

06.03.06
607



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
INSTITUTO DE INVESTIGACION PARA
EL MEJORAMIENTO DE LA
EDUCACION COSTARRICENSE



UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y
NATURALES

CONSEJO NACIONAL PARA INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y TECNOLOGICAS
CONICIT



PLAN PILOTO PARA EL MEJORAMIENTO DE
LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA Y LA MATEMATICA

LAS CARICATURAS EN LA ENSEÑANZA DE LA FISICA

José Brenes André

1995

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
INSTITUTO DE INVESTIGACION PARA EL
MEJORAMIENTO DE LA EDUCACION
COSTARRICENSE**

**UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES**

CONSEJO NACIONAL PARA INVESTIGACIONES CIENTIFICAS

C.O.N.I.C.I.T.

***PLAN PILOTO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA
ENSEÑANZA DE LA CIENCIA Y LA MATEMATICA***

LAS CARICATURAS EN LA ENSEÑANZA DE LA FISICA

José Brenes André

1995

PRESENTACIÓN

En 1990 por iniciativa del Instituto de Investigación para el Mejoramiento de la Educación Costarricense (IIMEC) de la Universidad de Costa Rica y de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional, se presentó, ante el Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), el proyecto de investigación "Plan piloto para el mejoramiento de la enseñanza de las Ciencias y la Matemática", el cual busca promover el desarrollo de formas innovadoras en el aprendizaje y la enseñanza de las diferentes áreas de la Ciencias Naturales y la Matemática.

El proyecto fue aprobado por el CONICIT y cofinanciado con fondos del préstamo CONICIT-BID y los aportes de la Universidad de Costa Rica y de la Universidad Nacional. Se integró un equipo multidisciplinario con la participación de las Escuelas de Química, Física, Biología y Matemática de ambas universidades, de la Escuela de Formación Docente de la Universidad de Costa Rica y del Centro de Investigación y Docencia (CIDE) de la Universidad Nacional, con la coordinación del IIMEC por la Universidad de Costa Rica y la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales por la Universidad Nacional.

La ejecución del proyecto requirió la colaboración del Ministerio de Educación Pública, mediante la participación de dos instituciones de enseñanza primaria y dos de enseñanza secundaria, representadas en la Escuela República Dominicana (San José), la Escuela José Esquivel González Vindas (Heredia), el Liceo Rodrigo Facio (San José) y el Liceo Samuel Saénz (Heredia).

El trabajo conjunto de los docentes de las universidades y de las escuelas y colegios involucrados, favoreció el desarrollo de una serie de experiencias innovadoras en la enseñanza aprendizaje en Ciencias Naturales y la Matemática. Algunas de esas experiencias se presentan en esta publicación para compartirlas con la comunidad nacional y en especial con los docentes que, desde sus aulas, se esfuerzan por el logro académico de sus estudiantes.

La culminación de este proyecto fue posible gracias a la confianza y el aporte económico brindado por el Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas, la Universidad de Costa Rica, la Universidad Nacional y el Ministerio de Educación Pública, por lo que los docentes de enseñanza primaria, media y superior participantes, les expresamos nuestro más profundo agradecimiento a esas entidades y en especial, al CONICIT, por su interés en que esta publicación fuera posible.



Instituto de Investigación
para el Mejoramiento de la
Educación Costarricense (IIMEC)
Facultad de Educación

LAS CARICATURAS EN LA ENSEÑANZA

El uso de las caricaturas no ha sido sistemático en nuestro medio. Conversaciones que el autor ha mantenido con más de 50 profesores de Física le permiten afirmar que las caricaturas se han usado ocasionalmente, y únicamente como refuerzo del tema.

Las caricaturas que se utilizan en este trabajo han sido recogidas, por varios años, de diversos periódicos de circulación nacional. Las preguntas con que se acompañan son producto del trabajo que el autor ha llevado a cabo durante más de una década y media de análisis de las concepciones alternativas en Física que manejan nuestros estudiantes.

Este pequeño libro está dividido en dos partes:

a- Una primera parte, en la cual las caricaturas han sido agrupadas por tema, en un orden estructurado que permite el análisis sistemático del concepto en cuestión.

Si bien esta primera parte no fue directamente utilizada con los estudiantes del proyecto, se incluye porque si fue usada como material de apoyo a los profesores de Física del Liceo de Puriscal y de Ciudad Colón, que llegaron a formar parte de él, de manera oficial, durante todo 1994. El impacto que causó en ellos me motivó a ponerlo a disposición de otros profesores y estudiantes.

b- Una segunda parte, de 8 caricaturas, producto del trabajo provechoso que el autor tuviese con los profesores Javier Solís- quien también laboró en el Liceo de Ciudad Colón- y Joaquín Jiménez. Fueron ellos dos quienes lo pusieron a prueba con estudiantes de X año de los dos Liceos.

En el "Primer Encuentro Latinoamericano de Investigadores en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales", celebrado en Panamá, 16 al 19 Agosto, 1994 presenté algunos resultados de esa labor, dejando copia de 6 caricaturas a profesores de Panamá, Venezuela y Uruguay.

En el "V Simposio Interamericano: La Investigación Etnográfica de la Investigación Cualitativa en Educación", celebrado en San José, 3 al 5 de Noviembre, se presentó un análisis contextual, que el autor efectuara de parte de los resultados de este trabajo.

Mis más sincero agradecimiento a los profesores Javier Solís y Joaquín Jiménez por su cooperación durante los años 1993 y 1994.

EL LENGUAJE

Por cientos de años, los seres humanos han estado fascinados con el lenguaje y la comunicación; sin embargo, en muchos sentidos, solo estamos comenzando a entender la compleja naturaleza de este aspecto de la vida humana. Si preguntamos, por ejemplo, ¿cuál es la naturaleza del lenguaje?, o ¿cómo funciona la comunicación?, nos daremos cuenta de que estas preguntas no tienen respuestas simples y de que aún se han abordado en un sentido muy general. Similarmente, preguntas como ¿qué es energía?, ¿qué es la materia?, no pueden ser contestadas de una forma directa, y, de hecho, el campo completo de la Física es un intento de responderlas.

