombres de los huracanes de cada temporada se conocen de antemano. La lista se hace alternando nombres propios de mujer y de hombre que son comunes en la región. En el caso del Océano Atlántico se utilizan nombres en español, inglés y francés. Los nombres se repiten cada seis años, pero si en una temporada se presentan uno o más huracanes que hayan hecho mucho daño, esos nombres se retiran y se reemplazan por otros con la misma inicial. Seguramente no volverá a haber huracanes llamados Katrina o Wilma, y posiblemente tampoco Stan o Rita. Para que una perturbación atmosférica sea bautizada con un nombre propio debe cumplir con varios requisitos. Uno de ellos es que la perturbación esté más o menos organizada en la forma de ciclón (ciclo, rueda, giro), de allí el nombre genérico de ciclones tropicales que se les da a las depresiones tropicales, tormentas tropicales y huracanes. A las depresiones tropicales no se les da nombre. Solamente si se convierten en tormentas tropicales se les asigna uno de los nombres de la lista. Si después se convierte en huracán porque los vientos aumentan de velocidad se conserva el mismo nombre. La velocidad de los vientos de una tormenta tropical está en los límites:

- a) 25-61 km/h b) 62-117 km/h
c) 118-140 km/h d) 141-150 km/h

86. La marejada (“storm surge”) que produce un huracán es más que un simple incremento en la altura de las olas. En realidad es un incremento efectivo del nivel del mar en la zona afectada que puede alcanzar hasta 4 metros para un huracán de tan sólo categoría 3. Los diques que protegían a la ciudad de Nueva Orleans de inundaciones estaban diseñados para categoría 3, mientras que el Katrina llegó a categoría 5 mientras se acercaba a tierra, disminuyendo a 4 al pasar por un lado de la ciudad. Si bien es obvio que una marejada está asociada a la cercanía de un huracán, los mecanismos de cómo es que el huracán produce la marejada no son tan obvios.

Para descubrirlos podemos utilizar el método científico, lo cual no es otra cosa que aplicar el sentido común con cierto rigor. Si ya sabemos que en la zona del huracán hay un sistema de baja presión que hace que ascienda el aire, podemos proponer que el mecanismo es el mismo para el agua. Sin embargo, no basta con proponerlo y que el mecanismo sea plausible, como de hecho lo es. Hay que ponerle además un poco de rigor, estimando la altura que se esperaría con este mecanismo. Es muy fácil calcular, suponiendo equilibrio hidrostático, la diferencia de alturas cuando se conoce la diferencia de presiones, como se hace en los cursos de física con un tubo de Bernoulli. Suponer que la diferencia de presiones es del 10 % de la presión normal (categoría 5). (Ojo: la presión normal en el sistema mks es de 100,000 Newtons sobre metro cuadrado, $g = 9.8$ metros sobre segundo al cuadrado, y la densidad del agua es de 1,000 kilogramos por metro cúbico). La diferencia de alturas es de:

- a) 0.05 m b) 0.1 m c) 0.5 m d) 1.0 m

87. Como pudieron comprobar con los cálculos anteriores, el efecto de la diferencia de presión existe, pero no explica en su totalidad la altura que generalmente se observa en las marejadas, por lo que hay que buscar otra causa entre los fenómenos que componen al huracán. Podríamos proponer, por ejemplo, a la lluvia misma que al acumularse hiciera que el mar aumentase de nivel en el área del huracán. En caso de proponer este mecanismo habría que explicar, además, porqué el agua no se nivela como normalmente lo hace. De cualquier forma: ¿Se tiene noticia de que la lluvia en alguna parte del mundo haya alcanzado varios metros de altura en unas horas? (los ríos no cuentan):

- a) sí b) no c) no se aplica d) no se aplica

88. Otra hipótesis es que los vientos al soplar en una misma dirección continuamente por varias horas, puedan acumular y acarrear suficiente agua para producir las marejadas que observamos. Según esta hipótesis, la más aceptada, las marejadas que se producen alrededor del huracán no son simétricas. Si el huracán como tal no se mueve de lugar, los vientos tangenciales tienen más o menos la misma velocidad a su alrededor, por lo que serán simétricas. Sin embargo, si el huracán se mueve en determinada dirección, los vientos en esa misma dirección aumentan de velocidad. El huracán Emily, ya de categoría 3, entró perpendicularmente a tierra a la altura de San Fernando, Tamaulipas. Según la hipótesis de los vientos, la marejada debió ser mayor, y de hecho lo fue:

- a) al este de San Fernando b) al oeste de San Fernando
c) al norte de San Fernando d) al sur de San Fernando

89. En el Océano Pacífico también ocurren huracanes. ¿En 2004, cual fue el único huracán que afectó a la Península de Baja California? Revisar las trayectorias de todos los huracanes del 2004.

- a) Otis b) Paulina c) Julia d) Javier

90. La zona costera del norte de Baja California y parte de California experimentan un clima con pocas lluvias y más o menos caluroso en verano, e inviernos moderados y con lluvias, creando el clima perfecto para el cultivo de la vid y de

- aceitunas. A este tipo de clima se le conoce con el nombre de mediterráneo, en alusión al Mar Mediterráneo en cuyos alrededores se concentra gran parte de los territorios que existen en la Tierra con este tipo de clima. En realidad existen muy pocos lugares del planeta con este tipo de clima. ¿Qué porcentaje de la superficie de la Tierra (excluyendo los océanos) tiene clima mediterráneo?
- a) 0.5 % b) 1 % c) 2 % d) 4 %
91. Existen varias regiones en el mundo con clima mediterráneo (en Europa, Australia, América del Norte, América del Sur, África, e incluso Asia). Se trata de áreas muy pequeñas en los diferentes continentes. A primera vista parecería que están distribuidas sin ninguna relación. Sin embargo, en realidad sí existe un patrón que las incluye a todas. ¿Cuál es este patrón?
- a) todas están en el hemisferio norte
b) todas están en el hemisferio sur
c) todas están al occidente de los continentes
d) todas están al oriente de los continentes
92. Uno de los fenómenos naturales que mejor se puede predecir cuantitativamente es la marea que produce la Luna y el Sol en nuestros océanos. Los cálculos para hacer las predicciones se basan en la aplicación de la ley de Newton de gravitación según van cambiando las posiciones de la Luna y el Sol. Las graficas de mareas generalmente se presentan por mes, como los calendarios, y son muy útiles para los pescadores y para cualquier persona que de alguna manera depende del mar en su vida diaria. Las mareas varían tanto en el tiempo como en el espacio, por lo que los cálculos deben hacerse para cada mes particular y para cada lugar específico. En la página del CICESE se puede entrar directamente a la página de mareas accediendo a “predicción de mareas” en la parte derecha, inmediatamente abajo de “sismicidad reciente”. Se pueden consultar calendarios de mareas para muchos puertos de México. En términos generales la marea presenta más o menos dos máximos y dos mínimos diarios, los cuales como pueden observar se presentan a diferentes horas según pasan los días. Por ejemplo, para San Felipe se predice que para el día del examen (sábado 26 de noviembre de 2005) habrá un máximo en la mañana. ¿A qué hora se presenta el máximo?
- a) 7:00 AM b) 8:00 AM c) 9:00 AM d) 10:00 AM
93. Para el mismo día, sábado 26 de noviembre de 2005, en Ensenada se predice un máximo también en la mañana. ¿A qué hora se presenta el máximo?
- a) 2:32 AM b) 3:32 AM c) 4:32 AM d) 5:32 AM
94. Para el mismo día, sábado 26 de noviembre de 2005, en Acapulco se predice un máximo en la mañana. ¿A qué hora se presenta el máximo?
- a) 8:37 AM b) 9:37 AM c) 10:37 AM d) 11:37 AM
95. Analizar la forma en que se comportan las mareas en relación con las fases de la Luna para el caso de San Felipe para el mes de noviembre de 2005. Encontrarán que el tamaño o amplitud de la marea está muy relacionada con la iluminación de la Luna. No es que la iluminación importe, sino que la iluminación a su vez depende de la posición relativa de la Luna, la Tierra y el Sol. Las mareas más pequeñas se presentan cuando la Luna está:
- a) entre la Tierra y el Sol
b) en el lado opuesto del Sol
c) perpendicular a la línea Tierra-Sol
d) del otro lado del Sol
96. Cuando hay Luna nueva, o sea cuando no se ve la Luna porque no la vemos iluminada: ¿Cómo es la marea?
- a) muy pequeña
b) intermedia
c) igual que cuando es Luna llena
d) no hay marea
97. En la página del Observatorio de Variables Ambientales de El Sauzal, en el municipio de Ensenada, se presentan gráficas de las variaciones de la humedad relativa para los últimos días. Podrán observar que en las madrugadas la humedad relativa es mayor, y que disminuye durante el día. La humedad relativa generalmente se expresa como porcentaje. ¿Cuál es la diferencia de porcentajes promedio entre madrugada y mediodía?
- a) 5 b) 10 c) 12 d) 20
98. En los registros del mismo observatorio se incluye la velocidad del viento. Podrán notar que las gráficas para los diferentes días tienen un pico después del mediodía. ¿De qué tamaño son los picos expresados en km/h?
- a) 2 b) 4 c) 10 d) 20
99. ¿Y cuál es la dirección de donde vienen los vientos que corresponden a los picos?
- a) norte b) sur c) este d) oeste
100. Hacer lo mismo para el sur de México, América Central, Venezuela y Colombia. ¿Hacia donde sopla el viento?
- a) hacia el norte b) hacia el sur
c) hacia el este d) hacia el oeste

ORIGEN Y NATURALEZA DEL UNIVERSO Y LA XII OLIMPIADA ESTATAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA DE BAJA CALIFORNIA

Enrique Gómez Treviño

CICESE, Ensenada, Baja California, 22860 México
Correo electrónico: egomez@cicese.mx

¿DE DÓNDE SALIÓ EL UNIVERSO?

En estudios de distribuciones hipocentrales que relacionan las distancias entre posibles fuentes de información y sitios receptores de ésta con los correspondientes tiempos de recorrido, mediante la suposición o búsqueda de una velocidad de propagación dada, es importante estimar el efecto de variaciones en dicha velocidad sobre los tiempos de recorrido.

DIAGRAMAS DE ROCAS Y DIAGRAMAS DE ESTRELLAS

Existen diferentes tipos de rocas, de diferente origen y de diferentes edades. Hay rocas derivadas de material reciclado de la corteza terrestre, y hay rocas que provienen de material relativamente primitivo del manto. Así también hay diferentes tipos de estrellas, de diferente origen y de diferentes edades. Hay estrellas derivadas de material reciclado de otras estrellas, y hay estrellas que provienen de material relativamente primitivo originado en los inicios del Universo. Y así como hay diagramas sobre la formación de rocas en función de presión y temperatura, así también hay diagramas para las estrellas. Se puede caracterizar su estado actual en términos de magnitud y temperatura, así como representar su evolución en el tiempo.

Definitivamente hay orden en el Cosmos, desde lo más pequeño a lo más grande, tal como lo intuyeron los filósofos jónicos de la antigua Grecia, quienes fueron lo primeros en descubrir que podíamos descubrir lo que se oculta a primera vista.

LA TIERRA NO SE EXPANDE PERO EL UNIVERSO SI

Antes de la teoría de la tectónica de placas, la formación de montañas y de las cuencas oceánicas se explicaba con la idea de la contracción o expansión de la Tierra. Estas explicaciones actualmente nos parecen irrisorias, pero en su tiempo eran muy serias. Tan serias, que los artículos al respecto aparecían en las mismas revistas en las que se publicaron más tarde los artículos que establecieron la tectónica de placas. Y de hecho, en algunos casos por los mismos autores.

En el caso de Universo las cosas pasaron al revés. Primero se suponía que era estático, porque no había evidencias de contracción o expansión, y después se descubrió que se está expandiendo. El descubrimiento fue doble, en el sentido que primero se hizo de una manera y después de otra. Einstein, cuando se puso a reformular la teoría de la gravitación de Newton para adecuarla a la relatividad, encontró que, en la nueva concepción, el espacio no podía existir estático.

Debía estar expandiéndose, pero como en ese tiempo todo mundo consideraba que debía estar estático, Einstein introdujo una constante en su teoría para forzar la situación. Cuando años después, Hubble descubrió, por observación, que las galaxias se separan a una velocidad proporcional a su distancia, Einstein se percató que al introducir su constante había cometido el peor error de su carrera, y así lo expresó tiempo después. Y es que la recesión de las galaxias no se puede entender en términos comunes como producto de una simple explosión. Las galaxias en realidad prácticamente no se están desplazando en el espacio, sino que es el espacio entre ellas el que se está expandiendo, y como consecuencia se separan unas de otras. Esto sucede solamente a gran escala, por lo que nadie se preocupe de que esté aumentando de volumen.

UN UNIVERSO GRATUITO

Según el modelo inflacionario, que combina aspectos de mecánica cuántica y cosmología, el Universo bien pudo aparecer como una simple fluctuación de energía, o más bien como una muy compleja fluctuación de energía. Y todo sin violar la conservación de la energía. El origen de la idea viene de los tiempos de la segunda guerra mundial, retomada hace casi dos décadas en combinación con los últimos descubrimientos en partículas elementales. La idea original en realidad es muy simple. Nació como una de esas coincidencias curiosas que se olvidan pero que con el tiempo se valoran en su verdadera dimensión. En su autobiografía, George Gamow rescata la anécdota de que cruzaban una avenida cuando le comentó a Einstein lo que Pascual Jordan había calculado la noche anterior. Einstein se detuvo impresionado y por poco los atropellan a los dos. Lo que Jordan había calculado era muy simple: que la energía gravitacional -negativa por naturaleza- de cualquier masa es exactamente igual a la energía de su masa -positiva por naturaleza-, cuando la masa se concentra en un solo punto.

La idea de Jordan era que, en principio, una estrella podría nacer de la nada. El modelo inflacionario retomó esta idea aplicándola a todo el Universo.

RECAPITULANDO

En los últimos 100 años, varias generaciones de científicos han realizado descubrimientos sobre cómo se comporta la materia a niveles atómicos y subatómicos. Durante el mismo periodo, también se han hecho descubrimientos de cómo se comportan y de qué están hechas las estrellas. Combinando estos conocimientos de lo más pequeño y cercano, con los de lo más grande y lejano, ha surgido un modelo del universo que

contempla no sólo su comportamiento actual, sino también su pasado y su futuro. Los descubrimientos más espectaculares, algunos buscados y otros inesperados, apuntan a que el universo tuvo un inicio en el tiempo y que, aunque parezca absurdo, bien pudo haber aparecido de la nada. Desde entonces, el universo se ha estado expandiendo sin que sepamos a ciencia cierta su destino final. Si bien el modelo no está completo en el mismo sentido en que lo está el modelo del átomo, los aspectos principales están comprobados y recomprobados y muy difícilmente el modelo dará un vuelco. Faltan algunos detalles y se está trabajando en ellos. Lo que se tiene es lo suficientemente coherente y confiable, así que bien vale la pena familiarizarse con las principales evidencias. Después de todo, se trata del mundo en que vivimos. ¿Dónde y cómo se formaron los átomos de carbono y oxígeno de que estamos hechos? ¿Existen desde el inicio del universo? ¿Y los de hidrógeno, tienen el mismo origen? Además de las respuestas, que bien podrían ser en uno u otro sentido, lo importante es el cómo. Esto es, el cómo los científicos saben estas cosas, pues es obvio que ellos no estuvieron allí cuando pasó todo lo que dicen.

RECOMENDACIONES PARA LOS ESTUDIANTES

Las preguntas de la XII olimpiada girarán alrededor del origen y naturaleza del universo en que vivimos, más o menos en las líneas indicadas más arriba. Las palabras o conceptos clave son: Big Bang o Gran Explosión; Expansión del Espacio; Radiación de Fondo de Microondas Cósmicas o Cosmic Background Radiation; Modelo Inflacionario o Inflationary Model; Satélite COBE; Telescopio Hubble; Supernova o Supernovae; Supernovas Históricas, particularmente la SN 1987A; Las Estrellas más Viejas; Origen del Sistema Solar; Diagrama HR de clasificación de las estrellas, y la trayectoria en el diagrama HR de estrellas que evolucionan dependiendo de su masa. Formulen ustedes mismos preguntas posibles. Por ejemplo, sobre temperaturas en diferentes etapas, personajes, distancias típicas, millones de años de tal o cuál proceso o sobre los procesos mismos. Hay muchas páginas en la Red sobre estos aspectos, tanto en español como en inglés (la Wikipedia está en muchos idiomas). En la Red hay simuladores muy divertidos del diagrama HR.

