

ASOCIACIÓN PEDAGÓGICA
«ESCUELA DE VERANO DE
EXTREMADURA»

General Mola, 20
Telf. (924) 54 4105
LOS SANTOS DE MAIMONA
(Badajoz)

IX ESCUELA DE VERANO DE EXTREMADURA

SEMINARIOS, CURSOS Y TALLERES: (2ª Parte)

- Organización
- Funcionamiento
- Asistencia y participación
- Valoración
- Dossier



EV-IX-44-Tal.

ESCUELA DE VERANO DE EXTREMADURA (IX EDICION)

CURSO ~~TALLER DE CIENCIAS RECREATIVAS~~

José P. García Martín y otros miembros del grupo ALKALI
Profesor

Horas

14

OBJETIVOS DEL CURSO

- Presentar la clase y las prácticas de Ciencias Naturales, Física y Química de una manera atractiva, activa y que propicie la investigación en el aula , utilizando materiales de fácil adquisición , o aprovechando los recursos que el entorno ofrece.

PROGRAMA

- Astronomía: "esta noche sopa de estrellas". La cocina: mayonesa, palomitas de maíz y el helado de vainilla. -Inventar una histori: construir un juego, juegos aritméticos. - El químico escéptico. El aire, los electrones.

NUMERO TOTAL DE INSCRITOS

20

REGULARIDAD EN LA ASISTENCIA

Total

VALORACION DEL RESPONSABLE DEL CURSO

Aunque ha sido breve se han realizado todas las prácticas y cubierto ~~Química~~ han sido las más valoradas por los asistentes, se considera que todas las actividades han sido interesante s.

Se acompaña un dossier con el material del Curso.

Tema de cada historia

- Un científico inventa una máquina que, al ingerirla, se pierde la ingenuidad. Como es maltratado por todo el mundo, que lo toman por loco decide vengarse y asegura que la gente lo ingiera.
- Todo el mundo con el más mínimo empujón es despedido fuera de la Tierra.
- Llega un momento en que el científico se encuentra muy solo y decide volver a la Tierra a toda la gente.
- Para ello utiliza fuerza eléctrica. Se crea un campo eléctrico en la Tierra y ~~de~~ le que están fuera de ella protuberancias y se muelen. Hay una gran pérdida de volúmenes.
- Cuando hacen vuelta a la Tierra a veces contienen una red que la rodea para estar que ocurre lo mismo que antes.

TEMA - Es la historia de un pacifista que descubre un líquido que produce la ingravidez y lo decide utilizar en contra de las armas para conseguir que desaparezcan de la tierra.

quedándonos verdaderos juegos didácticos ~~jugando puede aprenderse.~~

- Juegos aritméticos -

Por último y ya un poco cansado por el esfuerzo de inventar y construir nos dedicamos a comprobar.

UNA MUERTE MUY HÚMEDA EN VILLAINGRÁVIDA

En una mañana ~~de~~ deliciosa de otoño, los hojas secas se mantenían en los árboles dándoles un color dorado que producía una sensación de murmullo por en los banquillos (Pedro y José Carlos) que, sentados en un banco del paseo, se dispusieron a fumar un cigarro. Hubiera sido imposible hacerlo si no hubiera sido José por la amabilidad de Pedro que soplo hacia arriba sin interrumpir para que su amigo pudiese fumar.

Cuando los pulmones de Pedro estuvieron aptos de soplar, fueron conscientes el banco en distintos puntos del espacio y observaron el aspecto que ofrecía la ciudad a esa hora de la mañana:

- los oliveros y tujos del parque no tenían atractivo para los chicos, que se dedicaban a hacer pinitas por el aire en alcancías y juegos

- los juegos estaban secos

- los juegos de andamios habían cerrado

- los equilibristas de los arcos pedían limosna

por las calles

- los beatas estudiaban con afán en las bibliotecas buscando métodos que les permitiera continuar viviendo felices a sus santos más vulgares.

- los niños de estación corrían en afán

a los vapores a transportar sus bultos, sin
éxito alguno.

Le pediré a Morar de la pena que
les entra y ...

se ahogaron en un mar de lágrimas

①
El taller de ciencia recreativa del día 9 se dedicó a realizar
experiencias de química mágica.