Por otra parte, convivimos tan cercanamente al lenguaje que nos parece algo "natural"; forma parte tan fundamental de nuestra vida que no nos parece algo distinto de ella. El lenguaje se nos ofrece, así, con una apariencia de naturalidad, de sencillez. Únicamente cuando ocurre algo inesperado, cuando estamos en una situación comunicativa formal y cometemos un error, por ejemplo, expresar una palabra equivocada, o cuando estamos en contacto con lenguas extranjeras, cobramos conciencia de la complejidad del lenguaje. En realidad, las personas monolingües dan por sentado muchas cosas en el lenguaje, pero con frecuencia olvidan su carácter arbitrario y no diferencian las palabras de los objetos -por ejemplo, los pueblos primitivos creían, a menudo, que el echar una maldición a alguien podía dañar realmente a su persona-; así como consideran que hay algo extraño en la forma de hablar de los extranjeros.

La razón de esta apariencia tan sencilla y natural se debe a que, como conjunto de hábitos, el lenguaje se adquiere fácilmente desde edad temprana, en el transcurso "natural" de los acontecimientos; asimismo, lo empleamos cotidianamente como forma, por excelencia, de comunicación.

El lenguaje es una convención, una tradición, una institución social que se ha formado a través de la vida común de un gran número de gentes que perpetúa esa tradición. Consecuentemente, la interpretación del mundo, propia del lenguaje que se ha adquirido desde la infancia, está determinada principalmente por factores históricos, sociales y económicos y por la tradición. Por ello, el lenguaje en sí no constituye la base para liberarse de prejuicios, aunque sí sirve de vehículo para ir más allá de los límites personales.

De este modo, el lenguaje se incorpora así al progreso del conocimiento, sin poder separarse de la evolución de las condiciones materiales de nuestra existencia. Así, aunque la gran parte de la humanidad no comprende la Física, sí utiliza ávidamente las aplicaciones y descubrimientos que de ella se derivan, y crea, incluso, nuevos términos.

Se llega de esta manera a lo que el especialista en lenguaje J. Lehmann ha mostrado: en aquellos dominios donde existen objetos totalmente nuevos, la terminología funciona casi autónomamente, en tanto que, cuando se trata de ambientes cotidianos, el lenguaje se ajusta a las leyes de esa realidad.

En resumen, la hermenéutica no solo tiene por objeto la comunicación cotidiana -donde el lenguaje depende del contexto situacional: del grado de confianza de los hablantes, del lugar dónde se encuentra, etc- sino que abarca la ciencia y las circunstancias que rodean el empleo de sus métodos; en este caso, los **tecnolectos** constituyen la variante técnica, propia de un oficio, arte, industria o ciencia. En vez de un lenguaje dependiente del contexto, se busca la precisión, la monosemia; es decir, terminología con sentido concreto y determinado.

Las primeras 10 caricaturas que a continuación se presentan pretenden formar la base para que el lector analice sistemáticamente, el papel del lenguaje en la adquisición y transmisión de conocimiento. Se han puesto en un orden que, pienso, facilitará ese análisis. Se sugiere que cada caricatura sea analizada completamente antes de pasar a la siguiente. En este contexto, completamente quiere decir que las preguntas sean analizadas y respondidas una a la vez, y en el orden presentado.

Las otras 4 forman la punta de lanza para empezar el estudio del lenguaje científico. En las páginas que siguen se analizan con mayor detalle algunos de los conceptos básicos de la Física.

Cabe advertir que tanto las caricaturas, como las preguntas, no pretenden ser exhaustivas.

INSTITUTO PEDAGOGICO KINDERGARTEN

LECCIÓN DE HOY: HABILIDAD DE COMUNICACIÓN
 SIN PALABRAS CON ÉNFASIS EN
 PONER FIN EN FORMA SIMBÓLICA
 Y FORMAL A UNA RELACIÓN
 PERSONAL EN PROGRESO POR
 MEDIO DE NORMAS SEMAN-
 TICAS GESTUALES.



QUIERE DECIR
 QUE ESTÁN
 APRENDIENDO
 A SEÑALAR
 "ADIOS"
 CON EL
 BRAZO.

© 1998 MRS. M. J. JAVES

16028

- ¿Qué es la comunicación?
- ¿Se puede comunicar algo sin palabras?
- Partiendo de que en la comunicación existen barreras, ¿Cuáles son las limitaciones que se presentan en la comunicación?
- Analice lo que se quiere decir por "simbólico", "formal" en este contexto.
- ¿Está correcta la interpretación que se hace del texto? Si es así, comente sobre los pro y los contra de tener una sola palabra en lugar de una frase.

UBU

Hasta donde entiendo, quieren que les prepare un PASTEL DE ZANAHORIAI



- ¿Qué cree usted que quiere decir "Hasta donde entiendo"?
- ¿Cómo piensa usted que Helga construyó el significado de lo que está pasando?
- Con lo datos a mano ¿qué otras interpretaciones puede dar usted a esta situación?
- ¿Realmente le gustan las zanahorias a los conejos?

MOOPY



- ¿Qué cree usted que él quería saber?
- Si ella no sabe de lo que se trata, ¿sabrará aun así lo que mira?
- Si ha perdido el hilo, ¿sabrará de lo que se trata?
- ¿Contesta en algún momento a lo que él preguntó?



- ¿Entiende Chiripa la palabra "escuché" de igual manera que el mesero?
- Comente las diferencias que existen entre experimentar personalmente una situación, y que le cuenten a uno esa situación. En su opinión, ¿quién experimenta la situación directamente?
- ¿Se pueden experimentar todas las situaciones del mundo? Si no puede ser así, comente los problemas que pueden presentarse cuando a uno le cuentan las cosas. Preste especial atención a los casos en que un profesor da una clase.
- ¿Qué precauciones tomaría usted para asegurarse de que la persona que lo escucha está entendiendo exactamente lo que usted quiere decir?

OLAFO

- ¿Qué cree usted que quiere decir Olafo cuando dice "tomé un mal rumbo"?
- ¿Por qué cree usted que Olafo piensa que el rumbo es "malo"?
- En su opinión, ¿cómo lo entendió Chiripa? Compare con la caricatura anterior. ¿Cree usted que el problema es el mismo? Explique.
- Con base en lo visto hasta el momento, ¿no cree usted que todo lenguaje es una "forma de hablar"?
- Escriba una lista de algunas formas de hablar que usted tiene y coméntelas con sus compañeros.

AFO

- ¿Qué edad tiene el chico según Helga? ¿Qué edad tiene el chico según Olafo? Explique como obtuvo esa información.
- ¿Cuál de las tres "cualidades" de seguro la tiene el chico?
- Analice cómo puede pensar una persona que uno ha dicho algo que no dijo. ¿O realmente sí lo dijo, aunque no lo expresó en palabras?