Este año la guía no contiene las preguntas explícitas con sus cuatro respuestas opcionales para contestarlas de antemano. Las preguntas explícitas y las opciones, o sea el examen mismo, lo tendrán hasta el día del evento, a la hora de iniciar la competencia. Ello implica que cambia un poco la manera de prepararse para el examen. Se recomienda que revisen los diferentes temas y que los discutan entre ustedes y con sus maestros. Otra vez: planteen preguntas ustedes mismos y hagan exámenes para practicar. Esto ayuda a enfocar la atención en la búsqueda e incluso a recordar mejor lo que se lee. Descubrirán que el tema del origen del universo dejó de estar basado en especulaciones para pasar a ser un tema de la ciencia hecha y derecha. Para no ir muy lejos, revisen las contribuciones de los Premio Nobel de Física de este año.

Las preguntas van a ser simples, no se preocupen demasiado. Lo importante es que con las diferentes lecturas y discusiones puedan por ustedes mismos contar la historia del universo en sus aspectos más generales y, sobre todo, que piensen

en los diferentes argumentos y evidencias. Las respuestas a las preguntas serán entonces más que obvias. Además, no podrán sino sentir mucho respeto por todo lo que los rodea, por la Tierra, por el Sol, por todas las estrellas y por ustedes mismos. Los átomos de sus cuerpos, los átomos que respiran y que se comen, no siempre estuvieron aquí y ni siquiera provienen del Big Bang. Estos átomos nacieron después, como una especie de subproducto de la actividad de las estrellas. Estamos hechos de polvo de estrellas, pero muy bien formaditos y con código ADN en nuestras células, ADN que también está hecho de polvo de estrellas. ¿Cómo se combinó todo para que nosotros llegásemos a existir? Este es un tema mucho más difícil que el del origen del universo. Tal vez lo veamos en otra ocasión. Por lo pronto concéntrense en el tema de este año. Suerte con el examen.

LOS GANADORES DE LA DÉCIMO SEGUNDA OLIMPIADA

Primer lugar: Antonio Valdez Ceballos, COBACH, Plantel Mexicali. Profesora Talpa Lara Moreno.

Segundo lugar: Daniel Sheimbaum Frank, Centro Educativo Patria (Ensenada). Profesor Samuel Ayón.

Tercer lugar: Beatriz Alina Juárez Álvarez, Universidad del Noroccidente de Latinoamérica (Ensenada). Profesor Luis Ramón Siero González.

Se les otorgaron medallas de oro, plata y bronce, a 1 primero, segundo y tercer lugar, respectivamente, y premios en efectivo. Todos los maestros y estudiantes recibieron su constancia de participación.

EL EXAMEN

XII OLIMPIADA ESTATAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA UGM-CICESE

SÁBADO 25 DE NOVIEMBRE DE 2006
ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

1. La cosmología es el estudio a gran escala de la estructura y la historia del universo. En particular, trata los temas relacionados con su origen y su evolución. Es material de estudio para la física, astronomía, filosofía y religión. La cosmología moderna nació en 1916 con la publicación de la Teoría General de la Relatividad. Esta teoría fue desarrollada por el científico.
 - a) Rutherford
 - b) Einstein
 - c) Hubble
 - d) Lemaitre
2. La Teoría General de la Relatividad es una teoría de la gravedad, y se basa en una especie de coincidencia que fue primero notada por Newton. La coincidencia es que la masa gravitacional es exactamente igual a la masa inercial. Dicho de otra forma, la capacidad de una masa para producir gravedad es exactamente igual a su resistencia para moverse. Newton calibró sus leyes para que así fuese, pues conocía los resultados de Galileo de que todos los cuerpos caen con la misma aceleración. En la Teoría General de la Relatividad esta coincidencia se tomó como evidencia de algo más profundo en la naturaleza, y con esa suposición se llegó a una formulación más completa de la gravedad, con la que se pudieron abordar fenómenos más complejos que los que abordaba la teoría original de Newton. A la relación entre la

- masa inercial y la gravitacional se le conoce como el principio de
- a) igualdad b) exactitud c) equivalencia d) coincidencia
3. El científico que desarrolló la Teoría General de la Relatividad se dio cuenta que sus ecuaciones implicaban que el espacio solamente podía existir expandiéndose, lo cual a su vez implicaba un universo en expansión. Como en ese tiempo, 1916, no se tenía evidencia de un universo en expansión, sino que se consideraba que el universo era estático, este científico introdujo una constante artificial en sus ecuaciones para forzarlas a que se adecuaran a la realidad, o sea a un universo estático. La introducción artificial de esta constante la consideró este científico como el error más grande de su carrera científica, pues poco después se descubrió por observaciones la expansión del universo. A esta constante se le conoce como la constante.
- a) universal b) cosmológica c) galáctica d) de Hubble
4. En la ciencia, si un científico no considera una posibilidad en sus teorías u observaciones, otros están listos para considerarla. Así, en 1922, un meteorólogo y matemático de la ex Unión Soviética, quien muriera poco después de neumonía tras realizar observaciones meteorológicas en globo en pleno invierno, publicó las primeras soluciones de las ecuaciones de la Relatividad General que mostraban como posibilidad un universo en expansión. El apellido de este científico era
- a) Friedmann b) Lemaitre c) Einstein d) Cobe
5. En la ciencia es común que científicos de diferentes partes del mundo hagan descubrimientos similares más o menos al mismo tiempo e independientemente unos de otros. Así, en 1927, un sacerdote católico de Bélgica, quien había estudiado física y matemáticas, resolvió las ecuaciones de la Relatividad General encontrando soluciones que implicaban que el espacio se está expandiendo. El apellido de este sacerdote era
- a) Friedmann b) Lemaitre c) Einstein d) Cobe
6. Si el espacio se está expandiendo y el universo haciéndose más grande, entonces en el pasado era más pequeño. Extrapolando hacia atrás en el tiempo podemos inferir que hubo un momento en que todo el universo debió estar concentrado en un solo punto. Con base en sus soluciones de la Relatividad General y en algunas observaciones sobre lo que en ese entonces se conocía como nebulosas espirales, las cuales después se determinó que estaban fuera de nuestra galaxia y que eran galaxias por sí mismas, el sacerdote jesuita de Bélgica propuso que el universo entero alguna vez estuvo concentrado en lo que llamó el “átomo”
- a) universal o completo b) divino o celestial
c) supertodo o superátomo d) primordial o primigenio
7. La explosión de este “átomo” inicial fue lo que más tarde se llamaría el Big Bang o Gran Explosión. La idea no es que de un solo átomo que explotó salieron todos los átomos de universo, sino más bien que todos los átomos del universo estuvieron juntos en el pasado en un volumen muy pequeño, una especie de huevo de donde salió todo el universo. De hecho, el sacerdote jesuita de Bélgica lo llamo el huevo
- a) cósmico b) universal c) divino d) atómico
8. La teoría rival más importante del Big Bang se conoce como Teoría del Estado Estacionario. Se acepta que el universo está en expansión pero no se acepta que haya tenido un principio. Se postula un universo eterno cuya densidad global de materia no cambia. Para que la densidad de materia no cambie a pesar de que haya expansión se requiere que:
- a) desaparezca materia b) aparezca nueva materia
c) se conserve la misma materia d) desaparezcan galaxias
9. La Teoría del Estado Estacionario fue propuesta por un científico que hizo descubrimientos muy importantes en el tema de la evolución de las estrellas y de la síntesis de los elementos químicos, y quien además fue un renombrado autor de ciencia ficción. Murió en el año 2001. Su nombre:
- a) Arthur Clarke b) I. Assimov c) A. Einstein d) F. Hoyle
10. Irónicamente, el nombre con el que se le conoce a la teoría más aceptada, la del Big Bang, fue acuñado por su oponente principal, el autor de la Teoría del Estado Estacionario. En una entrevista en la BBC de Londres, este autor, queriendo explicar en una forma burlona lo ridículo de un universo que se inicia con una explosión, se refirió a esa teoría como la de un Big Bang. El autor del término se llamaba
- a) Arthur Clarke b) I. Assimov c) A. Einstein d) F. Hoyle
11. La Radiación Cósmica de Fondo es la energía electromagnética que:
- a) causó al Big Bang b) sobró del Big Bang
c) le faltó al Big Bang d) mantiene al Universo
12. Las primeras estrellas que se formaron después de Big Bang estaban compuestas de:
- a) todos los elementos b) H, He, Na y U
c) Fe y Ni d) H y He
13. El porcentaje de H que predicen las leyes físicas para después del Big Bang, una vez que la materia se enfrió lo suficiente para formar átomos es de:
- a) 0 b) 25 c) 50 d) 75
14. El porcentaje de He que predicen las leyes físicas para después del Big Bang, una vez que la materia se enfrió lo suficiente para formar átomos es de:
- a) 0 b) 25 c) 50 d) 75

15. El porcentaje de Fe predican las leyes físicas para después del Big Bang, una vez que la materia se enfrió lo suficiente para formar átomos es de:
a) 0 b) 25 c) 50 d) 75
16. ¿Qué científico realizó los primeros cálculos de las proporciones de elementos que se formaron después del Big Bang?
a) Gamow b) Wilson c) Hubble d) Einstein
17. ¿Cuántos millones de años después del Big Bang se formó el Sol?
a) 100 b) 1,000 c) 5,000 d) 10,000
18. Los primeros átomos se formaron después del Big Bang cuando la temperatura de la materia se redujo por la expansión a (en grados Centígrados)
a) 3 b) 30 c) 300 d) 3,000
19. ¿Cuántos años después del Big Bang aparecieron los primeros átomos de elementos químicos?
a) 300 b) 3,000 c) 30,000 d) 300,000
20. ¿A qué temperatura el Universo se volvió transparente a la radiación electromagnética? (grados Centígrados)
a) 3 b) 30 c) 300 d) 3,000
21. Cuando se inició la formación de elementos químicos después del Big Bang el Universo era más pequeño de lo que es ahora. ¿Cuántas veces más pequeño?
a) 10 b) 100 c) 1,000 d) 10,000
22. Una millonésima de segundo después del Big Bang el Universo era más o menos del tamaño de Sistema Solar. ¿Cuál era su temperatura? (millones de grados)
a) 10 b) 100 m c) 1,000 d) 10,000
23. Año en que se descubrió la Radiación Cósmica de Fondo.
a) 1964 b) 1954 c) 1944 d) 1934
24. Científicos que descubrieron la Radiación Cósmica de Fondo.
a) Penzias y Wilson b) Einstein y Hoyle
c) Gamow y Freeman d) Hubble y Bode
25. La Radiación Cósmica de Fondo fue predicha años antes de que se descubriera mediante observaciones, bajo la hipótesis de que el Universo era más pequeño en el pasado, y que debió de ser opaco a la radiación electromagnética en alguna época para después volverse transparente. El científico que la predijo fue
a) Gamow b) Hubble c) Einstein d) Hoyle
26. De las mediciones realizadas por el satélite COBE se determinó que la temperatura actual del Universo es de (grados Kelvin)
a) 2.27 b) 7.22 c) 2.99 d) 2.72
27. La curva del espectro que se obtuvo del satélite COBE tiene exactamente la forma que predice la teoría. A esta radiación se le conoce como la radiación del cuerpo
a) opaco b) blanco c) caliente d) negro
28. La teoría del Big Bang predice la forma específica del espectro de la Radiación Cósmica de Fondo, misma que fue con firmada por las mediciones del satélite COBE. La ordenada y la abscisa de esta curva son, respectivamente
a) Intensidad y longitud de onda
b) intensidad y magnitud
c) longitud de onda y espectro
d) velocidad y frecuencia
29. En 1671 se determinó la escala o tamaño absoluto del sistema solar. Antes de ese año se conocían sólo las distancias relativas entre los planetas y el Sol. El sistema se calibró midiendo por triangulación la distancia de la Tierra a
a) la Luna b) el Sol c) Marte d) Venus
30. La triangulación para establecer la escala absoluta del sistema solar se hizo tomando como base del triángulo una línea imaginaria entre Europa y América del Sur. Las mediciones se realizaron simultáneamente en ambos continentes por científicos de
a) Francia b) Inglaterra c) Holanda d) Alemania
31. La estrella más cercana al Sol es Próxima Centauro. La distancia que nos separa de esta estrella es muy grande para expresarla en kilómetros. Es más conveniente utilizar como unidad un año-luz, que es la distancia que viaja la luz en un año. La distancia a Próxima Centauro es: (en años luz)
a) 0.422 b) 4.22 c) 42.2 d) 422.2
32. Se estima que el diámetro del Universo observable es de (en millones de años-luz):
a) 30,000 b) 1,500 c) 150,000 d) 150
33. La Vía Láctea, la galaxia en que vivimos, tiene un diámetro de (en años-luz)
a) 100 b) 1,000 c) 10,000 d) 100,000
34. En la Vía Láctea existen muchas estrellas. ¿Más o menos cuántas? (en millones)
a) 100 b) 1,000 c) 10,000 d) 100,000
35. En el Universo existen muchas galaxias. (Más o menos cuántas? (en millones)
a) 100 b) 1,000 c) 10,000 d) 100,000
36. En comparación con otras galaxias el tamaño de la Vía Láctea es
a) muy pequeño b) pequeño c) promedio d) muy grande
37. Las dos Nubes de Magallanes, la grande y la pequeña, son dos galaxias que se encuentran relativamente cerca de la Vía Láctea. La distancia a la que se encuentra la pequeña es de 200,000 años-luz. Esta cantidad comparada con el diámetro de la Vía Láctea es
a) la cuarta parte b) la mitad c) igual d) el doble
38. La Vía Láctea tiene, en millones de años-luz, un diámetro de
a) 0.001 b) 0.01 c) 0.1 d) 1.0
39. Las galaxias por lo general se concentran en grupos. El Grupo Local al que pertenece nuestra galaxia tiene un diámetro de alrededor de 5 millones de años luz. Comparada con el diámetro de nuestra galaxia esta cantidad es mayor
a) 5 veces b) 50 veces c) 500 veces d) 5,000 veces

40. Los grupos de galaxias tienden a concentrarse a su vez en lo que se llaman Superclusters. El Supercluster al que pertenece nuestro Grupo Local tiene un diámetro de alrededor de 100 millones de años-luz. Esto significa que el Supercluster Local es mayor que el Grupo Local
a) 2 veces b) 4 veces c) 10 veces d) 20 veces
41. Los superclusters más cercanos al Supercluster Local están a una distancia de 300 millones de años luz. Esta distancia es mayor al diámetro de nuestro supercluster
a) 0.03 veces b) 0.3 veces c) 3 veces d) 30 veces
42. Si la distancia entre superclusters es de 300 millones de años-luz: ¿Cuántos superclusters caben en un diámetro del Universo?
a) 100 b) 1,000 c) 10,000 d) 100,000
43. ¿Más o menos cuántas galaxias tiene el Grupo Local al que pertenece la Vía Láctea?
a) 3 b) 30 c) 300 d) 3,000
44. El término “parallax” o paralaje se refiere a la alteración producida en la posición aparente de un objeto cuando el observador se cambia de posición. Observen un dedo de su mano a una distancia de unos 20 cm y cierren alternativamente uno y otro ojo. El dedo está en los dos casos en el mismo lugar. Sin embargo, ustedes pueden ver cómo cambia su posición aparente con respecto al fondo (pared, puerta, etc.) Esta diferencia de posición es lo que nos permite estimar distancias. A medida que alejan el dedo, la diferencia en la posición aparente con uno y otro ojo
a) queda igual b) aumenta c) disminuye d) se incrementa
45. 360 grados equivale a 2π radianes ($\pi = 3.1416$). ¿Cuánto vale un grado en radianes?
a) 0.17 b) 0.017 c) 1.7 d) 17
46. ¿Y cuánto vale un minuto de arco en radianes? (un grado equivale a 60 minutos de arco)
a) 0.00029 b) 0.0029 c) 0.029 d) 0.29
47. ¿Y cuánto vale un segundo de arco en radianes? (un minuto equivale a 60 segundos de arco)
a) 0.0000048 b) 0.000048 c) 0.00048 d) 0.0048
48. En un triángulo isósceles en el que los dos lados iguales son mucho mayores que la base, se cumple que el ángulo pequeño (θ) es igual a la base (b) entre la altura (a). Esto es, que $\theta = b/a$. La relación se cumple cuando el ángulo se expresa en radianes. Si la base del triángulo vale la unidad, se puede calcular la altura simplemente conociendo el pequeño ángulo opuesto a la también pequeña base. La fórmula para la altura es
a) $a = \theta$ b) $a = b \theta$ c) $a = 1/\theta$ d) $a = 2/\theta$
49. Si la base del triángulo isósceles vale la unidad y el ángulo θ opuesto a la base vale un grado: ¿Cuál es la altura del triángulo?
a) 59 unidades b) 5.9 unidades
c) 0.59 unidades d) 590 unidades
50. Si la base del triángulo isósceles vale la unidad y el ángulo θ opuesto a la base vale un minuto de arco: ¿Cuál es la altura del triángulo?
a) 3450 unidades b) 345 unidades
c) 34.5 unidades d) 3.45 unidades
51. Si la base del triángulo isósceles vale la unidad y el ángulo θ opuesto a la base vale un segundo de arco: ¿Cuál es la altura del triángulo?
a) 208,300 unidades b) 20,830 unidades
c) 2,083 unidades d) 208 unidades
52. En astronomía se utiliza como base del triángulo isósceles el diámetro de la órbita de la Tierra alrededor del Sol. La altura del triángulo es lo que se desea calcular. Esta altura corresponde a la distancia a la estrella que se está estudiando. Obviamente no se puede hacer observaciones de ángulos simultáneamente en lados opuestos de la órbita. Para que las mediciones correspondan a una base de un diámetro de la órbita, es necesario hacer las observaciones separadas por un periodo de
a) 12 meses b) 6 meses c) 3 meses d) un mes
53. La unidad astronómica (UA) de distancia es la distancia de la Tierra al Sol. Esta distancia es de (en millones de kilómetros)
a) 1.5 b) 15 c) 150 d) 1500
54. La distancia a las estrellas es muy grande (nos hemos dado cuenta poco a poco) para expresarse en kilómetros o incluso en UA. Los astrónomos acostumbran utilizar, además del año-luz, una unidad de distancia que llaman el pársec (parallax of one arc second, o paralaje de un segundo de arco). Un pársec es la altura de un triángulo isósceles cuya base es una UA y cuyo ángulo opuesto a la base es un segundo de arco. La altura de este triángulo, un pársec, equivale a
a) 208,300 UA b) 20,830 UA c) 2,083 UA d) 208 UA
55. Un pársec corresponde a una distancia de 3.26 años-luz. La estrella Alfa Centauro se encuentra a una distancia de 4.29 años luz. Esta distancia corresponde en pársec a
a) 12.5 b) 13.7 c) 1.78 d) 1.32
56. En 1929 se descubrió que el espectro de la luz de galaxias lejanas era similar al de nuestro sol pero que estaba desplazado o corrido hacia el color rojo, indicando que dichas galaxias se están alejando de nosotros. El corrimiento es hacia longitudes de onda
a) mayores b) cortas c) menores d) blancas
57. La expansión del espacio opera a nivel de
a) átomos b) planetas c) estrellas d) galaxias
58. Como consecuencia de la expansión del espacio nuestros cuerpos y todo lo que nos rodea se está haciendo cada vez más grande
a) falso b) es posible c) cierto d) no se sabe
59. El concepto o mecanismo de inflación cósmica explica el Universo en sus etapas
a) finales b) intermedias
c) más allá del final d) más tempranas

60. La supernova SN 1987A explotó a una distancia de la Tierra de 51.5 kilo-parsec. Esto implica que en realidad no explotó en 1987 cuando lo vimos nosotros, sino muchos años antes. ¿Cuántos años antes?
a) 170 b) 1,700 c) 17,000 d) 170,000
61. Unas horas antes de que llegara la luz de la explosión de SN 1987A a la Tierra, se registró la llegada de neutrinos producto de la misma explosión. ¿Cuántas horas antes?
a) 1 b) 2 c) 3 d) 4
62. El hecho de que los neutrinos hayan llegado primero que la luz de la SN 1987A concuerda con los modelos físico-matemáticos que se tienen de las supernovas. La llegada anticipada de los neutrinos se interpreta como
a) que viajan más rápido que la luz
b) la luz se produce horas después de la explosión del núcleo que produce los neutrinos
c) los neutrinos vienen de otra parte
d) los neutrinos se aceleraron en el camino
64. Las estrellas llegan a existir varios miles de millones de años, por lo que nadie puede observar la evolución de una única estrella desde su nacimiento hasta su muerte. ¿Cómo entonces se construyen modelos de la evolución estelar?
a) observando el Sol con mucho detalle
b) comparando la astronomía griega y china con la actual
c) volviendo al Big Bang
d) observando muchas estrellas que se encuentren en diferentes etapas de su existencia
65. En el diagrama H-R de evolución estelar el Sol se encuentra actualmente en la región que se conoce como
a) estrellas promedio b) secuencia principal
c) sector rojo d) secuencia secundaria
66. El Sol terminará cuando se agoten los procesos de fusión en su interior como una estrella
a) enana roja b) enana azul
c) enana blanca d) enana café
67. Las estrellas brillan y se mantienen sin colapsarse porque en su interior se libera energía. Cuando se fusionan elementos ligeros entre sí se libera energía, de tal forma que el elemento (átomo) resultante tiene menos energía que los originales. La liberación de energía cesa cuando el elemento resultante es el
a) Na b) He c) Fe d) U
68. Astrónomos chinos observaron y describieron en el año 1054 la aparición, y desaparición después de tres semanas, de una estrella muy brillante. El brillo era tal que podía verse de día. Ahora se sabe que se trató de la explosión de una supernova, los remanentes de la cual se observan actualmente como una nebulosa. ¿Cómo se llama esta nebulosa?
a) Cangrejo b) Orión c) Osa Mayor d) China
69. Los restos de la supernova observada por los chinos está a 6,500 millones de años-luz de la Tierra. Esto implica que se encuentra en la
a) Nube de Magallanes b) Galaxia M2
c) Vía Láctea d) Galaxia Andrómeda
70. ¿En qué galaxia explotó la SN1987A?
a) Nube de Magallanes b) Galaxia M2
c) Vía Láctea d) Galaxia Andrómeda

MEXICANO TIENE MEDIO CENTENAR DE ESCLAVOS: XIII OLIMPIADA ESTATAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA

Enrique Gómez Treviño

CICESE, Ensenada, Baja California, 22860 México
Correo electrónico: egomez@cicese.mx

Trabajar intensamente por varias semanas, buscando información y reflexionando al respecto, y multiplicando o dividiendo cantidades para obtener lo que se les pide, es como generalmente se preparan los estudiantes de preparatoria que vienen al CICESE a presentar el examen de la Olimpiada Estatal de Ciencias de la Tierra, que se realiza en colaboración con la Unión Geofísica Mexicana (UGM) desde 1995.

Si bien al final hay ganadores y premiaciones, como en cualquier olimpiada, el objetivo no es producir estudiantes de alto rendimiento que representen a Baja California en un evento nacional, pues no existe tal competencia. Desde un principio el objetivo ha sido complementar la educación que se da en clase, mediante una especie de curso intensivo –medio autodidacta, medio dirigido– sobre cuestiones que perfectamente pueden manejar los estudiantes pero que, por lo general, no se ven en ninguna de las clases regulares.

De forma indirecta el curso también se dirige a los profesores, pues la mayoría se involucra y se siente parte del equipo de su escuela. A la fecha han participado alrededor de 1000 estudiantes. En la última olimpiada, la decimotercera, participaron 96 estudiantes de los cinco municipios de Baja California. El examen incluyó 100 preguntas de un total de 200 que previamente les fueron facilitadas como guía. Durante varios años, en cada edición, procuramos hacer 100 preguntas nuevas, por lo que ya se tiene un banco de información más o menos surtido.

En los años siguientes haremos tres o cuatro guías de 200 preguntas cada una, para ir las alternando en las siguientes olimpiadas. En lo que sigue encontrarán preguntas típicas del último examen.

Las preguntas en esta versión corta del examen están divididas en cinco grupos, cada uno con cuatro preguntas.

PRIMER GRUPO: LA TELE TAMBIÉN EDUCA PERO HAY QUE FIJASE BIEN

Este primer grupo fue motivado por los incendios recientes en California y Baja California. La respuesta a la primera pregunta es obvia, si se piensa precisamente en qué parte del continente estamos. Las dos siguientes generalmente son parte de los noticieros, siempre y cuando la noticia la dé un reportero curioso y bien informado. La última de las cuatro generalmente es incorrectamente contestada por la mayor parte de los estudiantes.

1. Existen varias regiones en el mundo con clima mediterráneo como el del sur de California y norte de Baja California (en Europa, Australia, América del Norte, América del Sur, África, e incluso Asia). Se trata de áreas muy pequeñas en los diferentes continentes. A primera vista pareciera que están distribuidas sin ninguna relación entre sí. Sin embargo, en realidad sí existe un patrón que las incluye a todas y que explica porqué las lluvias se presentan en invierno. ¿Cuál es este patrón?
 - a) todas están en el hemisferio norte
 - b) todas están en el hemisferio sur
 - c) todas están al occidente de los continentes
 - d) todas están al oriente de los continentes
2. Los vientos de Santa Ana que se presentan en California y Baja California se producen porque en los Estados Unidos se desarrolla, más o menos periódicamente, un fenómeno atmosférico asociado con
 - a) alta presión
 - b) baja presión
 - c) huracanes
 - d) tornados
3. Los vientos de Santa Ana fluyen hacia el
 - a) norte
 - b) sur
 - c) este
 - d) oeste
4. Los incendios forestales que por lo general acompañan a los vientos de Santa Ana
 - a) se deben al calentamiento global
 - b) se deben a la civilización
 - c) se han producido desde antes de la civilización
 - d) se deben a que el Río Colorado trae poca agua

SEGUNDO GRUPO: ORO PLATA Y CAMARONES ECONOMÍA Y COSTOS AMBIENTALES

El segundo grupo se refiere a aspectos productivos de la región. En las dos primeras preguntas se les dan datos de producción de una mina de oro que operó en San Felipe hace algunos años y se les pide que estimen las ganancias. La idea no es que sepan a cuánto ascendieron las ganancias, sino que se enteren indirectamente de una de las actividades productivas más importantes del estado.

Las otras dos preguntas del grupo se refieren a la pesca de camarón en el Mar de Cortés o Golfo de California. Se relaciona el volumen de pesca con la cantidad de dióxido de carbono y de litros de combustible que intervienen en el proceso, y se les pide que calculen las respectivas cantidades por cada kilogramo de camarón. Los resultados son sorprendentes y le hacen a uno sentirse culpable cada vez que come camarones. Lean las dos

preguntas, pero no hagan cuentas si quieren seguir siendo inocentes. Mejor una ignorancia piadosa que la verdad incómoda de Al Gore.

- De 1994 a 2001 operó en San Felipe, Baja California, una planta procesadora de rocas. Las rocas eran procesadas por 500 trabajadores repartidos en 3 turnos. El objetivo era extraer el oro contenido en las rocas. Para separar el oro de la roca se requiere invertir energía y recursos que, si el precio del oro está muy bajo, no se alcanza a recuperar lo que se invierte y la planta debe cerrarse. En la planta de San Felipe el costo de recuperación era de 250 dólares por onza de oro recuperada. Si el precio promedio del oro en los ocho años en que la planta estuvo en operación era de 330 dólares la onza, y en total se recuperaron 600 mil onzas de oro: ¿Cuál fue la ganancia en millones de dólares?
a) 0.05 b) 0.5 c) 5 d) 50
- De la mina de San Felipe además de oro se extrajo plata. En este caso fueron 6 millones de onzas, las cuales se vendieron a alrededor de 6 dólares la onza. ¿En cuántos millones de dólares se vendió la plata que se extrajo de la mina?
a) 0.036 b) 0.36 c) 3.6 d) 36
- En el Mar de Cortés se pescan anualmente 20,000 toneladas de camarón. En el proceso y como consecuencia del uso de combustible fósiles por los barcos camaroneros, se producen 50 mil toneladas de CO₂ que se arrojan a la atmósfera. ¿Cuántos kg de CO₂ se producen por cada kg de camarón?
a) 2.5 b) 25 c) 250 d) 2,500
- En el Mar de Cortés se pescan anualmente 20,000 toneladas de camarón. Para ello los barcos camaroneros utilizan 30 millones de litros de combustible. ¿Cuántos litros de combustible se gastan por cada kg de camarón?
a) 0.0015 b) 0.015 c) 0.15 d) 1.5

TERCER GRUPO: RESPIRAR NO CONTAMINA PERO USAR LA COMPU SI

De lo que no hay que sentirse culpable es de respirar. Respirar es una necesidad, un placer gratuito y, para nuestro alivio: no contamina. Vaya noticia, hasta que ganamos una los humanos. Hagan sus cuentas con los datos de la primera pregunta del tercer grupo, y denle gracias a dios por dotarnos de pulmones chiquitos. Respiren y respiren sin culpa ni remordimientos que no es pecado ni religioso ni ambiental.

El resto de las preguntas se refieren al uso de automóviles y aparatos eléctricos. Que los automóviles producen dióxido de carbono no es ninguna novedad, pero resulta sorprendente la cantidad de sus emisiones. Un litro de gasolina pesa menos de un kilogramo; sin embargo, al quemarse se convierte en varios kilogramos de dióxido de carbono.

A primera vista esto parecería imposible pero no tiene nada de magia, así son muchas reacciones químicas en las que interviene el oxígeno del aire. Resulta entonces que los pescadores de camarón no son los únicos malos de la película, pues en el viaje al mercado para comprar un kilo de camarones nuestro auto emite tanto o más dióxido de carbono que el emitido para

capturarlos. Para no contaminar, mejor entonces quedarse en casa viendo televisión y/o trabajando en la computadora. ¿Resultado?: Tanto o más emisiones que en el supuesto recorrido para comprar el también supuesto kilo de camarón. Las últimas dos preguntas aluden precisamente a nuestra ilusión generalizada de que la energía eléctrica no contamina. De hecho, la mayor parte de las emisiones de dióxido de carbono en el mundo están asociadas con la producción de energía eléctrica.

- El dióxido de carbono que producimos los humanos en el proceso de respirar no se considera en los cálculos de las emisiones globales de dicho gas, porque formamos parte del ciclo natural y porque la cantidad es pequeña en comparación con la de los combustibles fósiles. Se ha estimado con mediciones que una persona produce alrededor de 20 gr/h de CO₂ en el proceso de respiración. ¿A cuántos kg equivale esto anualmente?
a) 10 b) 50 c) 100 d) 200
- La mayor parte de la energía eléctrica que se produce en el mundo se obtiene en plantas que queman combustibles fósiles, muy similares a la que opera en Rosarito, Baja California. ¿Cuánto CO₂ se emite a la atmósfera en estas plantas por cada kwh de energía?
a) 100 g b) 300 g c) 600 g d) 1,000 g
- Supongamos que para transportarse una persona utiliza su auto el cual consume un litro de gasolina al día (en realidad muy poco consumo para cualquier recorrido normal.) ¿Cuántos kg de CO₂ emite a la atmósfera en un año?
a) 90 b) 900 c) 300 d) 3,000
- Supongamos que una computadora funcionando por 5 horas, 5 horas no es nada raro, consume en ese tiempo 1 kwh. ¿Cuántos kg de CO₂ significan al año el uso de la computadora por 5 horas al día?
a) 3.5 b) 35 c) 350 d) 3,500

CUARTO GRUPO: MEXICANO TIENE MEDIO CENTENAR DE ESCLAVOS

El metro como unidad de longitud es muy conveniente en muchos aspectos de la vida diaria porque es más o menos de nuestro tamaño. Por su parte, el kwh para energía y el kw para potencia no nos dicen mucho en relación con lo que podemos hacer los humanos. Es más conveniente definir otra unidad, aunque ésta no exista y se preste a ridiculización. La llamaremos esclavo de potencia (ep), y será la potencia media que puede desarrollar una persona en un día.