- ¿Qué cree usted que Olafo quiso decir cuando dice "todo el mundo es igual"?
- ¿Qué cree usted que Astrid entendió? Explique con detalle.
- Observe el segundo cuadro: ¿Por qué no podría decirse que todos los del barco tendrían dos personas que los atienden, como a Olafo?



- ¿En qué se parecen las palabras "veredicto" y "diagnóstico"?
- ¿En verdad el doctor dijo lo que Olafo afirma?
- ¿Qué cree usted que piensa hacer Olafo? Explique en detalle cómo llegó a esa conclusión.
- Analice con sus estudiantes, o el profesor, expresiones del tipo "si A entonces B". ¿Hay de veras una relación de causa-efecto entre A y B?

**SOCIEDAD
FILANTRÓPICA**

ESTACIONAMIENTO
EXCLUSIVO PARA
MIEMBROS.
LOS TRANSGRESORES
SERÁN REMOLCADOS A
NUESTRO CURSILLO.



9955

© 1988 by H. W. Turner

- ¿Qué quiere decir "transgresor"?
- ¿Por qué los transgresores son remolcados?
- ¿Le parece "normal" que el pago lo hagan los que son transgredidos, en lugar de los transgresores? Explique con base en la caricatura.
- Estudie lo que se entiende por silogismo, leyes de la lógica.

USTO Y FRANCO



- Busque qué se entiende por "obvio".
- ¿Le parece que la respuesta a la pregunta es "obvia"?
- ¿Cree usted que la respuesta es "irónica"?
- ¿Por qué cree que la persona hace la pregunta? Analice situaciones similares que usted haya vivido, y trate de explicar por qué sucedieron.



- ¿Qué entiende usted por "ficción"?
- ¿Por qué Garfield dice que el artículo sobre gatos es una ficción?
- ¿Qué diferencias encontraría usted entre un gato real y uno descrito en un artículo?
- Trate de explicar por qué hay personas que, cuando ven un paisaje, dicen: "es como una postal".



- Busque en el diccionario el significado de "parar", "acabar", "concluir" y "terminar". ¿Cree usted que los 4 términos significan lo mismo? Explique.
- Efectúe un análisis bien cuidadoso, y conteste: ¿existen realmente los sinónimos?
- Caso de que los haya, ¿por qué cree que aparecen? Justifique su respuesta.
- Haga una lista de palabras que tengan 2 significados distintos: uno científico, y el otro cotidiano. Analice la historia de uno de esos términos, y decida si hubiera sido mejor inventar otra palabra para describir el aspecto científico.



- Investigue sobre la Torre de Babel.
- ¿Fue la Torre de Babel un recinto de saber? Explique en detalle.
- ¿El término "Torre de confusión" se relaciona en alguna medida con el saber? Si su respuesta es afirmativa, ¿con cuál?



- Dé varias razones que, según usted, sirvieron para concluir que "no recibirán aumento"
- ¿En qué se basa usted para interpretar el gráfico que presenta Olofin?
- ¿Qué cree que representan la ordenada y la abcisa del gráfico?
- Con ayuda de la caricatura comente la expresión: "Una imagen vale mil palabras".
- Concentrándose solo en el gráfico, vuelva a comentar la frase.
- Con base en las 4 caricaturas, discuta las virtudes y los defectos del uso de gráficos como parte del lenguaje científico.

CONCEPTO DE ESPACIO

La palabra espacio tiene varios significados relacionados. Se puede usar para dar a entender la posición donde está un objeto. Se emplea igualmente para indicar que tanta libertad posible de movimiento se tiene: "no tengo espacio para moverme". Puede también utilizarse para referirse al "lugar" donde están los planetas, las estrellas, etc: el espacio exterior... a la Tierra.

El concepto de espacio lo construimos desde que estamos pequeños, literalmente a fuerza de golpes, pues en esas edades no podemos determinar si cabemos en una parte o no, y en las varias caídas que sufrimos cuando exploramos las alturas.

Pronto empezamos a construir los significados de "encima", "abajo", "derecha", "izquierda", "delante" y "atrás", todos ellos referentes a la posición relativa de un objeto respecto de su entorno.

La relatividad de la posición de los objetos es básico en la nueva Física, sin que ello implique que Newton y los que le siguieron no estuvieran concientes de ello.

Por ello he incluido 4 caricaturas que tratan el aspecto de los sistemas de referencia, concepto básico para construir el concepto de movimiento.

Las siguientes 3 caricaturas buscan explorar someramente el concepto de espacio en una dimensión más profunda. Si bien se utiliza el "espacio exterior", en realidad buscan que el lector entre en contacto con las ideas de la Relatividad General.

Cualquier buen libro que popularice la Relatividad General tendrá, como ejemplo de la distorsión que la masa hace de su entorno, aquel de la deformación que causa una bola de hierro al descansar sobre una sábana tensa sostenida por sus cuatro puntas.

Similarmente le sugiero al lector que, con la ayuda de un mapa mundi o bien una bola, estudie cuánto vale la suma de los ángulos internos de un triángulo dibujado sobre su superficie. La experiencia me ha mostrado que para un mayor efecto el triángulo debe tener como base una sección del ecuador, y como vértice uno de los polos. No deben, sin embargo, dejar de explorarse otras opciones.

Algunas de las concepciones alternativas que los investigadores del constructivismo hemos encontrado aparecen cuando los estudiantes utilizan el concepto de espacio; serán tratadas en el segmento referente el Universo.

OLAFO



- Hay pueblos donde se dice que hay 5 puntos cardinales. ¿Cuál cree usted que es el quinto?
- ¿Cuántas direcciones puede escoger Olafo y su gente?
- ¿Qué condiciones se deberían cumplir para que las calles de la caricatura estén orientadas en la dirección Norte-Sur, y Este-Oeste?
- ¿Qué información da el letrero? Nótese que NO se pregunta por lo que DICE.

IUSTO Y FRANCO



- ¿Es suficiente la información que da Franco, para encontrarlo?
- ¿Qué significa "encontrar", en el contexto de la caricatura?
- ¿Qué se entiende por "estar al lado"? Explique esta expresión para el caso de dos personas que están sobre el Ecuador, y una de ellas va moviéndose sobre esa línea imaginaria.
- ¿Por qué el guardabosques dice "encontrarlos" si está hablando solo con Franco?
- ¿Qué debería decir Franco para que los encuentren?