En las primeras dos preguntas del cuarto grupo se desarrolla la equivalencia entre ep y kw. Resulta que como productores de energía no somos muy eficientes, pues en un promedio de 24 horas apenas si podríamos mantener encendido un foco pequeño.

La tercera pregunta se refiere al uso que hacemos de potencia en todos los rubros expresándolo en ep, lo cual nos viene a dar el equivalente en esclavos que están continuamente a nuestro servicio. Resulta que son muchos. Para mantener un foco de 100 watts encendido por 24 horas se requerirían varios

esclavos, una computadora necesitaría el doble, y una plancha muchísimos más. Imagínense varios esclavos en cada poste del alumbrado público dándole vuelta a un generador para que no se apague el foco, y así toda la noche.

El término esclavo no solo refleja que algo que no es nosotros trabaja para nosotros, sino además que, como a los esclavos reales, prácticamente no se les paga nada. Con lo que pagamos por la energía que consumimos –gas, electricidad, etc.– apenas si se podrían comprar un chicle, o tal vez dos, pero definitivamente no les alcanzaría ni para un huevo al día. A esto se refiere la última de las preguntas: desde esta perspectiva pagamos muy poco en relación con lo que recibimos. Como última reflexión podríamos decir que si bien estos esclavos casi no nos cuestan, en realidad nos están pasando la factura en términos ambientales porque exhalan mucho dióxido de carbono y son muchos, muchísimos. Reemplazarlos por esclavos igualmente económicos, pero que no exhale tanto gas de invernadero, es lo que trae actualmente de cabeza a políticos y científicos de todo el mundo.

1. La potencia física (trabajo o energía por unidad de tiempo) que puede desarrollar una persona no es tan uniforme como lo puede ser el de una máquina. Una persona puede desarrollar mucha potencia por un corto tiempo, después de lo cual debe descansar. Para desarrollar potencia sin descansar por varias horas el esfuerzo debe ser moderado. Una estimación de la potencia que puede desarrollar una persona por un periodo largo se puede hacer considerando la energía o trabajo que debe hacer una persona de 70 kg de masa para subir su propio peso hasta la cima de una montaña de 3,000m de altura. El trabajo que debe desarrollar es (en millones de Joules)
 - a) 2
 - b) 4
 - c) 6
 - d) 8
2. Independientemente de tiempo que le tome subir la montaña (por ejemplo, 8 o más horas), es natural pensar que no podrá hacer más trabajo por el resto del día, pues necesitará tiempo para descansar, comer y dormir. Podemos entonces suponer que lo más que puede hacer un hombre en 24 horas es subir la montaña de 3,000 m de altura cargando su propio cuerpo de 70 kg y que esa es la potencia promedio que puede desarrollar. La potencia desarrollada (trabajo/tiempo) en watts es:
 - a) 5
 - b) 10
 - c) 15
 - d) 25
3. En el mundo el promedio de potencia (energía por unidad de tiempo) que utilizamos los humanos se estima en 2,000 watts per cápita (incluye todos los rubros: energía eléctrica, energía para el transporte, etc.) Considerando que físicamente solamente podemos desarrollar determinada cantidad de watts, lo anterior implica que equivalentemente vivimos como si tuviésemos a nuestro servicio muchos esclavos. En el caso de México operamos con 1,400 watts por habitante considerando también todos los rubros. ¿Cuántos esclavos nos corresponderían?
 - a) 12
 - b) 36
 - c) 46
 - d) 56
4. Considerando la potencia que puede desarrollar un humano promediada sobre 24 horas: ¿Cuánta energía puede producir

en 24 horas en kwh? Una vez obtenida esta cantidad, multiplicarla por el precio del kwh en Baja California y obtener lo que le pagaríamos a cada uno de los esclavos que nos ayudan a mantener nuestra economía. ¿Cuánto le pagaríamos al día?

- a) 1 peso
- b) 5 pesos
- c) 20 pesos
- d) 50 pesos

QUINTO GRUPO: VIENDO EL MAR CON OTROS OJOS

Vayámonos ahora a la playa para relajarnos un poco y olvidarnos de incendios forestales, kilos de camarón y exhalaciones de gases de invernadero. Si bien no se necesita ser experto en oceanografía física para apreciar y disfrutar de las bellezas de la playa, descubrir algunas cosas básicas sobre las olas del mar no le estorba a nadie. Saber cómo y por qué se comportan las olas como lo hacen es importante en muchas actividades productivas y de seguridad. En la primera pregunta del último grupo se plantea simplemente que determinen la frecuencia de las olas que llegan a las playas en Baja California, y se les indica que, por lo general, cada mar tiene una frecuencia característica.

Después se les pide que indiquen si la velocidad de la ola aumenta o disminuye al acercarse a la playa. Enseguida, en la tercera pregunta se les plantea una manera de saberlo sin tener que visitar la playa, basándose en el hecho de que prácticamente todas las olas que llegan a la playa lo hacen perpendicularmente. En la última se les pregunta qué es lo que permanece sin cambio cuando una ola se acerca a la playa.

Está comprobado que estos conocimientos hacen que se disfrute mejor de la playa, y que si además se comparten con la pareja en un atardecer en la playa harán del improvisado maestro(a) la persona más inoportuna y aburrida del mundo. ¡Buena suerte!

1. Las olas que se ven todos los días a lo largo de las costas de California y de la Península de Baja California se producen por el efecto del viento mar adentro en el Océano Pacífico. El ritmo de las olas depende del régimen de vientos y puede variar, pero cada región tiene un ritmo más o menos regular que se considera normal para esa parte del planeta. En el caso de Baja California y California: ¿Cuántas olas llegan normalmente a la playa cada minuto?
 - a) 1
 - b) 2
 - c) 3
 - d) 6
2. Si bien en muchos sentidos los tsunamis y las olas comunes difieren en algunos aspectos, ambos fenómenos necesariamente tienen mucho en común, pues después de todo se trata en los dos casos de ondas en el mar. Una de las cosas que tienen en común es que cuando se acercan a la costa su velocidad cambia con respecto a la que tenían en alta mar. ¿Aumenta o disminuye la velocidad? O tal vez no cambia.
 - a) no cambia
 - b) aumenta
 - c) disminuye
 - d) no aplica
3. Para saber cómo cambia la velocidad de una ola al acercarse a la playa no hay nada como observarla en su camino. Sin embargo, esto no es estrictamente necesario. Una de las cosas más fascinantes de la ciencia es conectar un hecho con otro, de tal forma que conociendo uno de ellos se pueda deducir el otro. De hecho, eso es lo que es la ciencia.

La ciencia no es simplemente un conjunto de conocimientos aislados que hay que aprender uno por uno. El poder de la ciencia deriva de que esos conocimientos están organizados y jerarquizados, y de que uno puede deducir, partiendo de pocos principios o leyes, hechos conocidos y por conocer, sin tener que observarlos directamente. O sea que podemos predecir. El caso que nos ocupa es muy simple pero ejemplifica esta conexión. El saber, por haberlo observado, que las olas llegan perpendicularmente a la playa a pesar de que se aproximan a ella de todas las direcciones, implica una de las tres opciones: a) que su velocidad aumenta al acercarse a la playa, b) que su velocidad disminuye, o bien c) que no hay variación. Para reconocer la conexión imaginen una ola que se aproxima oblicuamente a la playa, y consideren las tres opciones. En una de ellas la ola debe girar para alinearse a lo largo de la playa, en otra debe girar para dirigirse normal o perpendicularmente a la playa, y en la otra no gira. Obviamente, la respuesta correcta es la que corresponde al caso que lleva a que las olas lleguen normalmente a la costa. ¿Cuál de las opciones conduce al hecho real?

- a) aumento de la velocidad
- b) disminución de la velocidad
- c) misma velocidad
- d) que no hay variación

4. En cualquier fenómeno existen cantidades que cambian y otras que no cambian. En el caso de las olas del mar ¿Cuál de las siguientes variables o cantidades no cambia en el proceso de pasar de alta mar a la playa?
- a) altura
 - b) frecuencia
 - c) longitud de onda
 - d) velocidad

**LOS GANADORES DE LA XII OLIMPIADA
DE CIENCIAS DE LA TIERRA FUERON...**

Maestro asesor: Manuel Armando Gómez Piñón.
Plantel: COBACH La Mesa, Tijuana.

1er. Lugar: Christian Uriel Pérez Delgadillo

2do. Lugar: Guadalupe Ramos García

3er. Lugar: Eduardo Luis Romero Saucedo

LOS COLORES DEL CIELO Y LA XIV OLIMPIADA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

Enrique Gómez Treviño

CICESE, Ensenada, Baja California, 22860 México
Correo electrónico: egomez@cicese.mx

Si el cielo fuese verde a nadie le extrañaría, como tampoco nos extraña que de hecho sea azul. El color del cielo es uno de esos fenómenos que, por ser tan cotidianos, los damos por triviales sin mayor consideración. Si un mes el cielo fuese azul y el otro mes verde, para cambiar después a rojo o naranja, entonces sí que llamaría la atención y forzaría a la mente a buscar explicaciones. Y sin embargo, a pesar de ser algo tan común que apenas si llama la atención, ha habido desde hace miles de años personas para quienes el color de cielo requiere de una explicación en términos más elementales que simplemente decir que es azul, porque ese es su color, azul. Explicar algo en términos más elementales significa proponer una hipótesis de lo que está detrás o más allá de lo que se ve a simple vista. Se trata de descubrir lo que está cubierto.

La primera sospecha de que debe haber algo más allá de lo que se ve a simple vista proviene de observaciones de sentido común. En el caso del cielo tenemos que el aire es transparente a la luz, o al menos eso parece. No se puede detectar, de día o de noche, si una linterna de mano está encendida o apagada, a no ser que la veamos de frente o que ilumine algo. Esto indica que la luz simplemente se pasa de largo sin ser afectada por el aire, o bien que el aire es transparente. Pero si el aire es transparente entonces la luz del Sol se pasaría de largo y el cielo debería ser oscuro. Veríamos luz solamente viendo el Sol directamente, como en el caso de la linterna. Pero el hecho es que el cielo se ilumina, y se ilumina incluso por un buen rato después de la puesta del Sol.

Esto nos lleva a que el aire no es tan transparente como parece. ¿Qué es lo que lo hace que no sea tan transparente? ¿Y por qué azul? ¿Y por qué rojo al atardecer? ¿Y por qué en experimentos con linternas, en pequeños volúmenes, el aire sí es transparente?

La aventura de descubrir lo que está detrás de estos fenómenos le tomó a la humanidad miles de observaciones, hipótesis, experimentos y cálculos a lo largo de muchos siglos. Destacan los trabajos pioneros e ideas científicas del mundo árabe de alrededor del siglo X. Posteriormente en Europa, personajes tan brillantes como Leonardo da Vinci y Newton realizaron observaciones y experimentos al respecto pero fallaron en descifrar el enigma. Alrededor del año 1800 se descubre que la luz azul del cielo está polarizada, más experimentos y observaciones, más hipótesis descartadas y así llega la parte final del siglo XIX. Lord Rayleigh propone una teoría más o menos convincente basándose en los experimentos de Tyndall, pero con ciertas deficiencias que fueron luego completadas por Einstein. Y llega 1918. El hijo de Lord Rayleigh demuestra experimentalmente

que no se requieren partículas extrañas al aire para que la luz se esparza según había predicho su padre. Y es que Lord Rayleigh, al igual que todos los científicos anteriores excepto Alhazen, tenían su partícula favorita, para unos era polvo, para otros gotitas de agua, humo o cristalitas de sal.

Las 25 preguntas sobre este tema que se incluyeron en el examen de la XIV Olimpiada recrean esta fascinante historia sobre el color del cielo y aspectos relacionados.

Estas preguntas se incluyen al final del presente artículo. En lo que sigue se presenta la guía que se publicó un mes antes del examen. En esta ocasión presentaron el examen 137 estudiantes provenientes de preparatorias de Mexicali, Tijuana, Rosarito, San Felipe y Ensenada.

LOS GANADORES DE LA XIV OLIMPIADA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

1er. Lugar: Christian Uriel Pérez Delgadillo
2do. Lugar: Guadalupe Ramos García

Maestro asesor: Manuel Armando Gómez Piñón.
Plantel: COBACH La Mesa, Tijuana.

3er. Lugar: Francisca Saldaña Velazco

Maestro asesor: Gabriela de la Selva Rubio
Plantel: COBACH Tijuana Siglo XXI

GUÍA PARA LA XIV OLIMPIADA ESTATAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA UGM-CICESE

SÁBADO 29 DE NOVIEMBRE DE 2008
ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

El examen de la XIV Olimpiada constará de dos partes. La primera se basará en las preguntas de las olimpiadas VI (año 2000) y X (año 2004), según se encuentran en artículos de la revista *GEOS*. En esta revista de la Unión Geofísica Mexicana se han publicado cada año los informes de cada olimpiada, con una parte de las preguntas y con alguna reflexión sobre el tema del año. En esta misma página pueden consultar o descargar todos los artículos que se han escrito al respecto, los cuales a la fecha son 12, aunque se han realizado 13 olimpiadas (sólo hay 12 artículos porque en el primero se cubren la primera y la segunda). Leyendo los artículos podrán darse una idea de cómo han ido cambiando las cosas en estas olimpiadas, el tipo de preguntas así como los temas de cada año. Sin embargo, para el examen revisen muy bien los correspondientes a las dos olimpiadas mencionadas, porque 75 preguntas de las 100 que acostumbra-

mos poner en cada examen saldrán de esos artículos. En el artículo sobre la olimpiada VI hay 30 preguntas y en el de la X hay otras 50. En total encontrarán 80 preguntas, de las cuales se escogerán 75 para el examen de la presente olimpiada. Decidimos revivir la mitad de las preguntas de la X olimpiada, la del año 2004 que trata sobre el Calentamiento Global, dado el renovado interés sobre este tema en el último año, con la entrega del Premio Nobel 2007 a Al Gore.

Sin embargo, para no perder la costumbre de preguntas nuevas y mantener la emoción que trae consigo lo inesperado, decidimos incluir 25 preguntas nuevas, las cuales no conocerán sino hasta que estén en el examen. Estas preguntas versarán sobre observaciones de la atmósfera que ustedes mismos pueden realizar todos los días y que pueden plasmar en preguntas concretas. Por ejemplo: se observa que el cielo es azul. La pregunta obligada sería: ¿Cómo, o porqué, es que el cielo es azul? Otra: se observa que aún después de la puesta del Sol tenemos un buen rato de luz con la que podemos hasta leer. ¿Por qué no se oscurece el cielo de inmediato? ¿De dónde viene esa luz? Podrán observar también que si bien el cielo es azul directamente sobre nosotros, hacia el horizonte el azul tiende a convertirse en blanco. Esto le interesaba mucho a Leonardo da Vinci (hace más de 500 años) porque quería pintar paisajes realistas y deseaba saber cómo producir esos efectos. Vean por ejemplo la Mona Lisa. ¿Y el arcoíris, qué es? ¿Quién calculó el espesor de la atmósfera midiendo lo que dura el crepúsculo, y cómo y cuándo lo hizo? ¿Y a propósito, qué es el crepúsculo? ¿Y la aurora y el alba, qué son? ¿Quién fue Ibn Muadh (pista gratis)? ¿Desde cuándo se sabe o se comprende por qué el cielo es azul? ¿Tuvo Einstein algo que ver en el asunto?