JUSTO Y FRANCO

5230



- Complete la frase "la distancia más corta entre dos puntos es ...". ¿Qué supuestos se hacen cuando se usa esa expresión? ¿Cómo demostraría experimentalmente que la expresión es correcta?
- Imagine una mosca colocada en una esquina de una caja. ¿Qué ruta debería tomar la mosca si quisiera volar la menor distancia hasta alcanzar la esquina opuesta?
- Conteste la pregunta anterior si la mosca solo pudiera caminar.
- ¿Es correcta la respuesta a la pregunta a, para el caso de una persona que camine desde el polo Norte al Polo Sur?

JUSTO Y FRANCO**CIA. DE EXPLOSIVOS BUM**

- ¿Cómo se mediría la distancia a que deben ponerse? ¿Respecto de qué punto hay que medirla?
- Si se pusieran al doble de esa distancia, ¿estarían seguros? ¿Se deduce eso de lo que está escrito (no de lo que usted piensa que está escrito)? Explique.
- ¿Es la altitud una distancia? Caso de que lo sea, ¿por qué se utiliza otra palabra para llamarla?

CONCEPTO DEL TIEMPO

El concepto de TIEMPO no es fácil de captar. Tendemos a pensar exclusivamente en la indicación que nos da ese instrumento llamado RELOJ. Solemos tomar por un hecho que las horas y los días existen, sin darles mayor pensamiento.

El que sea así es hasta cierto punto comprensible: cuando nacemos empezamos a tener conciencia de ese algo conocido como tiempo pero no lo manejamos. Se nos debe enseñar a adaptar nuestras actividades a ese período de 24 horas, asociándolo con nuestra comida.

Aun en el caso de un niño(a) de tres años, es difícil que haya interiorizado el concepto de año, si bien pueda que se acuerde de los regalos recibidos la Navidad pasada. Lo cíclico de esa actividad, como de otras más llevadas a cabo anualmente, no le resultaría muy obvio. Los paseos dominicales bien pueden haberle inculcado el concepto de semana, debido tanto al número mayor a un centenar que haya efectuado, como por lo relativamente más frecuentes que son.

Algo similar se produce con nuestros deseos alimentarios. El cuerpo "sabe" cuando debemos almorzar. Tal mecanismo corporal es conocido como "regulación circadiana". El término circadiano es la conjunción de las palabras circa (aproximadamente) y dies (días).

Con base en lo anterior, soy de la idea de que el concepto TIEMPO es un claro ejemplo de la construcción social de la ciencia. Me resisto a creer que una sola persona hubiese sido capaz de efectuar toda la asociación entre las cosechas y la posición de los astros, entre el cambio cíclico de estaciones y la floración de algunos árboles, lo cual se requiere, por ejemplo, para llegar al concepto de año. Tal asociación es más impactante si observamos que el ciclo de vida de los animales es mucho más pequeño que el de las plantas, tanto así que los seres humanos primitivos llegaron a pensar en los árboles como inmortales. No es sorprendente, entonces, que elaboraran pócimas a base de hierbas y frutas como un primer intento de encontrar la fuente de la juventud.

El constante renacer del Sol y la Luna, tan unido al ciclo de las flores y los cereales llevó a pensar que lo que sucedía en el cielo era inmutable, sagrado, en tanto que lo de esta Tierra era perecedero, cambiabile.

Las culturas neolíticas llegan entonces a hacer coincidir la fiesta del nuevo año con la cosecha (período de renacer), tradición que llega se perpetúa aunque distorsionada, en el caso de los judíos.



Instituto de Investigación
para el Mejoramiento de la
Educación Costarricense (IIMEC)
Facultad de Educación

En otros casos se llega más allá, como en la tradición hindú, en la cual se habla de que todas las cosas nacen, viven, mueren, y renacen. Es lo que se conoce como la rueda del samsara.

El concepto de morir y de nacer adquieren de este modo una connotación muy diferente de la que tenemos usualmente: cuando algo nace es porque nunca antes existió.

La extensión lógica de tal afirmación la constituye el kalpa, período de 4.320,000.000 años que dura el universo en nacer, desarrollarse y morir, para luego reempezar. Esta creencia en lo cíclico, en la repetición, es compartida por el budismo, el hinduismo, y el jainismo.

En Europa llegamos a encontrar esta idea de tiempo circular en la Grecia antigua con Heráclito de Efeso, 500 a. de C., y posteriormente con los filósofos griegos post-socráticos, quienes mantenían la noción de tiempo como un proceso cíclico. Más recientemente lo apreciamos, también, en casos como el de Nietzsche-siglo XIX-; y de Jorge Luis Borges -siglo XX-, en su obra El Inmortal, y en la concepción del Universo cíclico, como variante del modelo de universo estático de Einstein.

Esta presentación no es solamente una clase de cultura general. La discusión entre aquellos que sostienen la idea de un tiempo circular con los que apoyan la idea de un tiempo lineal va más allá.

Isaac Newton, en el siglo XVII, plantea la existencia de dos tipos de tiempo: el absoluto, independiente del movimiento de cualquier cuerpo, y el tiempo cotidiano. Esta separación, toda una revolución en su época, permitió desmitificar el movimiento de los planetas, considerado casi sagrado, y buscar entonces sus causas. ¿De qué otra manera un mortal podía pedirle cuentas de su comportamiento a algo divino?.

Sus investigaciones le llevaron a relaciones matemáticas que mantenían su forma al revertir el paso del tiempo. O sea, el movimiento de un objeto que se obtendría de poderse hechar para atrás el tiempo se podría analizar con las mismas ecuaciones que el movimiento de ese objeto si el tiempo fluyera del pasado al futuro. La asociación de las ideas de pasado y futuro estaría basada en nuestra experiencia personal.

Este tiempo de Newton se corresponde con su concepto de espacio, de modo que se presenta una relación entre la regularidad del tiempo y la del espacio. Y así como el espacio es visto como uniforme, así el tiempo tendrá, también, ese carácter: resulta imposible distinguir un instante de otro.

El matemático Lagrange -siglo XVIII- llega entonces a considerar el tiempo como una cuarta dimensión, poniendo el tiempo y el espacio en una posición de igualdad, y dándole al desplazamiento temporal un carácter espacial y geométrico.

No obstante no todos están contentos con esta descripción. Las religiones musulmana, judía, y cristiana, en sus versiones más tradicionales, sostienen que el universo se creó de la nada hace solo 5.800 años. Si bien los descubrimientos científicos han obligado a quienes así creen a ceder terreno- aceptando que el Génesis, y quizás otras partes de la Biblia, son más alegorías que textos que se deben tomar literalmente- siguen, eso sí, sosteniendo una versión lineal del tiempo.