Háganse preguntas como estas y ahora que existe la Red, Web o Internet, se puede consultar mucho más fácil que antes sobre cualquier tema con un buen buscador. Si no encuentran lo que buscan en español, búsqüenlo en inglés (también hay diccionarios en línea que los ayudan a traducir). ¿Porqué las nubes son blancas, y por qué hay unas muy oscuras? Todos estos fenómenos ópticos de nuestra atmósfera se entendieron cabalmente sólo hasta hace apenas un siglo. Muchos científicos, desde los tiempos de los griegos hasta hace muy poco, hacían sus propuestas e hipótesis así como experimentos para comprobar sus ideas. Cada quién estaba convencido de que su teoría era correcta, pero como siempre ha habido envidiosos, casi tan pronto como se proponía algo aparecía alguien más para detectar errores y proponer algo mejor. Así las cosas, no queda otra alternativa que mejorar con cada nueva crítica o propuesta. Y así sigue siendo en la ciencia, es uno de sus puntos fuertes. Una vez que se prueban las hipótesis éstas se convierten en teorías. Léanse el ensayo con el que empieza el artículo sobre la XI olimpiada. Allí se explican de manera muy simple lo que son las teorías y para qué sirven.

En lo que concierne al comportamiento de la luz en la atmósfera parece que ya tenemos todo lo que necesitábamos: una buena teoría. Desde hace varias décadas nadie ha podido demostrar que los fenómenos básicos se pueden explicar mejor con otra teoría. Cuando decimos que tenemos una buena teoría no nos referimos a algo que puedan leer en un párrafo y aprenderlo de memoria. En realidad se trata de un conjunto de ideas

que en su tiempo fueron hipótesis, luego teorías y, de hecho, valga la redundancia, ahora son hechos. Detrás del comportamiento de la luz en la atmósfera está que la atmósfera está hecha de átomos, que estos son de naturaleza eléctrica, que tienen cierto tamaño y que están separados por ciertas distancias. Ah, y también que están constantemente chocando entre ellos.

También está detrás que la luz es una onda como las olas del mar y que esas ondas son de perturbaciones eléctricas que pueden mover a los átomos, ya que también son eléctricos. Los detalles de porqué el cielo se pone rojo a la puesta del Sol se los dejamos a ustedes. ¿Habían oído hablar del rayo verde?

En sus búsquedas en la Red traten de hacerse para ustedes mismos una visión general de lo que pasa. Integren los diferentes detalles en una historia que puedan contar. Por ejemplo: El Sol emite luz de diferentes longitudes de onda, con un máximo más o menos en el centro, la luz llega a la atmósfera y perturba a las moléculas de que se compone el aire, la perturbación no es igual para todas las longitudes de onda, siendo las más eficaces las de tal o cual longitud de onda, las moléculas afectadas remiten la luz en todas direcciones y eso es lo que vemos como el color del cielo, los otros colores se pasan de largo y no los vemos. ¿Y si no hubiera atmósfera en la Tierra, podríamos ver las estrellas en el día? ¿Y podríamos vernos unos a otros? ¿Y podríamos escondernos debajo de un techo sin paredes? No cabe duda que siendo las cosas como son, vivimos en un planeta muy bonito. La capa de ozono también tiene algo que ver con el azul del cielo, pero a cierta hora. Tenemos además el fenómeno de la polarización, el cual se puede apreciar con lentes o plásticos polarizados (ojo: no todos los lentes o plásticos oscuros son polarizados). Como en los eclipses y en general, no se debe ver directamente al Sol, con o sin lentes.

Recuerden, lean y trabajen en los artículos de las VI y X olimpiadas, tanto en los ensayos como en las 80 preguntas, y también en el ensayo de la XI olimpiada (no en las preguntas). Las preguntas nuevas valdrán el doble que las otras. En total serán 100 preguntas como siempre.

Pan, café, chocolate y frutas para quienes no hayan desayunado. Para el mediodía trataremos de contratar los tacos de siempre (los del año pasado estuvieron bien, pero el consenso se inclinó hacia los anteriores). Antes de la comida tendremos, como siempre, la visita a varios laboratorios incluyendo la red sismológica donde se reciben las señales de los sismos que ocurren en Baja California (ya recibimos mediante Internet información de estaciones instaladas en Baja California Sur). Por favor recuerden que es muy conveniente para nosotros que se inscriban con anterioridad, ya sea en forma individual o en grupo según se indica en el poster (en esta página), porque nos permite planear mejor la cantidad de exámenes que debemos imprimir, preparar un día antes los gafetes con sus nombres, imprimir los diplomas de participación, así como el número de pupitres que necesitaremos y la cantidad de comida que debemos ordenar. Sin embargo, aún si no se inscriben con anticipación, pueden llegar ese mismo día e inscribirse. A la fecha hemos podido manejar perfectamente a los pocos que a última hora se deciden en participar. Saludos cordiales y buena suerte. Los esperamos en Ensenada.

LAS 25 PREGUNTAS SOBRE EL COLOR DEL CIELO

1. La luz es invisible en el aire, de día o de noche. Hagan la prueba con una linterna. Véanla desde atrás o de lado, y no sabrán si está encendida o apagada. De acuerdo con esto, cuando el Sol se mete debería hacerse de noche inmediatamente, pues la luz sobre nuestras cabezas sería invisible y no podría iluminarnos. Simulen una puesta de Sol con una linterna y un libro como obstáculo. Verán que la oscuridad es inmediata al otro lado del libro. Entonces, si el aire es transparente no debería haber crepúsculos. Y sin embargo los hay. Para simular un crepúsculo, hagan lo mismo que para la puesta de sol, pero ahora hagan que la luz de la linterna incida sobre humo. Como por arte de magia, verán que la parte oscura se ilumina con luz más o menos difusa. ¿Qué está pasando? Al parecer, las partículas de humo reflejan como minúsculos espejitos la luz que de otra manera pasaría sin ser detectada. Esta reflexión ocurre en todas direcciones, pues se ilumina la parte oscura detrás del libro, así como llega a nuestros ojos en el lado opuesto. Al parecer se trata de una reflexión muy especial, porque la luz que antes tenía una dirección determinada, ahora no tiene dirección preferencial. El crepúsculo requiere, según esta similitud, que el aire no sea tan transparente y que tenga esta especie de espejitos que difunden la luz por todos lados. Pero ¿Qué son, o de qué están hechos estos espejitos? ¿Existen en realidad? ¿El cielo es azul porque los espejitos son azules, y al atardecer se vuelven rojos? La inquietud e interés por explicar este tipo de fenómenos llegó al mundo árabe en el siglo VIII a través de La Casa de la Sabiduría, en Bagdad, Iraq, donde se realizaron las primeras traducciones de los escritos griegos. El primer personaje importante de esa época fue al-Kindi, a quien las explicaciones de Aristóteles de que el aire cambia de color al condensarse le parecieron sin mucho fundamento. Las observaciones de al-Kindi lo llevaban a que el aire es transparente y que para que tenga color, deberá contener algún tipo de partículas que no fueran transparentes. Para al-Kindi estas partículas eran
- a) polvo terrestre b) gotitas de agua
c) humo d) cristalitos de sal
- 2.-Doscientos años después de al-Kindi vivió en Egipto quien para muchos fue el primer científico del mundo. Nació en Basra, Iraq. Sus obras fueron traducidas al latín y eran conocidas en Europa en la edad media, en donde se le conocía como Alhazen. Su libro Óptica ha sido considerado, al lado del Principia Matemática de Filosofía Natural de Newton, como uno de los libros más influyentes en la historia de la física. Se le considera pionero del método científico y, como tal, autor de la idea más influyente en la historia de la ciencia en los últimos mil años. Entre sus logros se incluyen el principio de Fermat de tiempo mínimo para la luz y el principio de inercia de Galileo o primera ley de Newton. Prometió al Califa que podía hacer una presa para controlar el río Nilo, pero al visitar el área se dio cuenta que no podría cumplir su promesa y, para evitar que lo mataran (así se estilaba en ese tiempo y lugar), se hizo pasar por loco. Al morir el Califa recuperó “milagrosamente” la razón. Ese periodo de “demencia” duró más de 10 años, tiempo en que escribió su obra principal Óptica. Era partidario de que la atmósfera no era infinita, sino que debía tener un espesor finito. Sus observaciones sobre la interacción entre luz y aire lo llevaron a concluir que el aire retiene una pequeña parte de la luz. Esto hace que el aire se vuelva a su vez una fuente de luz, remitiendo en todas direcciones esa pequeña parte que se guarda. Su opinión era que no se requiere de ningún tipo de partícula en el aire para que se produzca este efecto. El verdadero nombre de este personaje era
- a) al-Kindi b) Ibn al-Haytham
c) IbnMuadh d) al-Biruni
- 3.-Abu Abd Allah Muhammad ibn Muadh Al-Jayyani, o simplemente Ibn Muadh, nació en el año 989 en Córdoba, España. Su nombre y apellidos no son típicamente españoles como los que se usan actualmente, porque nació en el periodo de varios siglos en que ese país estuvo ocupado por los árabes. Para muchos, Ibn Muadh es el gran científico olvidado, pues sus contribuciones no han sido suficientemente reconocidas en la historia de la ciencia, como lo son la invención de la trigonometría esférica y la demostración de importantes teoremas al respecto. Ibn Muadh estimó, hace mil años, el espesor de la atmósfera mediante una combinación muy ingeniosa de observaciones y geometría, en el más puro estilo de los antiguos griegos y, al mismo tiempo, en el más moderno estilo de la ciencia actual. Estimó primero el ángulo que hacen los rayos del Sol con respecto a la línea del horizonte en el momento en que se hace completamente de noche. Para eso estimó la duración del crepúsculo vespertino y la comparó con la duración de un día completo. El crepúsculo vespertino es la parte del día que va desde que se oculta el Sol en el horizonte hasta que se hace completamente de noche, cuando la sombra de la Tierra termina por desaparecer en el horizonte. Su estimación de dicho ángulo corresponde perfectamente a las mediciones actuales. El ángulo en grados es de
- a) 4.5 b) 9.0 c) 13.5 d) 18
- 4.-En nomenclatura o notación moderna, el razonamiento de Ibn Muadh conduce a la fórmula $h=R(1-\cos(A/2))/\cos(A/2)$, donde h es el espesor de la atmósfera, R es el radio de la Tierra y A es el ángulo mencionado en la pregunta anterior. Recuerden que los antiguos griegos ya habían estimado el radio de la Tierra y que dicho valor era muy cercano al que tenemos nosotros. Los árabes de ese tiempo conocían los logros de los antiguos griegos porque hacia el siglo VIII habían localizado y traducido muchas de sus obras matemáticas y de otras disciplinas, incluyendo los compendios de Aristóteles. En lo que se conoce como la época de oro del mundo árabe, del siglo VIII al XIII, se continuaron y superaron muchos de los logros de los griegos, en universidades y bibliotecas distribuidas a lo largo y ancho del imperio. Europa vivía lo que se conoce como la Edad Media y existía nulo o casi nulo interés por la ciencia, excepto en España que, como se mencionó anteriormente, en ese tiempo formaba parte del imperio árabe. Utilizando un valor de R de 6,370 km, la fórmula de Ibn Muadh lleva a que el espesor de la atmósfera es de
- a) 20 km b) 40 km c) 80 km d) 160 km

5.-Leonardo da Vinci, pintor, ingeniero, inventor, escultor y hombre de ciencia, vivió en Italia alrededor del año 1500. Conocía los trabajos de Aristóteles y de los científicos árabes sobre el color del cielo, así como de algunos de sus propios contemporáneos, y no podía sino quedar confundido por las diferentes opiniones y teorías al respecto. Siendo él mismo uno de los descubridores de la perspectiva, con la que se le da profundidad a dibujos y pinturas, su interés no era pura curiosidad, pues le interesaba poder hacer lo mismo pero a base de colores, como se puede apreciar en gran parte de sus cuadros. Como buen representante del renacimiento europeo, ponía en duda todas las opiniones y se dedicaba a observar por sí mismo y a probar diferentes hipótesis. Experimentaba con luz reflejada en humo proveniente de leña seca y húmeda, y comparaba con diferentes fondos, oscuros y claros. Subía a los Alpes y veía cómo el cielo de azul se convertía en negro, y veía hacia el horizonte y lo encontraba más azul. Sus observaciones y experimentos lo llevaron a concluir que el color azul del cielo se debía a la presencia en el aire de

- a) polvo terrestre b) gotitas de agua
c) humo d) cristalitas de sal

6.-Doscientos años después, aparece en Inglaterra un libro llamado Óptica, esta vez por Isaac Newton. En el libro se describen muchos descubrimientos hechos por el autor sobre la reflexión y refracción de la luz, así como la demostración de que la luz blanca está compuesta de los diferentes colores del espectro que todos conocemos. Para aplicar sus descubrimientos a la atmósfera, en particular al color azul del cielo, Newton supuso que pequeñas partículas por reflexión podían descomponer la luz blanca en sus diferentes colores, y que de alguna manera las cosas se acomodaban para que viéramos solamente la parte azul. Las partículas que Newton suponía era

- a) polvo terrestre b) gotitas de agua
c) humo d) cristalitas de sal

7.-Aunque la teoría de Newton sobre el color azul del cielo fue bastante criticada, su prestigio en otras áreas de la ciencia era tan grande, que pocos se atrevían a hacerlo abiertamente y a proponer teorías alternativas. Uno que lo hizo fue Rudolf Clausius, de Berlín, Alemania. Clausius demostró, 150 años después de la propuesta de Newton, que de ser cierta su teoría el Sol debería de verse 100 veces más grande. Obviamente algo estaba mal en la explicación de Newton. Clausius modificó la teoría de Newton para salvarla. Lo que hizo fue re calcular los efectos de las mismas partículas que Newton, pero huecas. Las partículas que Clausius modificó eran de

- a) polvo terrestre b) gotitas de agua
c) humo d) cristalitas de sal

8.-Unos años después, en 1868, el físico irlandés John Tyndall se propuso hacer un cielo artificial en un tubo de vidrio. Lo más simple hubiera sido cerrar el tubo y trabajar con el aire tal como es, o simplemente trabajar con el aire, sin tubo, como en la primera pregunta. Ya sabemos que en este caso no pasa nada, no hay ni crepúsculo ni cielo azul ni nada. Veremos más adelante que en realidad sí existen estos fenómenos en volúmenes pequeños de aire, pero es muy, muy

difícil detectarlos. De hecho, si fuera posible detectar estos efectos en pequeños volúmenes, no hubieran sido enigmas por tanto tiempo. Lo que hizo Tyndall fue incidir luz blanca en vapores de varios ácidos y sustancias, observando que si en el tubo había gotitas microscópicas se producía el azul. Tyndall explicaba que la luz azul se producía porque la luz blanca incidente interactuaba con las gotitas mediante una de las cuatro propiedades de la luz conocidas hasta entonces. ¿Cuál de ellas escogió?

- a)refracción b)reflexión
c)difracción d)dispersión

9.-Tyndall escogió la propiedad equivocada, pero no por tonto, sino porque todavía no se había descubierto la propiedad que necesitaba. Unos años después, Lord Rayleigh, quien todavía no era Lord, trabajando en la Universidad de Cambridge, Inglaterra, se propuso desenmarañar los resultados experimentales de Tyndall. La clave para Lord Rayleigh estaba en que todas las sustancias probadas por Tyndall producían luz azul, y que solamente lo hacían cuando las gotitas eran extremadamente pequeñas, y el efecto desaparecía cuando las gotitas se hacían más grandes. Obviamente la clave no era la sustancia sino el tamaño. Hizo unos cálculos comparando la longitud de onda de la luz azul con estimaciones del tamaño de las gotitas, y se dio cuenta que su diámetro era menor que la longitud de onda. Y ahí estaba el error de Tyndall, porque la propiedad que escogió sólo tiene sentido cuando los objetos son grande con respecto a la longitud de onda. Imaginó una nueva propiedad de la luz al interactuar con objetos pequeños, a la cual llamó esparcimiento, en el sentido de esparcirse o difundirse algo, en este caso la luz. Esta nueva propiedad es parte de la ciencia moderna y explica perfectamente el color del cielo y muchas otras cosas, pero no como lo expresó Lord Rayleigh en su momento. Como muchos antes que él, excepto Alhazen, todos requerían partículas de algún tipo en el aire, como el humo en los experimentos de la primera pregunta. ¿Cuál era la partícula preferida de Lord Rayleigh?

- a) polvo terrestre b) gotitas de agua
c) humo d) cristalitas de sal

10.-La teoría de esparcimiento de Rayleigh predice que la luz esparcida está polarizada a cierto ángulo con respecto a la luz incidente. Esto estaba muy bien porque Tyndall en sus experimentos había observado ese mismo ángulo. Ustedes pueden hacer sus propias observaciones al respecto con una botella de vidrio o de plástico con agua, a la que le agreguen unas gotas de leche. El agua se pone un poco turbia por las partículas en suspensión, las cuales en este caso serán las responsables del esparcimiento. Coloquen una lámpara encendida en el fondo de la botella y verán que la luz que primero se esparce es la azul, llegando al otro lado solamente la amarilla y roja. Con un plástico polarizado determinen la polarización de la luz azul. También lo pueden hacer viendo el cielo. El hecho de que los tres valores coinciden, el experimental, el teórico y el del cielo, sugieren que el experimento es una versión correcta de lo que pasa en el cielo, y que la teoría explica ambos casos, por lo que debe ser una buena teoría. El ángulo de polarización es de

- a) 45 grados b) 90 grados c) 180 grados d) 360 grados
- 11.-La teoría que no pasó la prueba de la polarización fue la de Newton, la cual predice un ángulo que no corresponde ni al del cielo ni al de los experimentos. Solamente algunos despistados y mal informados siguen pensando que Newton estaba en lo correcto. El ángulo que predice la teoría de Newton es de
a) 54 grados b) 64 grados c) 74 grados d) 84 grados
12. En 1973 recibió el Premio Nobel de fisiología/medicina un científico alemán por haber hecho un descubrimiento fascinante en 1949. Sus primeras investigaciones datan de 1910, con trabajos donde demuestra que los peces pueden distinguir colores y brillo. Pasa después a estudiar a las abejas y tras décadas de observarlas y experimentar con ellas descifra la llamada danza de las abejas, mediante la cual las abejas que llegan a la colmena indican a sus compañeras la dirección y distancia a la que se encuentra la fuente de alimento. Experimentando con luz polarizada, también descubrió que las direcciones se indican con respecto al patrón de polarización del cielo a esa hora del día. Y no importa que esté parcialmente nublado, porque utilizan todo el patrón del cielo, por lo que sólo necesitan unos pocos claros donde se vea el cielo y reconocen el patrón completo. El nombre de este científico es
a) Karl von Frisch b) Karl von Weber
c) Karl von Braun d) Karl von Bonnel
13. En 1809 se descubrió que la luz del cielo está polarizada. Se estima que 40 % de la luz que vemos está polarizada. Esta es una cantidad relativamente grande, pues es casi la mitad del total. Por miles de años no nos dimos cuenta de que casi la mitad de la luz que vemos tiene propiedades especiales. Las abejas lo sabían pero nunca dijeron nada. El hecho es que aunque nos lo hubieran dicho de alguna manera, nosotros no sabríamos de qué estaban hablando, porque nosotros no tenemos células especializadas para distinguir polarizaciones y ellas sí. El científico que descubrió que el cielo estaba polarizado construyó un aparato hecho de muchos vidrios inclinados para polarizar la luz, y descubrió lo que nosotros podemos comprobar con un simple plástico polarizado. El nombre de este científico es
a) Francois Arago b) John Tyndall
c) Karl vonWeber d) Simon Laplace
14. La luz que no está polarizada puede polarizarse natural o artificialmente. Polarizar la luz significa escoger la que vibra en una dirección determinada. Esto es lo que hace los plásticos polarizados, rechazan una componente y dejan pasar la otra. Algunos procesos naturales son capaces de hacer lo mismo. Por ejemplo, cuando luz no polarizada incide sobre la superficie del agua, la parte que se refleja está polarizada horizontalmente y la que penetra lo está en otra dirección perpendicular. Por eso es que los plásticos polarizados les son muy útiles a los pescadores, pues eliminan los reflejos y permiten ver lo que está por debajo de la superficie: los peces. El ángulo de incidencia al cual la luz está completamente polarizada en dos direcciones perpendiculares se le conoce como ángulo de
a) Arago b) Tyndall c) Brewster d) Descartes
15. Los espejos polarizan la luz por
a) reflexión b) refracción
c) esparcimiento d) no la polarizan
16. Los patrones de polarización del cielo son bastante regulares y simples. Cambian en forma regular según avanza el día. El patrón al amanecer es el mismo que al anochecer pero rotado y trasladado a la posición correspondiente del Sol. Uno puede extrapolar y reconstruir fácilmente todo el patrón con ver solamente una parte del mismo. Por eso es que las abejas pueden utilizarlo aún en días parcialmente nublados. La polarización de la luz del cielo es
a) tangencial a círculos alrededor del Sol
b) perpendicular a círculos alrededor del Sol
c) tangencial a elipses alrededor del Sol
d) perpendicular a elipses alrededor del Sol
17. Si en Tijuana el máximo de polarización del cielo se encuentra exactamente sobre nuestras cabezas, en Matamoros
a) el máximo está más hacia el este
b) el máximo está sobre sus cabezas
c) es de noche
d) el máximo esta hacia el sur
18. El rayo verde es el título de una novela de Julio Verne, en la que los personajes buscan oportunidades de ver el rayo verde, pero siempre se ven frustrados por la presencia de nubes, barcos u otros obstáculos en el momento crítico. Este fenómeno se debe principalmente a la forma diferente en que los colores se refractan en la atmósfera. Como se sabe, por el experimento de Newton con el prisma, el color azul se refracta mucho más que el rojo. Esto implica que desde nuestro punto de vista el Sol al atardecer es más rojo en su parte inferior y más azul en su parte superior, aunque generalmente no lo notemos. El efecto aumenta cuando la atmósfera es más refractiva, lo cual sucede cuando hay mayor gradiente vertical de densidad del aire. En condiciones óptimas los colores se separan lo suficiente para ser observados a simple vista, y aparece el rayo verde al final de la puesta del Sol. Sin embargo, según lo que sabemos el azul se refracta más que el verde, por lo que el rayo debería ser azul, pero no lo es. ¿A dónde se fue el azul? El color azul
a) se refracta tanto que se pierde
b) se refleja hacia atrás
c) se esparce y no llega
d) se difracta y se pierde
19. Como se mencionó anteriormente, Lord Rayleigh pensaba que su teoría necesitaba algún tipo de partícula además de las moléculas del aire, y él mismo propuso su favorita. Uno supondría que siendo él quien propuso la nueva propiedad de la luz, debería saber qué partículas estaba simulando con sus matemáticas. Pero no, no lo sabía. La razón es que su teoría de esparcimiento es indiferente al tipo de partícula. Recordemos que se propuso simular los resultados de Tyndall, los cuales le indicaban que el fenómeno de la luz azul dependía solamente del tamaño de las gotitas de los vapores. Su resultado final fue que la intensidad de la luz que esparce una partícula pequeña, más pequeña que la longitud de onda de la luz, aumenta al disminuir la longitud de onda. O sea,

- que una partícula pequeña esparcirá más luz azul que roja, simplemente por tener menor longitud de onda. En términos más precisos, la dependencia que encontró se expresa como $1/4\lambda$ (λ = longitud de onda). Calcular cuántas veces más se esparce la luz azul ($\lambda = 400$ nm) que la roja $\lambda = 700$ nm.
a) 700/400 b) 10 c) 2 d) 70
20. Las nubes están formadas por gotitas de agua -no de vapor de agua, como generalmente se cree- de alrededor de 20 microm (20,000 nm) de diámetro, o sea que son más o menos 30 veces más grandes que la longitud de onda de la luz roja y más veces que la de la azul. Cuando la luz incide sobre partículas de este tamaño también se produce el fenómeno de esparcimiento. O sea que la luz, independientemente desde qué dirección proceda, al interactuar con las gotitas de agua éstas la esparcen en todas direcciones, al igual que en el caso del esparcimiento de Rayleigh. La diferencia, sin embargo, es que en este caso la cantidad de luz esparcida casi no depende de la longitud de onda. Esto implica que si la luz incidente es blanca, la luz esparcida también es blanca. Y así tenemos que las nubes, que en realidad están hechas de agua transparente, se ven como cúmulos de algodón. El modelo matemático de este tipo de esparcimiento fue desarrollado por un científico alemán de apellido
a) Goethe b) von Brawn c) Mie d) Kosch
21. Cuando el Sol está sobre nuestras cabezas la luz atraviesa la atmósfera más o menos verticalmente, siendo afectada solamente por un espesor de aire aproximadamente igual al espesor de la atmósfera. Sin embargo, cuando el Sol se pone en el horizonte, la luz tiene que viajar a través de un espesor mucho mayor de aire. Esta diferencia es responsable de fenómenos como el de los atardeceres rojos. ¿Cuántas veces es mayor la cantidad de aire en los atardeceres que al mediodía?
a)10 b)15 c)25 d)35
22. ¿Cómo es que el cielo se pone rojo hacia el horizonte cuando se pone el Sol? Esto es porque el color rojo es el que
a) menos se refracta b) menos se dispersa
c) menos se esparce d) menos se diluye
23. Cuando alrededor del año 1900 se hicieron las primeras estimaciones del tamaño de átomos y moléculas y de las distancia entre ellos, particularmente en gases, se calculó que en una longitud de onda de la luz cabían alrededor de 100 moléculas de aire. Estos números eran devastadores para el modelo de esparcimiento de Rayleigh, porque si caben tantas moléculas en una longitud de onda, implica que para nosotros que estamos lejos, lo que hace la mitad positiva de la onda se debe cancelar con lo que hace la parte negativa. El efecto neto a grandes distancias se cancela, y adiós el cielo azul: la teoría no sirve. Y sin embargo el efecto existe, y la teoría parecía muy buena. ¿Qué hacemos? ¿La desechamos como se desechó la de Newton, o la mejoramos introduciendo algo que se nos olvidó? La cuestión es imaginar y encontrar lo que se nos olvidó. Entre 1908 y 1910 Einstein y Smoluchowski salvaron la teoría de Rayleigh basándose en que
a) sólo hay una molécula por longitud de onda
b) en el aire existen fluctuaciones de densidad que rompen la simetría
c) la longitud de onda del azul es en realidad mucho menor
d) no son las moléculas de aire las que esparcen la luz sino cristalitas de sal
24. El experimento del crepúsculo artificial con la linterna y el humo sugiere que se necesita algún tipo de partícula en el aire para que se produzca el esparcimiento de la luz. Todos los interesados en el problema sugerían un tipo de partícula además del aire, excepto Alhazen, hace mil años, para quien el aire mismo retenía una parte de la luz y la volvía a emitir en todas direcciones. Hasta el mismo Lord Rayleigh sostenía que se requerían partículas extrañas al aire, y que si en realidad era suficiente con el aire mismo, nunca se iba a poder probar en el laboratorio con muestras pequeñas de aire. Sin embargo, en 1918 su propio hijo demostró experimentalmente con aire puro que sí existe esparcimiento de la luz y además con los aspectos de polarización y de colores que predecía la teoría de su padre. Así se cierra la historia de este tema, aunque todavía es creencia común que son partículas de polvo u otro material las que hacen que el cielo se ponga rojo al atardecer. Cuando hay muchas partículas extrañas el efecto aumenta, pero no son necesarias. Alhazen tenía razón. El hijo de Lord Rayleigh no se apellidaba Rayleigh, porque tenía el apellido original de su padre, quien recibió el título nobiliario de Lord Rayleigh por herencia de su abuelo, quién lo recibió por haber peleado contra Napoleón a principios de siglo XIX. El apellido original de Lord Rayleigh era
a) Kelvin b) Strutt c) Thomson d) Rutherford
25. El último enigma sobre el color azul de cielo se resolvió hacia 1950 por Edward Olson Hulburt. En la hora del crepúsculo el cielo sigue siendo azul sobre nuestras cabezas, pero según el esparcimiento de Rayleigh ya no debería ser azul sino rojo, o por lo menos amarillo, porque el azul ya se esparció antes de llegar a nosotros, como sucede hacia el horizonte. Hubo que tomar mediciones en globos aerostáticos y cohetes para resolver esta cuestión, así como recordar experimentos hechos en 1887 en Francia sobre el ozono. En ese tiempo ya se había descubierto el ozono y se sabía que absorbe los rayos ultravioleta, y también que la atmósfera, en alguna parte, contiene ozono. También se sabía que el ozono filtra la luz visible, aunque en menor grado que la ultravioleta - como mil veces menos. El ozono deja pasar sólo el azul y filtra los demás colores por un proceso químico de disociación de moléculas. En el día lo que predomina es el azul del esparcimiento de Rayleigh, pero en el crepúsculo domina este otro efecto de filtrado, porque a esa hora se están iluminando sólo las altas capas de la atmósfera, en donde se encuentra precisamente el ozono. O sea que el cielo sigue siendo azul, pero por un proceso químico, no físico. Casi nadie nota la diferencia cuando el cielo pasa de un proceso a otro, porque esa luz, para que llegue a nosotros, como de hecho llega, termina por esparcirse según el mecanismo de Rayleigh. El proceso de absorción responsable por el efecto de filtrado se llama
a) absorción de Arago b) absorción de Chappuis
c) absorción de Hulburt d) absorción de Lorentz

RAYOS Y CENTELLAS Y LA XV OLIMPIADA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

Enrique Gómez Treviño

CICESE, Ensenada, Baja California, 22860 México
Correo electrónico: egomez@cicese.mx

Es una gran suerte para nuestra generación y para las generaciones futuras que existan todavía muchos fenómenos misteriosos en nuestro planeta. Por lo general, uno termina la preparatoria con la idea de que la ciencia es lo que se dice en los libros de física, biología, química o matemáticas. Que lo que uno tiene que hacer es simplemente aprenderse las fórmulas, conceptos y datos que ahí se dan, y que con eso ya se posee una educación científica. De hecho así son las cosas, pero se pierde lo que para muchos, desde Platón, es lo más importante de la ciencia: un docto ignorar. Ignorar algo, enmarcarlo en el conjunto de conocimientos que ya se tienen, planear y ejecutar experimentos u observaciones que nos lleven de la ignorancia al conocimiento, y así lograr incrementar el nivel de conocimientos, es, y siempre será, la esencia de la ciencia.

Este año decidimos compartir esa sensación del no saberlo todo, con los estudiantes y maestros de preparatoria. Escogimos fenómenos que mucha gente ha observado, como los rayos, las centellas y las luces de terremotos. Los últimos dos apenas si se han reconocido como objetos para ser tratados por la ciencia, y apenas si sabemos qué los causa o a qué se deben en detalle. Antes era difícil informarse (desde casa o en la escuela) sobre estos fenómenos, pero ahora, con la existencia de la Red, uno puede conseguir información de última hora en unos cuantos minutos. Existen videos de rayos cayendo sobre aviones, autos o edificios, así como de centellas, luces de terremotos y hasta de nubes asociadas a terremotos. También se pueden leer artículos al respecto, ya sea de divulgación o publicados en revistas de prestigio. Los temas mencionados se complementaron con otros dos, el del cambio climático y el de los colores del cielo, que ya habían sido tratados en concursos anteriores.

El primer lugar fue ganado por Jesús Manuel Durán Morales, estudiante del Cobach plantel Guadalupe Victoria de Mexicali, quien recibió un premio económico y una medalla, así como también su asesor, José Espinoza González. El segundo sitio lo obtuvo el joven Miguel Ángel Hernández Cruz, del Cobach Siglo XXI de Tijuana y Gabriela de la Selva Rubio como su asesora; y el tercer puesto recayó en Miguel Galeno Rocha de Cobach La Mesa y su asesor Manuel Armando Gómez Piñón.

A continuación se incluye la guía proporcionada a los estudiantes un mes antes del examen, así como las 25 preguntas sobre el nuevo tema: rayos y centellas. En la liga siguiente encontrarán una reseña del evento:

<http://www.youtube.com/watch?v=Q5d-4HvP32U>

GUÍA PARA LA
XV OLIMPIADA ESTATAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA
UGM-CICESE
SÁBADO 28 DE NOVIEMBRE DE 2009
ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

La ciencia no lo sabe todo ni pretende saberlo todo. Lo que sí pretende, y de hecho lo hace y lo hace muy bien, es saber cada vez más sobre múltiples aspectos de la realidad. En eventos anteriores ustedes y sus maestros han explorado los avances en lo que respecta al origen del Universo y lo que pasa en el interior de las estrellas, así como lo relativo al cambio climático, sismos, tsunamis, huracanes y hasta sobre los colores del cielo y de las puestas de sol. Esta vez el tema nuevo abarcará diversos fenómenos eléctricos que suceden en la atmósfera, como los familiares rayos y relámpagos, así como otros menos conocidos y aún otros que suscitan controversias. Busquen y lean sobre centellas o rayos en bola, fuegos de San Telmo, fuegos fatuos, y luces y nubes asociadas a terremotos. La ciencia no lo sabe todo sobre varios de estos fenómenos. Es increíble que sepamos más sobre lo que sucede en el interior de las estrellas que lo que sucede en la atmósfera en determinadas circunstancias. En parte esto se debe a que la misma estrella se puede observar muchas veces, mientras que algunos de estos fenómenos son únicos o duran muy poco, y no es fácil hacer mediciones cuando ocurren.