Adán y Eva son creados de la nada y viven sin sufrimiento en el Edén, así es que tuvo que haber un principio. No se nos dice, sin embargo, si los dos eran ya adultos, o bien fueron creciendo. La observación no es un simple comentario. El concepto de tiempo, como vimos nace de la conciencia de un desarrollo. El ser nace, es pequeño, va creciendo, va cambiando, va envejeciendo, y va muriendo. No es entonces lo mismo considera que eran inmortales, a considerar que eran inconcientes de la muerte. Si es esto último, ¡tampoco eran concientes de la vida! ¡Una no va sin la otra!

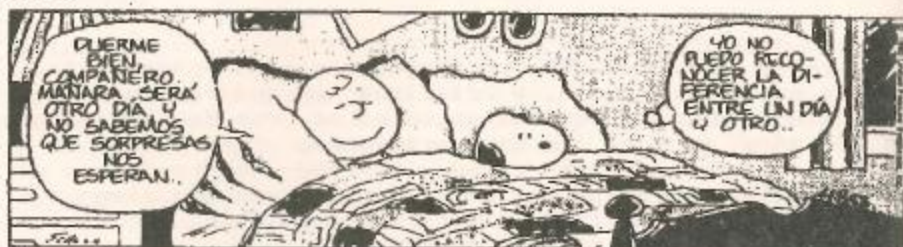
La caída o expulsión del Edén sería, consecuentemente, el pase de una concepción circular del tiempo, a una concepción lineal del tiempo. Pasamos de comportarnos como niños, para quienes existe una reserva ilimitada de tiempo, a ser adultos y preocuparnos por el futuro.

El cambio es aún más fuerte si lo vemos con los ojos de los renacentistas. ¿Cómo evadir la posibilidad de que Jesús hubiera sido crucificado más de una vez, de ser cierto que el tiempo es circular? ¿Cómo compaginar la idea de una recompensa eterna si nos portamos bien, con la idea de que volveremos a nacer?

Las observaciones anteriores se efectúan con el fin de concientizar al lector sobre el gran impacto que nuestra concepción del tiempo tiene en todas las esferas de la vida. Baste comparar la costumbre tica de llegar tarde con la de otras culturas en que el tiempo se valora más.

Son muchos los libros que se han creado sobre estos puntos, son hechos conocidos los escritos en que descubrimientos científicos se han utilizado como apoyo a ideas previamente concebidas, cuando estos descubrimientos llegaban a coincidir con lo pensado, y a la inversa, cuando se ha tratado de desvirtuarlos simplemente porque están en contra de aquello que nos fue inculcado, y que nunca llegamos a entender.

Las 7 caricaturas siguientes buscan que el lector analice estos y otros tópicos. Si con ello llega a pensar en forma más coherente, llega a tener el valor de aceptar lo que se deduzca, sea lo que sea, habré logrado mi cometido.



- Con sus propias palabras, ¿cómo definiría un día?
- ¿Tiene razón Snoopy en lo que dice? Medite antes de contestar.
- ¿Qué utilizaría usted para distinguir un día de otro?
- Comente la expresión: "Cualquier acontecimiento periódico puede usarse para medir el tiempo".

JUSTO Y FRANCO

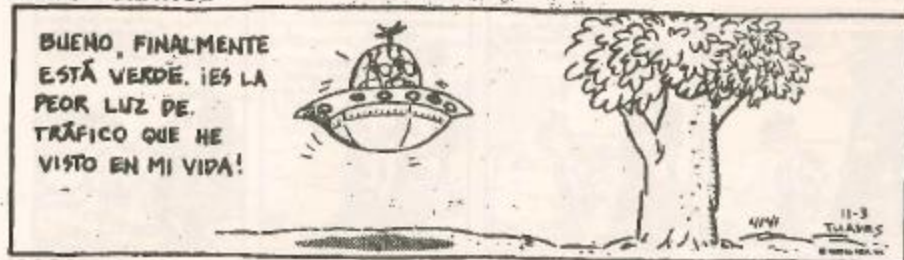


BUENO, OTRA RESOLUCIÓN NUCLEAR DE AÑO NUEVO... TUVO UNA MEDIA VIDA DE SEIS DÍAS.

TRAVES 1-7-87 4197

- Si todos los días son iguales, ¿qué diferencia el Año Nuevo?
- ¿Qué se entiende por vida media?
- Si el término vida media está bien utilizado en la caricatura, ¿a qué conclusiones puede llegar?

JUSTO Y FRANCO



- Con base en lo anterior, ¿cuánto tuvieron que esperar los extraterrestres?
- ¿Cómo miden los extraterrestres su edad cuando están de viaje? Explique.

JUSTO Y FRANCO



- ¿Es cierto que la historia se repite? ¿Qué entiende usted por esa expresión?
- Si se marca un día en el calendario, ¿se llega al mismo día eventualmente? Explique.
- Investigue la noción de tiempo circular que se da en culturas orientales. ¿Le parece razonable la idea?
- De ser cierta, ¿dónde pondría usted el origen del tiempo?



FURIA



- Si la historia no se repite, ¿están equivocados Lorenzo y el niño?
- Después de este análisis, ¿cómo cambiaría las respuestas que dio a la caricatura de Snoopy?
- ¿Les cambiaría algo a las respuestas que dio a las caricaturas de Justo y Franco? ¿Por qué? ¿Qué modificaría?



- Si las estaciones se repiten, ¿cómo es que el pasado afecta al futuro?
- Discuta si en verdad puede haber un presente.
- Si Lorenzo tiene razón, habría que explicarle al estudiante lo que sucedió hace 800 años, para que pueda comprender lo que ocurrió hace 400 años, etc. Comente al respecto.
- Investigue sobre la noción de tiempo lineal. En su opinión personal ¿el tiempo es lineal o circular?

OLAFO



- a) Usando las caricaturas anteriores, comente detalladamente la expresión de Olafo: "El futuro ya no es lo que solía ser"



Instituto de Investigación
para el Mejoramiento de la
Educación Costarricense (IIMEC)
Facultad de Educación

CONCEPTO DE PESO

El hecho de que las cosas pesen lo descubrimos pronto, al tratar de levantar un objeto. A veces también creemos que un objeto es pesado cuando, al caer desde una cierta altura, detiene su movimiento en uno de nuestros pies, algo que no necesariamente es correcto. Le pido al lector que tenga presente esta observación cuando observe las caricaturas sobre el impulso.

El que un objeto, al quedar sin apoyo, empiece a moverse hacia el suelo siempre llamó la atención. Aristóteles lo explicaba diciendo que todo objeto busca su sitio -espacio- natural, razón por la cual el humo se aleja del suelo, en tanto que las piedras se acercan a él. A propósito evito usar la palabra "caer" por las diversas concepciones alternativas que conlleva.

La concepción aristotélica tiene el inconveniente de que no permite predecir con un mayor detalle el movimiento de los cuerpos. Por ello las experiencias de Galileo, y su reporte de que todos los cuerpos "caen" con la misma aceleración, y de que la distancia que recorren está en relación directa al cuadrado del tiempo empleado, al dar mayor información, son preferidas.

Galileo, sin embargo, no llegó a explicar por qué los cuerpos se atraen.

Con su Ley Universal de la Gravedad, Newton postula la existencia de una fuerza, cuyo valor puede obtenerse si se conocen las masas de los objetos y la distancia entre ellos, convenientemente medida. Se da así un paso adelante en la comprensión de por qué todos los cuerpos sobre esta Tierra, al ser soltados, se acercan al centro de ella con igual aceleración. De este tiempo es la igualdad numérica, no comprendida en ese momento, de la masa inercial con la masa gravitacional.

Las primeras 6 caricaturas tiene la intención de examinar el concepto de gravitación desde este ángulo.

Debemos esperar a Einstein para continuar avanzando en el entendimiento de lo que es la Gravitación. Postula él que la masa de todo cuerpo deforma el espacio alrededor de él, perturbando de esa manera el movimiento de masas a su alrededor. Igualmente hace saber su idea de que la igualdad entre la masa inercial y la gravitacional no debe sorprendernos, pues de hecho, son una y la misma masa. Las consecuencias que se derivan de tales aseveraciones llegan a comprobarse experimentalmente, razón por la cual se estiman correctas las premisas de las que se derivan.

Las siguientes 3 caricaturas tratan someramente esta nueva visión. ¿Puede, entonces, decirse que Einstein sí explicó lo que es la Gravitación?

JUSTO Y FRANCO



- a) Describa lo que usted cree que sucedió. Escriba todas las suposiciones que hizo, manteniendo en mente que usted solo tiene enfrente un cuadro.



- a) ¿Por qué cree que los árboles están doblados? ¿Por qué se curvaron hacia adentro? Explique.
- b) ¿Por qué esto implica que Fred deba ponerse a dieta? Detalle todas las suposiciones que hizo.



- a) Describa qué cree que pasó.
- b) Investigue qué se entiende por Ley de la Gravedad.
- c) Investigue que hace un corredor de bolsa. ¿Por qué cree usted que el corredor de bolsa utilizó esta expresión.



- a) ¿Qué relación tiene el peso del paciente con la gravedad producida por la Tierra?
- b) ¿Cómo podría aumentar la gravedad de la Tierra?
- c) ¿Por qué el médico dice que esto es "remotamente" posible?
- d) ¿Cuál, según usted, es esa explicación más simple? Demuestre que efectivamente es más simple.

OLAFO



- a) Compare la posible velocidad que tendría si subiera cuando era joven con la que tendría ahora que es viejo pero estuviera sobre un terreno plano.
- b) ¿Por qué cree usted que cuanto más empinada sea la ruta cuesta más subirla?
- c) ¿Quién tendría menos problema en subir: ¿Olafo o Chiripa? ¿O ambos tiene el mismo problema?



- a) ¿Por qué cuesta más levantar el doble de peso?
- b) Compare su respuesta con las que dio en el caso de Olaf que subía la montaña, y en el caso del corredor de bolsa.
Comente similitudes y diferencias entre las tres.

JUSTO Y FRANCO



- Defina con la mayor exactitud lo que usted entiende por "circulo".
- Según su definición ¿pueden haber "círculos diferentes"?
- Explique con detalle que cree usted que se quiso decir por "círculos diferentes".
- Investigue por que los griegos antiguos proponían que los planetas se movían en círculos.

En realidad, ¿qué tipo de curva siguen los planetas?



- ¿A qué cree usted que se refieren cuando hablan de "3.1416"?
- ¿Por qué cree usted que ese número es tan famoso?
- ¿Qué relación tiene ese número con las curvas?



- ¿Qué se entiende por euclideano?
- ¿Qué relación tiene esa palabra con los instrumentos dibujados? Identifique cada uno de ellos.
- Investigue posibles usos de cada uno de ellos.
- ¿Qué relación tiene lo euclideano con la distribución de los cuerpos celestes?

CONCEPTO DE IMPULSO

Si queremos saltar una zanja solemos retroceder un poco, para luego empezar a correr, de manera que cuando lleguemos al borde vayamos con velocidad. Así, al saltar seguiremos moviéndonos hacia adelante y llegaremos más lejos. Esto es lo que llamamos "tomar impulso".

Físicamente, lo que estamos haciendo es aplicar, por un cierto tiempo, una fuerza a un objeto con el fin de que adquiera una velocidad. Numéricamente, el impulso es igual al producto obtenido de multiplicar el promedio temporal de la fuerza aplicada por el tiempo en que se aplicó, o bien, de multiplicar la masa del objeto por el cambio de velocidad que se sucede en ese tiempo, a causa de la fuerza.

Esta igualdad posibilita situaciones como que:

- a- El impacto de una bala que va a una alta velocidad sea mayor que el de un camión que se mueve muy lentamente.
- b- Un objeto de poca masa que cae desde una gran altura, al llegar al suelo golpee más que un cuerpo de mucha masa que recorre una altura de pocos milímetros.
- c- Un cuerpo colocado lentamente sobre la mesa no llega a quebrarse, pero sí lo hará si se nos cae desde una muy pequeña altura.

Las 3 caricaturas presentadas a continuación buscan explicitar ideas relacionadas con este tema.



Instituto de Investigación
para el Mejoramiento de la
Educación Costarricense (IIMEC)
Facultad de Educación



- En su opinión, ¿qué van a hacer los hombres de Olafo corriendo con ese tronco?
- ¿Qué cree que le pasará a la puerta?
- ¿Qué espera que le pasará a la puerta?
- ¿Qué cree usted que debieran decirle a Olafo? Explique.