Investiguen estos temas en la Red. Se van a asombrar y a divertir mucho. Aunque todos los temas son muy interesantes, seguramente encontrarán que el de las centellas es el más fascinante y misterioso. Hasta hace algunas décadas no se le consideraba como tema científico serio, sino como producto de alucinaciones o ilusiones ópticas. Si alguien veía una, mejor se quedaba callado porque seguro lo tildarían de loco. Y es que no es para menos, porque las centellas parecen cosa de otro mundo. Según reportes pueden entrar por las chimeneas, por debajo de las puertas, por una ventana aunque esté cerrada y hasta atravesar paredes. Actualmente, con tantas cámaras fotográficas en el mundo ya no se tienen dudas de su existencia, pues hay muchas fotografías y videos que confirman las observaciones y reportes de antaño.

De hecho, en varios laboratorios y universidades de prestigio en el mundo han logrado producir centellas con características similares a las observadas. Sin embargo, a pesar de los avances en física y química y otras disciplinas, no sabemos a ciencia cierta lo que son las centellas. El problema es que diferentes investigadores han sintetizado lo que parecen ser centellas, usando diferentes métodos y materiales, de tal forma que sus centellas son de diferente naturaleza entre sí. Y como nadie

ha logrado hacer mediciones en centellas reales, pues entonces no se sabe si algunas de las centellas creadas en laboratorio son de la misma naturaleza que las reales. Uno de los logros más espectaculares en la síntesis de centellas artificiales lo lograron en enero de 2007 investigadores brasileños. Un año antes un profesor de una Universidad de Texas en San Marcos logró también resultados alentadores pero usando métodos y materiales diferentes. Revisen estos reportes, vean fotos y videos de centellas y lean anécdotas sobre ellas. Tal vez ustedes, sus familiares o amigos hayan visto una y no quieren decir, o lo han dicho y no les creen.

Sobre los fuegos de San Telmo no hay ninguna duda. Se trata de un fenómeno eléctrico muy común, bien conocido y reproducible. Sobre los fuegos fatuos existen varias hipótesis, ninguna comprobada cabalmente. Revisen lo que son estos fuegos y las hipótesis y críticas al respecto. Las luces de terremotos es otro fenómeno que ahora se acepta en la comunidad científica y se estudia con seriedad, pero aún no tenemos una explicación satisfactoria. Otra vez, lean al respecto y vean fotos y videos de estas luces. Más controversia despierta el tema de que semanas antes de que ocurra un gran terremoto aparecen extrañas nubes en el cielo. Estas nubes se reportan desde la antigüedad en Grecia, China e India como algo normal antes de un sismo fuerte. Recientemente, algunos científicos han retomado esta idea para predecir la ocurrencia de terremotos. Para monitorear un continente se requieren fotografías de satélite, pero localmente las observaciones se pueden hacer a simple vista. Según los entusiastas de esta técnica de predicción las nubes deben ser de cierta forma. Busquen ejemplos e identifiquen la forma, busquen quién en la antigua Grecia dejó escritos al respecto y quién en la India. Además, busquen cómo se llama el científico contemporáneo que revivió estas ideas y de qué nacionalidad es. La idea es que en el proceso de buscar los nombres se familiaricen con las ideas y las teorías que ellos manejan. Por ejemplo: ¿Qué saldrá de la Tierra antes de un temblor para que se formen esas nubes? Como se mencionó anteriormente, estas ideas de las nubes no están aceptadas por la corriente principal de estudiosos de los sismos. Sin embargo, nada se pierde si todos los días inspeccionan el cielo buscando nubes con las características adecuadas. Tal vez ayuden a confirmar o desmentir estas ideas.

El tema mejor investigado es el de los rayos y relámpagos, en donde sí se han tomado innumerables mediciones, fotografías y videos, y en donde existe una teoría con todo y ecuaciones para simular el proceso en una computadora. Se desconocen todavía algunos detalles, pero en términos generales se conoce muy bien el fenómeno. En la Red encontrarán no sólo fotos y videos sino además detalles como rayos negativos y positivos, distribuciones de cargas eléctricas en las nubes y en la tierra, valores típicos de la duración de los rayos, de los voltajes necesarios para que sucedan, valores de corrientes eléctricas y longitudes medias, así como la cantidad de rayos que caen por segundo en la Tierra. Busquen todos estos datos y traten de memorizarlos, pero no sólo memorizarlos, sino también imaginarlos. Busquen el tipo de nubes en las que se producen los rayos, vean fotos y videos de las mismas y déjense impresionar por su aspecto majestuoso. No sólo se aprendan el nombre de esas nubes. Eso sólo sirve para medio impresionar a otros. Véanlas en las fotos y videos y recuerden si las han visto en el cielo, y

si no las han visto seguro algún día las verán. Lo importante es poder relacionar lo que se aprende con lo que se ve, o al revés, relacionar lo que se ve con lo que se aprende.

El rayo, el relámpago y el trueno son fenómenos diferentes, aunque están íntimamente relacionados. Los tres son consecuencia de que en cierto tipo de nubes se separan cargas positivas y negativas. Revisen a qué se refieren cuando usan cada uno de los tres términos. Los rayos son fenómenos que suceden en una pequeña fracción de segundo. Fue necesaria la invención de cámaras muy rápidas para revelar detalles y demostrar que los rayos también tienen historia, aunque es una historia muy corta. Sobre esto revisen lo que son los líderes escalonados hacia arriba y hacia abajo. Sobre el relámpago busquen de dónde proviene la luz o cómo es que se produce luz, y lo mismo para el trueno, de dónde proviene el sonido o cómo es que se produce. Busquen estadísticas sobre la incidencia de rayos en personas y aviones y seguramente se sorprenderán. Busquen las precauciones que uno puede tomar para estar menos expuesto a que le caiga un rayo.

En el examen de este año habrá de 25 a 30 preguntas sobre estos fenómenos eléctricos de la atmósfera. Se recomienda que busquen en la Red artículos al respecto. Existe bastante información sobre ellos en español. También pueden buscar en inglés. Para esto necesitarán conocer los términos en inglés. Rayo es lightning, centella es ball lightning, fuego de San Telmo es Saint Elmo's fire, fuego fatuo es ghost-light, luces de terremotos es earthquake lights, nubes de terremotos es earthquake clouds, trueno es thunder y relámpago es flash. Un buen lugar para empezar es la Wikipedia, la cual además de contener información tiene muchas ligas hacia otras fuentes. En YouTube encontrarán videos de rayos, centellas, crecimiento de nubes, luces de terremotos y de temas relacionados.

Otras 25 preguntas del examen estarán basadas en las 25 preguntas nuevas del examen de la XIV olimpiada en 2008, esto es, versarán sobre los colores del cielo, el porqué es azul y demás material relacionado. Revisen muy bien esas 25 preguntas, aunque algunas estén muy extensas. No sólo busquen las respuestas correctas, porque en las mismas preguntas hay mucha información y sobre esa información se pueden reformular preguntas nuevas. Encontrarán estas preguntas en el informe sobre la XIV olimpiada, el cual se incluye en esta misma página. El resto del examen se basará en las 50 preguntas incluidas en el informe de la X olimpiada, que se llevó a cabo en el año 2004. Este informe también se incluye aquí para mayor comodidad. El tema de ese año fue el de Cambio Climático, y se incluyó el año pasado como parte del examen porque es un asunto muy importante. Este año repetimos esta parte porque muchos de ustedes no eran estudiantes de preparatoria ni en el 2004 ni el año pasado. En total serán 100 preguntas. Las nuevas 25 preguntas sobre los rayos y centellas las conocerán hasta el día del examen y valdrán el doble que las restantes 75.

Por favor recuerden que es muy conveniente para nosotros que se inscriban con antelación, ya sea en forma individual o en grupo, al fax 646-175-05-67, o mejor electrónicamente según se indica en esta página, porque ello nos permite planear mejor la cantidad de exámenes que debemos imprimir, preparar un día antes los gafetes con sus nombres, imprimir los diplomas de participación, así como el número de mesa-bancos que nece-

cesitaremos y la cantidad de comida que debemos ordenar. Sin embargo, aún si no se inscriben con anticipación, pueden llegar ese mismo día e inscribirse. A la fecha hemos podido manejar perfectamente a los pocos que se deciden a participar a última hora.

Habrán pan, café, chocolate y frutas para quienes no hayan desayunado. De 8:00 a 10: AM se entregarán los gafetes con sus nombres. A las 10:00 AM inicia el examen y se termina a las 12:01 PM. Antes de la comida tendremos, como siempre, la visita a varios laboratorios incluyendo la red sismológica donde se reciben las señales de los sismos que ocurren en Baja California. Entre las 2:00 y 3:00 PM se harán las premiaciones. Saludos cordiales y buena suerte. Los esperamos en Ensenada.

LAS 25 PREGUNTAS NUEVAS PARA LA XV OLIMPIADA

- De 1959 a 1994, en los Estados Unidos fallecieron 3,239 personas que fueron alcanzadas por rayos, un promedio de alrededor de 100 por año. Este promedio es mayor que el de fallecimientos por huracanes y tornados, pero su impacto en los medios de comunicación es pequeño porque se trata de eventos aislados. De 1995 a 2004 fallecieron por la misma causa 489, un promedio de alrededor de 50 por año. La reducción se le atribuye a la mayor educación en cuestiones de prevención y seguridad. Si uno se encuentra en medio de una tormenta eléctrica los peores lugares son los lugares altos o debajo de un árbol, y los más seguros son una casa o un auto. Más detalles al respecto los pueden buscar en la Red. Los aviones también son muy seguros por los sistemas de protección que tienen. En la aviación comercial se estima que a un avión le caen en promedio 2 rayos por año, y sin mayores consecuencias. La cuestión es que una vez en un lugar seguro uno no debería de tener miedo a los rayos, o a lo sumo tener un poco de miedo pero controlado. Sin embargo, está documentado alrededor del mundo que muchas personas experimentan una fobia o miedo irracional a los truenos y relámpagos. Es especialmente común en los niños. Los síntomas, como en las demás fobias, incluyen el pánico, dificultad para respirar, taquicardia, sudoración, y náuseas. El fóbico suele sentirse sin control de estos síntomas. Muchos afectados intentan controlar su fobia escondiéndose durante las tormentas. Los niños típicamente se esconden en lugares sin ventanas, como en un armario, debajo de la cama, o en cualquier otro lugar donde puedan evitar ver el relámpago y escuchar el trueno. Esta fobia se conoce con el nombre de:
 - Agarofobia
 - Truenofobia
 - Astrafobia
 - Rayofobia
- La destrucción que causan los rayos, la majestuosidad de los relámpagos y la sensación que producen los truenos de que algo terrible está pasando, nos sugieren, al igual que a los antiguos, que los rayos poseen una energía inimaginable. De cierta manera esto es así, pero también es cierto que tienen una debilidad, y ésta es que no duran casi nada, apenas si menos de una milésima de segundo. Si existiera la tecnología para aprovechar su energía, que de hecho no existe, y convertirla en energía eléctrica utilizable, el negocio seguramente no sería rentable. Un rayo negativo promedio de una sola descarga despliega una energía equivalente a mantener encendido un foco de 100 W por dos meses. Suponiendo que el kWh vale 2 pesos: ¿Cuántos pesos se obtendrían de uno de esos rayos?
 - 3
 - 30
 - 300
 - 3,000
- Un rayo negativo promedio de una sola descarga puede bajar de la nube a la tierra una carga eléctrica negativa de 5 Coulombios. Esta cantidad de carga es pequeña si la comparamos con las cargas que circulan por nuestros aparatos electrodomésticos. Por ejemplo, por un tostador de pan pasan 10 Amperios, lo que significa que pasan 10 Coulombios cada segundo. Esto es, el doble de lo que baja de la nube. La gran diferencia es que de la nube los 5 Coulombios no bajan en un segundo, sino en una fracción muy pequeña de un segundo. La situación es tal que mientras en el tostador la corriente es de 10 Amperios, en el canal de descarga del rayo la corriente es de 30,000 Amperios. Con corrientes de esta magnitud es sorprendente que muchos a los que les cae un rayo sobrevivan, como de hecho sobrevive el 80 %, aunque con lesiones de leves a severas. Utilizando los datos de 5 Coulombios de carga eléctrica y de 30,000 Amperios de corriente, calcular el tiempo de descarga del rayo. Este tiempo en milisegundos es de:
 - 160
 - 16
 - 1.6
 - 0.16
- Aunque ahora nos parezca obvio que los rayos son de naturaleza eléctrica, o sea producidos por cargas eléctricas, hubo un tiempo en que esto era sólo una sospecha. Eran los tiempos anteriores al famoso experimento que realizó Benjamín Franklin en 1752. Franklin notó que las fibras sueltas de la cuerda de la cometa o papalote se repelían más a medida que el papalote se acercaba a la nube. La chispa que saltó entre uno de sus dedos y la llave al final de la cuerda completaba la prueba: la nube y el suelo tenían cargas contrarias capaces de crear chispas, al igual que sucedía en experiencias de laboratorio donde se tenía control sobre las cargas. El experimento, cuidadosamente diseñado para probar o refutar la hipótesis-sospecha, había sido un éxito. Franklin también tenía consigo instrumentos de la época además de la cometa y la llave de bronce al final de la cuerda. La pregunta es: ¿Determinó Franklin el signo de la carga en la nube?
 - No. No pudo.
 - Sí. Determinó que era (+)
 - No. Ni lo intentó
 - Sí. Determinó que era (-)
- Georg Wilhelm Richmann fue un físico perteneciente a la Academia Imperial de Ciencias de San Petersburgo, donde estaba a cargo del observatorio astronómico. Tras la publicación de los escritos de Benjamin Franklin se dedicó al estudio de la electricidad atmosférica. Mientras trataba de reproducir los experimentos de Franklin con la cometa, falleció electrocutado por una descarga, en 1753. ¿Qué tipo de descarga golpeó a Richmann?
 - un rayo positivo
 - una centella
 - un fuego de San Telmo
 - un rayo negativo
- Franklin no fue el primero en demostrar que los rayos son de naturaleza eléctrica. Thomas Dalibard realizó un mes antes que Franklin un experimento equivalente, pero basándose en una publicación de 1750 del mismo Franklin, en donde