OLAFO



- Si los hombres en este caso corrieran con la misma velocidad que lo hacían en la caricatura anterior, ¿recibirá Olafo un golpe igual de fuerte que el que recibiera la puerta? Explique con detalle.
- ¿Influirá en algo el hecho de que la puerta está fija, tanto que Olafo puede moverse?
- ¿Habría algún cambio si usaran el lado del tronco?
- ¿Recibiría Olafo realmente un empujón?



- ¿Por qué cree usted que el castillo nunca ha sido conquistado?
- ¿Influye en algo el que tengan que correr subiendo una colina? Explique.
- Si la colina se considera un plano inclinado, ¿influirá en algo qué tan largo tengan que acarrear el tronco hasta llegar a la puerta del castillo? Recuerde que, en ese caso, el ángulo de inclinación no variará.

METROLOGIA

La Metrología abarca los diversos aspectos tanto teóricos como prácticos relacionados con mediciones en todos los campos científicos y tecnológicos.

Por **medición** entendemos el conjunto de operaciones que debemos llevar a cabo para determinar cuantitativamente un atributo de un fenómeno o de un cuerpo, susceptible de ser distinguida cualitativamente.

Al medir se compara el atributo con un patrón aceptado, que se toma como unidad. La existencia de un patrón aceptado universalmente permite el poder asociar una sola cantidad a un atributo dado. Esta meta se logra con el Sistema Internacional de Unidades (SI), adoptado y recomendado por la Conferencia General de Pesos y Medidas.

El SI está basado en las siguientes unidades base, a partir de las cuales se pueden deducir las demás.

Cantidad	Nombre	Símbolo
longitud	metro	m
masa	kilogramo	kg
tiempo	segundo	s
corriente eléctrica	ampère	A
temperatura	kelvin	K
cantidad de sustancia	mole	mol
intensidad luminosa	candela	cd

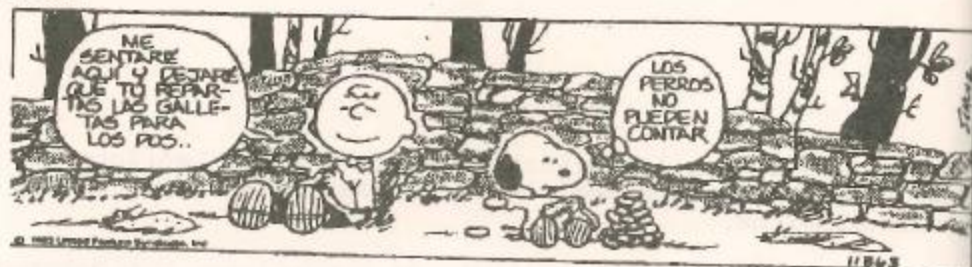
Debe tenerse presente que una simple medida no es interesante, pues no da ninguna idea de qué tan grande o pequeña es la cantidad. Se debe, por ello, comparar dos o más cantidades, en alguna de las tres modalidades, a saber:

- la cantidad con el valor aceptado.
- la cantidad con el valor predicho teóricamente.
- varias cantidades para mostrar que hay una relación entre ellas.

Al efectuar la medición estamos contando las veces que el patrón "cabe" en la cantidad. Al hacerlo siempre hay una incertidumbre, la cual puede ser causada tanto por el mal uso de los instrumentos o del método utilizado para efectuar la medición como por las variaciones que se presentan en el ambiente en que se mide, y sobre las cuales no podemos tener un control absoluto.

Las 6 caricaturas presentadas buscan enfatizar estos aspectos.

SNOOPY



- Explique las diferencias y semejanzas entre las palabras "contar" y "repartir".
- ¿Afirmaría usted que Snoopy repartió las galletas? Explique.
- ¿Podría Snoopy repartir las galletas equitativamente sin saber contar? ¿Caso de que pudiera, ¿cómo lo haría?



- Describa en detalle lo que, según usted, sucedió. Razone y justifique cada suposición que hizo.
- ¿Cómo sabe usted que fue la tienda la que se encogió? ¿Por qué no fue que ellos se agrandaron?
- ¿Se llega a encoger el terreno también? Examine la caricatura con cuidado.
- De haberse encogido la tienda, ¿lo hizo en igual proporción en cada dimensión?

GARFIELD



- ¿Tiene razón Garfield al decir que se toma solo una taza de café? Explique.
- Analice algunas consecuencias que se tendrían si en una receta de cocina se utilizara la taza de Garfield.
- ¿Podría Garfield tomarse una taza de café completa? Utilice solo los datos provistos en la caricatura.



- ¿Están los montones de hojas en la misma proporción que los personajes que se lanzan? Explique.
- ¿Amortiguarán la caída de cada uno en la misma proporción?
- Si la caricatura se redujera a la mitad en cada dimensión, ¿saldría alguien herido? ¿Y si se duplicara el tamaño de la caricatura?

PEPITA



- ¿En cuántos días terminaría Lorenzo el libro?
- Explique los pro y contras de utilizar centavos para medir el tiempo.
- Investigue que quiere decir "factor de escala".
- ¿Se le puede llamar factor de escala a la respuesta de Pepita? Justifique su respuesta.



- ¿Cómo se mide una distancia?
- ¿Qué quiere decir "estar a 10 libras de distancia"?
- ¿Cuánto tiempo debe seguir haciendo ejercicio Jorge?
- ¿Hay algún factor de escala incluido en la frase? De haberlo, ¿cuál es?

EL UNIVERSO

José Brenes André, M.Eng.P.

Javier Solís, Prof.

Joaquín Jiménez, Prof.

En esta segunda parte se utilizarán 8 caricaturas desde un ángulo muy diferente a aquel que primó en la primera parte de este pequeño libro. Las caricaturas presentadas en esa primera parte pueden también emplearse de manera similar a como lo haremos con las próximas 8.

Las 8 fueron utilizadas en los Liceos de Puriscal y de Ciudad Colón, con estudiantes de X año en grupos de 3 o 4 alumnos, a los que se les pidió que analizaran todas y cada una de las preguntas referentes a una de ellas, y luego de lograr el consenso, escribir sus respuestas.

Algunos de los resultados así obtenidos fueron presentados en el "Primer Encuentro Latinoamericano de Investigadores en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales", celebrado en Panamá, 16 al 19 de Agosto, 1994.

Un análisis contextual, efectuado por el Prof Brenes, de parte de los resultados de este trabajo fue presentado en el "V Simposio Interamericano: La Investigación Etnográfica en el Marco de la Investigación Cualitativa en Educación", celebrada en San José, 3 al 5 de Noviembre, 1994.

La aplicación de caricaturas en esta manera es el producto de 6 meses de trabajo llevado cabo en el segundo semestre de 1993, cuando oficialmente ni el Liceo de Puriscal ni el de Ciudad Colón formaban parte del proyecto. De hecho, la participación voluntaria de los dos profesores fue lo que me motivó a buscar su incorporación oficial en el mismo, la que se dio durante todo el año 94.

La investigación continuará con el apoyo de la Profesora Rosa María Prandini, de Montevideo, Uruguay, con quien he estado trabajando en los últimos años.

Se escogió el tema del Universo por ser el que más presenta problemas en su enseñanza. Además, para los otros temas el Prof. Brenes ya había publicado la guía "Actividades Complementarias a los Programas de Estudio de Física para Décimo y Undécimo Años", Marzo, 1994.

El Prof Brenes está en la mejor disposición de cooperar con cualquier profesor que quiera aplicar alguno de los trabajos aquí incluidos.

Experiencias para el VII año, tales como el estudio de proyectiles en 2 dimensiones por medio de una fotografía estroboscópica que muestra un gota de agua cada 30avo de segundo -que el autor introdujera en la Universidad de Costa Rica hace más de una década-, análisis de los reportes del tiempo publicados en los diarios -probados en los Liceos Rodrigo Facio y Samuel Saenz hace más de 4 años, razón por la cual fueron incluidos en los nuevos programas - y otros más pueden ser obtenidos directamente del autor, en la Escuela de Física, Universidad de Costa Rica.



- 1- ¿Qué es el ozono?
- 2- ¿Qué es la atmósfera? ¿De qué se compone?
- 3- Y si se termina el ozono, ¿qué pasaría?
- 4- Si no hubiera atmósfera en la Tierra, ¿qué pasaría?
- 5- ¿Por qué se forman las nubes?
- 6- ¿Qué hay en una nube?
- 7- ¿Cómo se forma un rayo?
- 8- ¿Qué es un arco iris? ¿Cómo se forma?



- 1- ¿Qué es el mundo?
- 2- ¿Será posible que se termine con un golpe?
- 3- ¿Podría un golpe cambiar la dirección del movimiento de la Tierra? ¿Por qué? ¿Cómo debería ser ese golpe?
- 4- ¿Qué pasaría si la Tierra al ir en una dirección, recibe un golpe y va en otra dirección?
- 5- ¿A dónde llegaría la Tierra con un golpe si
 - a) el golpe es en la misma dirección en que se mueve?
 - b) el golpe es en dirección opuesta a la que se mueve?
 - c) el golpe es en dirección perpendicular a la dirección en la que se mueve la Tierra?
 - d) el golpe solo roza la Tierra?



Instituto de Investigación
para el Mejoramiento de la
Educación Costarricense (IIMEC)
Facultad de Educación

Don Abandio



- 1- ¿Qué es una estrella?
- 2- ¿Qué características presenta?
- 3- ¿Cuántas estrellas hay en el espacio?
- 4- ¿Será la Luna una estrella?
- 5- ¿Cuántas estrellas hay en el Sistema Solar?
- 6- ¿Por qué vemos unas estrellas más grandes que otras?
- 7- ¿Cómo se sabe si una estrella es "joven" o "vieja"?
- 8- ¿Cómo se llaman las agrupaciones de estrellas?





- 1- ¿Cómo nos llega la luz del Sol?
- 2- ¿Cómo viaja la luz en el espacio?
- 3- ¿Por qué la luz se refleja en las superficies pulidas?
- 4- ¿La luz que envía el Sol llega igual a la Tierra que a otros planetas?
- 5- ¿Qué pasaría si estuviéramos más cerca del Sol? ¿Y si estuviéramos más lejos que donde estamos?
- 6- ¿Por qué la luz del Sol llega a todos los lados del Sistema Solar?

SPITZBERG



- 1- ¿Por qué un cuerpo cae?
- 2- ¿Por qué cae hacia el centro de la Tierra?
- 3- ¿Por qué la Tierra no se cae en el espacio?
- 4- ¿Por qué los cuerpos en el Polo Sur no se caen?



- 1- ¿Qué le pasa a un cuerpo cuando es golpeado por otro?
- 2- ¿Qué pasaría si la bola en el dibujo fuera de
 - a) beisbol?
 - b) tenis?
 - c) futbol?
 - d) basquet?
 - e) boliche?
- 3- ¿Qué pasaría si a la Tierra la golpeará un cuerpo
 - a) más pequeño que la Tierra?
 - b) más grande que la Tierra?
 - c) de igual tamaño que la Tierra?

JUSTO Y FRANCO



- 1- ¿Qué es un satélite?
- 2- ¿Qué tipos de satélite hay?
- 3- ¿Qué pasaría si los satélites giraran en círculos?
- 4- ¿Qué pasaría si la Luna se saliera de su órbita?
- 5- ¿Qué pasaría si el Sol se saliera de su órbita?
- 6- ¿Tiene el Sistema Solar una órbita?
- 7- ¿Por qué los cuerpos que giran alrededor del Sol no se caen?
- 8- ¿Cuándo es que un satélite cae hacia la Tierra?



- 1- ¿Qué hay antes de encender un fósforo?
- 2- ¿Y después de encenderlo?
- 3- ¿De dónde sale la energía del fósforo?
- 4- ¿Qué pasa con la luz cuando se apaga el fósforo?
- 5- ¿Por qué en la noche vemos las estrellas, y en el día no?
- 6- ¿Qué hay en el bombillo antes de producirse la luz?
¿Y después de encenderlo?
- 7- ¿A dónde se va la luz del Sol?
- 8- ¿De dónde proviene la luz del Sol?
- 9- ¿Tendrá esta caricatura alguna relación con la teoría del Big-Bang?

Impreso por el Programa de Publicaciones e
Impresiones de la Universidad Nacional,
en el mes de agosto de 1996, bajo la Dirección
de Maximiliano García Villalobos.

Autorizado por la Oficina de Transferencia Tecnológica
y de Prestación de Servicios de la Universidad Nacional.

La edición consta de 300 ejemplares en papel bond
y cartulina barnizable.

961706 - PUINA





IMPRESO EN EL PROGRAMA DE PUBLICACIONES E IMPRESIONES
UNIVERSIDAD NACIONAL
951306 - P. UNA