- éste proponía dicho experimento. Franklin aclara en su autobiografía que comparando las fechas, su experimento con la cometa lo realizó varias semanas después del de Dalibard, pero que en 1752 él no lo sabía. Se dice que ellos se conocieron personalmente en 1767 y se hicieron amigos cuando Franklin, quien vivía en lo que ahora son los Estados Unidos, visitó el país de Dalibard. Ese país ayudó mucho a lo que ahora son los Estados Unidos a independizarse en 1776, y para celebrar los 100 años de independencia ese mismo país le regaló en 1876 a los Estados Unidos la estatua de la libertad. ¿De qué país era Dalibard?
- a) Inglaterra b) Italia c) Canadá d) Francia
7. Los aztecas tenían su dios de la lluvia, el cual también era el dios de los rayos y las tormentas. Este dios era Tlaloc. Para los mayas el dios era Chaac. Para los antiguos griegos era Zeus, y para los romanos era Júpiter, aunque Zeus y Júpiter eran en realidad la misma deidad. ¿Cómo llamaban los vikingos a su dios de los rayos?
- a) Odín b) Thor c) He-Man d) Ullr
8. El metro es la unidad de longitud y el segundo es la unidad de tiempo en el sistema internacional de medidas. La duración de un rayo es menor que un segundo, la unidad de tiempo, y resulta que el diámetro del rayo es también menor que un metro, la unidad de longitud. Considerando que la longitud media de un rayo típico es de 5,000 metros, resulta que los rayos son entes bastante esbeltos, muy altos y muy delgados. ¿Cual es el diámetro o grosor del canal del rayo en metros?
- a) 0.001 a 0.002 b) 0.01 a 0.02 c) 0.1 a 0.2 d) 1 a 2
9. Cuando una corriente eléctrica tan grande como la de los rayos pasa por un canal tan estrecho, implica que hay muchos iones que deben pelearse por seguir su camino, los positivos en una dirección y los negativos en la dirección opuesta, resultando en golpeteos que necesariamente aumentan la temperatura del aire en el canal de descarga. Esta temperatura puede alcanzar unos 30,000 grados Centígrados, la cual equivale a varias veces la temperatura de la superficie del Sol. ¿Cuántas veces?
- a) 2 b) 3 c) 5 d) 8
10. La mayor parte de las descargas eléctricas que se inician en las nubes terminan en las mismas nubes. Si lo hacen en la misma nube se llaman intra-nube, y si es entre diferentes nubes se les llama inter-nube. Le siguen en frecuencia los rayos entre la parte inferior de las nubes, por lo general con carga negativa, y la tierra, la cual responde por simple inducción con cargas positivas. A estos se les llaman rayos negativos porque bajan carga negativa a la tierra. Después de muchos de estos rayos, hacia el final de las tormentas, las nubes tienen exceso de cargas positivas. Al parecer, este exceso de cargas positivas es la causa de la existencia de los rayos positivos, llamados así porque bajan carga positiva a la tierra. Estos rayos se inician en la parte alta de la nube y por lo general no bajan verticalmente, como los negativos, sino que suelen tocar tierra a una distancia promedio de 10 km de la nube, aunque en esa área no haya habido tormenta.
- Son mucho más peligrosos que los rayos negativos, pues descargan en promedio 300 Coulombios y la corriente típica es de 300,000 Amperios. Afortunadamente sólo representan alrededor de 5 % de los rayos que tocan tierra. Otra de las causas por las que son más peligrosos es que duran mucho más tiempo que los rayos negativos. Con los datos de la carga de 300 Coulombios y la corriente de 300,000 Amperios, calcular la duración de un rayo positivo. El tiempo en milisegundos es de:
- a) 1 b) 10 c) 100 d) 1000
11. Hace apenas si dos décadas que se descubrió que durante las tormentas eléctricas se disparan rayos positivos gigantes que, en lugar de caer a la tierra, o sea hacia abajo, se disparan hacia arriba, hacia las altas capas de la atmósfera. Estas descargas depositan cargas positivas particularmente en una capa de la atmósfera que se extiende desde los 50 hasta los 100 km de altura llamada ionosfera. El balance de las cargas que llegan a la tierra y las que se depositan en la ionosfera es tal que la tierra tiene cargas negativas y esa capa de la atmósfera tiene cargas positivas. Como resultado, en la superficie de la tierra, o sea donde nosotros estamos y caminamos todos los días, existe un campo eléctrico de 100 voltios por cada metro de altura. Por otra parte, el voltaje entre las dos esferas, la ionosfera y la tierra, es de alrededor de 350,000 voltios y es más o menos estable, a pesar de que todos los días hay alrededor de 2,000 tormentas eléctricas que harían que este voltaje aumentara indefinidamente y que toda la atmósfera explotara en una gran descarga. La razón de que no explote es que la atmósfera es poco conductora, de tal forma que deja que bajen lenta y continuamente cargas de arriba hacia abajo. Este flujo es pequeñísimo, pero sumado alrededor de toda la tierra es de alrededor de 2,000 Amperios. Si no hubiera tormentas eléctricas esta corriente terminaría por bajar toda la carga positiva de la ionosfera y cancelar la negativa en la tierra. Considerando que son alrededor de 1,200,000 Coulombios de carga que tendrían que bajar a tierra: ¿Cuánto tiempo se necesitaría para descargar la ionosfera?
- a) 10 segundos b) 10 minutos c) 10 horas d) 10 días
12. Los rayos positivos que caen a tierra son mucho más poderosos que los negativos. Si uno negativo despliega una energía capaz de mantener un foco de 100 Watts encendido por dos meses, la energía de uno positivo mantendría ese mismo foco de 100 Watts encendido por 100 años. Haciendo el mismo ejercicio que con la energía del rayo negativo, calcular los ingresos de una supuesta compañía ficticia que logró captar esa energía concentrada del rayo positivo, y convertirla en energía menos concentrada para venderla a 2 pesos por kWh. ¿Cuáles serían los ingresos, en pesos, de la supuesta compañía por vender la energía de un rayo positivo?
- a) 2,000 b) 20,000 c) 200,000 d) 2,000,000
13. Los rayos, positivos o negativos, descargan su energía una vez que los líderes escalonados abren el conducto de descarga. Los rayos positivos por lo general consisten de una sola descarga y todo vuelve a la normalidad. Sin embargo,

los rayos negativos por lo general consisten de más de una descarga. Estas descargas se suceden una a otra cada 50 milisegundos, un tiempo relativamente largo comparado con la duración de la descarga misma, la cual toma alrededor de 50 microsegundos. Los rayos negativos más comunes no son los de una sola descarga sino de varias. Por eso es que cuando cae un rayo observamos una especie de luz intermitente. Lo que pasa en realidad es que varias descargas aprovechan el mismo canal. Después de la primera descarga, otras partes de la nube descargan su carga negativa a través del mismo canal porque es el camino de menos resistencia a tierra. Cuando ya no hay más carga, el canal se enfría y rayos subsecuentes tendrán que construir su propio canal con nuevos líderes. ¿Cuántas descargas presentan típicamente los rayos negativos?

- a) 3 a 4 b) 5 a 6 c) 7 a 8 d) 9 a 10

14. Comparando con otros países, en México cae una cantidad de rayos por kilómetro cuadrado que no es ni muy grande ni muy pequeña, sino más o menos promedio. El lugar de la Tierra donde caen más rayos se encuentra en África ecuatorial, en la República Democrática de el Congo. En ese lugar caen 160 rayos por kilómetro cuadrado cada año. Como un kilómetro cuadrado es lo mismo que cien manzanas, eso quiere decir que en promedio, cada año cae más de un rayo en una manzana. Esto no parece mucho pero: ¿Qué tal si tus padres te dicen que en la manzana donde tú vives han caído 30 rayos desde que naciste? Es lo mismo que 1.6 por año si tienes alrededor de 18 años de edad. Dentro de nuestro propio país la distribución de rayos no es uniforme, siendo algunos estados más propensos que otros. ¿En cuál de los siguientes cuatro estados de México caen menos rayos.

- a) Tamaulipas b) Yucatán
c) Baja California d) Sinaloa

15. De todas las descargas eléctricas el 70 % son intra-nube o inter-nube y 30 % caen a tierra, incluyendo el mar, donde si bien caen menos que en la tierra su contribución no es despreciable. Cuando se habla de rayos que caen a tierra se sobreentiende que se incluyen también los que caen en el mar. Un 5 % de ese 30%, o sea sólo 1.5 % son positivos, afortunadamente. Los rayos que se producen en tormentas de arena y en erupciones volcánicas no son tan comunes y no cuentan casi nada en las estadísticas. En toda la tierra existen en cualquier momento alrededor de 2,000 tormentas eléctricas activas, cada una contribuyendo al total de rayos que caen a la tierra. Antes de la existencia de satélites especializados para contar rayos, se estimaba una cantidad de rayos por segundo mayor a la que se considera correcta actualmente. Se considera correcta la estimada con satélites. Considerando esta cantidad: ¿Cuántos rayos caen por hora en toda la tierra?
- a) 10,000 b) 30,000 c) 60,000 d) 120,000

16. Decir que los rayos caen a la tierra no es completamente correcto. En realidad el proceso de los rayos es más complejo, pues además del líder negativo que baja de la nube, existe otro positivo que, aunque de menos longitud, sube del suelo hacia la nube. Veamos cómo es el proceso completo: El líder

escalonado negativo que baja de la nube, el cual no es otra cosa que cargas negativas, a medida que se acerca a tierra atrae y concentra cargas positivas en el suelo, las cuales pueden ser tan grandes que ionicen el aire cercano y formen un líder positivo hacia arriba. Cuando ambos se encuentran se crea el canal de descarga por donde suben iones positivos y bajan negativos. O sea que el rayo en realidad no baja, sino que sube y baja al mismo tiempo. Lo que sí es cierto es que todo se inicia porque el líder escalonado negativo empieza a bajar. Se le llama líder escalonado porque se va formando por escalones o pasos, los cuales duran si apenas 1 microsegundo y avanzan de 10 a 50 m cada uno. El siguiente paso tarda en aparecer como 50 microsegundos. En total el líder tarda en formarse cientos de milisegundos, hasta 1 segundo, y aunque es poco brillante comparado con el rayo que viene después, se puede ver en la mayoría de los casos. La forma ramificada hacia abajo se debe a que muchos de los escalones no tienen éxito y hasta allí llegan, quedando fuera del canal de descarga. A veces todo empieza con un líder positivo desde abajo. Esto pasa principalmente en los edificios altos con pararrayos, en donde frecuentemente se ve que las ramificaciones son hacia arriba, como debería de ser. Si bien estos líderes positivos en edificios se conocen desde hace mucho, los que aparecen en tierra como producto de un líder negativo son difíciles de observar. Su existencia se predijo teóricamente en 1950 por Heinz W. Kasemir pero sus trabajos fueron ignorados hasta 1980. Ahora que se han fotografiado no hay duda de que existen. Los líderes negativos que bajan de las nubes tienen varios kilómetros de longitud, mientras que los positivos que ascienden de la tierra son más pequeños. Su longitud típica hasta encontrarse con el líder negativo es del orden de :

- a) centímetros b) metros
c) decenas de metros d) centenas de metros

17. La caída de un rayo sobre un terreno arenoso provoca la fusión de los granos de sílice (óxido de silicio) hasta una profundidad de más de un metro, en una zona muy estrecha de no más de 5 cm, resultando una especie de tubo retorcido y ramificado. Tienen una apariencia de raíz y a veces muestran pequeños agujeros. Algunos les llaman tubos de rayos, electricidad petrificada o rayos congelados. Su nombre científico es:

- a) tunderitas b) fulguritas c) electritas d) rayitas

18. El silicio es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre después del oxígeno. Por otro lado, cuando a rocas o arenas ricas en óxido de silicio les cae un rayo, el silicio puede evaporarse y separarse del oxígeno, para después volver a oxidarse y liberar energía. La abundancia del silicio y su forma de recombinarse con el oxígeno lo hace un buen sujeto de experimentación en la búsqueda de formas artificiales para producir centellas en el laboratorio. Para probar esta hipótesis los científicos brasileños Antonio Pavão y Gerson Paiva diseñaron un experimento en el que fundieron óxido de silicio y sí, sí aparecen bolas que parecen centellas y además duran varios segundos, como las que se reportan asociadas con las tormentas eléctricas. ¿Qué utilizaron como fuente de energía para simular el rayo?

- a) microondas b) radiofrecuencias
c) arco eléctrico d) positrones
19. El científico Karl D. Stephan de la Texas State University-San Marcos, generó centellas en el laboratorio, en el aire y a presión atmosférica, y lo más importante, sin el uso de vapores de sólidos como requieren otros experimentos. ¿Qué utilizó como fuente de energía para simular el rayo?
- a) microondas b) radiofrecuencias
c) arco eléctrico d) positrones
20. Los fuegos de San Telmo se observan con frecuencia en los mástiles de los barcos durante tormentas eléctricas en el mar, de ahí su nombre, pues San Telmo es el santo de los marineros. Los fuegos de San Telmo son descargas de efecto corona provocadas por la ionización del aire dentro del fuerte campo eléctrico que originan las tormentas eléctricas. Aunque se llaman “fuegos”, son en realidad plasmas de baja densidad y relativamente bajas temperaturas. También se da en aviones y dirigibles. Se cuenta que también se da en las puntas de los cuernos del ganado durante tormentas eléctricas. En realidad, se trata del mismo fenómeno que se utiliza en los focos de muchas casas. ¿Qué tipo de focos?
- a) incandescentes b) de neón
c) diodos de luz d) de tungsteno
21. Los fuegos fatuos son fenómenos consistentes en la inflamación de ciertos materiales que se elevan de las sustancias animales o vegetales en putrefacción, y forman pequeñas llamas que se ven andar por el aire a poca distancia de la superficie, especialmente en los lugares pantanosos y en los cementerios. Son luces pálidas que pueden verse a veces de noche o al anochecer. Se dice que los fuegos fatuos retroceden al acercarse a ellos. Existen muchas leyendas al respecto. El gas que supuestamente origina los fuegos fatuos es producto de la descomposición de la materia orgánica y arde a temperatura ambiente. ¿De qué gas se trata?
- a) metano b) butano c) gas natural d) fosfina
22. La primera mención escrita sobre luces de terremotos viene del historiador griego Calístenes, quien en 373 AC escribió que antes del terremoto que destruyó las ciudades de Helice y Buri aparecieron columnas de fuego. Calístenes es mejor conocido por sus escritos sobre las conquistas de Alejandro Magno, a quien acompañó en muchas de sus campañas. Por otra parte, ya en nuestros tiempos Marcel Ouellet en su artículo Earthquake lights and seismicity, publicado en la revista científica Nature del 6 de diciembre de 1990, reporta en relación con sismos ocurridos en 1988-1989 en Quebec, Canadá, bolas luminosas de varios metros de diámetro que salían del suelo una detrás de otra a pocos metros de los observadores. En general, los diversos reportes que existen sobre luces indican que estas pueden aparecer antes, durante o después de un terremoto. El fenómeno no fue aceptado como real por la comunidad científica hasta que se tomó una fotografía en 1966 durante la ocurrencia de un enjambre de temblores. ¿En qué país se tomó esa fotografía?
- a) Chile b) EEUU c) Japón d) China
23. La ciencia no ha logrado a la fecha uno de sus sueños dorados: predecir los terremotos. Ha habido éxitos aislados aquí y allá con base en fenómenos precursoros, o sea fenómenos que anticipan el temblor, pero que a veces funcionan y a veces no, por lo que no son confiables en la mayoría de los casos. Para los antiguos las cosas eran más sencillas. Al parecer, ellos sí sabían cómo predecir terremotos, o por lo menos creían que sabían. Sobre la formación de cierto tipo de nubes antes de un terremoto Aristóteles hace la siguiente observación: “Hay también un indicio en los cielos, pues cuando se acerca una sacudida, en el cielo despejado se extiende una nube como línea fina y larga. Zhonghao Shou, químico jubilado de origen chino, revivió hace algunos años esta idea relacionando cierto tipo de nubes con terremotos, partiendo de imágenes públicas procedentes de satélites meteorológicos. Según Shou, la nube que aparece antes del terremoto proviene del vapor de agua que sale del lugar de la falla geológica donde ocurrirá el terremoto. Las predicciones de Shou son a corto plazo, en una ventana de tiempo de alrededor de 30 días. Según Shou su método funciona en un porcentaje de:
- a) 70 b) 80 c) 90 d) 100
24. La teoría de Shou llamó la atención de los científicos cuando anticipó el terremoto que asoló Irán el 26 de diciembre de 2003. Unos días antes, el 21 de diciembre, Shou predijo para la zona un terremoto de 5.5 grados o mayor, basándose en el tamaño de la nube. El terremoto resultó de mayor magnitud que 5.5 y costó la vida de 26,000 personas. ¿De cuantos grados fue el terremoto?
- a) 6.5 b) 7.0 c) 7.5 d) 8.0
25. El capítulo 32 de La Gran Compilación, una especie de “Enciclopedia Británica” del siglo VI escrita en sánscrito por el filósofo, matemático y astrónomo Varahamihira, está dedicado a fenómenos precursoros de terremotos. Entre esos fenómenos se menciona la aparición de nubes inusuales una semana antes de un terremoto. La Gran Compilación, también conocida como Brihat Samhita, fue escrito en:
- a) China b) Japón c) India d) Mesopotamia