Los amuletos, alcoholizados y mercaderías de autismo
fueron transformados a causa de un hilo invisible, en druidas,
alfombras, exorcistas (dopplers en general) que tras un
desfile trepidante colocaron sus tubos de ensayo, mecheros,
leupal, matraces et. y se sumergieron en el intrincado
mundo de la magia:

- El intenso calor existente en el aula hizo que algunos
"curulistas nostálgicos" sonaran con la pista de druidas. Afor-
tunadamente un simple hilo de cobre ~~hizo~~ (de los cables
de la luz) bajo la forma de dicho árbol, limpió y lijado
y posteriormente sumergido en una disolución de nitrato de
plata permitió observar hermosos cristales de plata a través
de una lupa.

- Dada la repentina necesidad de tener una conversión y
no teniendo suficiente dinero, un grupo de druidas limpió
cuidadosamente unas pesetas y las sumergió en una
disolución de nitrato mercurioso... ¡oh sorpresa! ¡las
pesetas se convirtieron rápidamente en duros!

- Una maga supérstite envió un mensaje invisible
a su compañero (y secreto amor) escribiendo una frase
en un folio blanco mediante un pencil impregnado
en una disolución de hipocloruro potásico (incolore). El
compañero, como buen químico, intentó por todos los medios
leer el supuesto mensaje recibido y tras arduas prue-
bas logró su objetivo sumergiendo otro pencil en una
disolución acuosa de cloruro férrico e impregnando
el folio. ¡qué emoción! el mensaje (intranscribible
en estas líneas) apareció escrito con la sangre de su
amada y al pensar que ella había muerto por
unas palabras de amor, decidió leer lo infuente:

- Preparó sendas disoluciones de nitrato de plata (sobre los
dedos!) y cromato potásico y echó una sobre la otra,

obteniendo ... ¡un precipitado rojo como la sangre! que hizo renir a su alrededor, que yacía este en el suelo

Mientras tanto, otros fenómenos se iban sucediendo a su alrededor:

- El cloruro de cobalto tomaba una coloración azulada al calentarse en un tubo de ensayos (o la llama de un mechero o a la luz del sol, mediante una lupa) y recuperaba su color al introducir el tubo en un recipiente con agua (curioso fenómeno que tiene una aplicación en esos termómetros que varían su color del rojo al azul dependiendo de la humedad del aire)

- Otros fenómenos produjeron gran variedad de colores usando un hilo de platino o nicromo en disoluciones de cloruro sódico, potásico, cálcico, estroncio, bario y cianuro, y accionados posteriormente a la llama de un mechero (limpiando el hilo después de cada prueba en una disolución de clorhidrico)

- De pronto ... ¡se iluminó la sala! : un trazo de cinta de neopreno supe (en una punta, a la llama de un mechero, produjo una intensa luz que desahala la vista

- El hechizo fue roto por un detalle de mal gusto: algunos niños voluntariosos, deshicieron cloruro cálcico en agua y añadieron sulfuro sódico, hecho que produjo un olor a brasa fétida insoportable.

- Finalmente, y ante el asombro público asistente suplico un fenómeno espectacular: de disolución de nitrato de plomo y yoduro potásico produjeron un precipitado amarillo intenso que al ser calentado a la llama del mechero y posteriormente enfriado dio lugar a ... ¡una maravillosa llama de oro!

Y los fenómenos se sucedieron uno tras otro hasta que hubo que poner fin a la fiesta ... hasta hacer imposible una puesta en común.

Cada uno iba sentándose por el foro puesto con los

acilites de feruo en untemose pweisien, salvo la
que suerise que corfo en la respesbilidad de resu-
mir en pobres palabras todo lo que que puede
suerrar una tarde calurosa entre cuatro paredes
subrayado de suerue

ANÁLISIS DEL CURSO "CIENCIAS RECREATIVAS"

- ¿Ha respondido el Curso a lo que se pensaba o pretendía?

- Ha sido de poco tiempo; se ha quedado corto
- Se ha visto el espíritu del Curso por "
- Se ha empleado buena metodología: El profesor estaba muy cerca del alumno

- No ha habido muchas puestas en común.
- Se ha creado el sentido crítico
- Se podría haber dado un esquema antes del curso.

¿Tiene posibilidad este taller para los profesores?

- Astronomía
Se puede adaptar, en la mayor parte de lo que se ha hecho, a la Escuela.

COCINA

- Ha parecido muy interesante: se le puede sacar mucho provecho.

JUEGOS

- Desarrolla mucho la creatividad
- Ayuda a pensar en fenómenos físicos
- Se deben de sugerir actividades de este tipo en la Escuela.

TABLEROS

El profesor dejó el interés que esto tiene - Los alumnos no han optado.

QUÍMICA

- Ha sido el más práctico
- Se ha constatado que la mayor parte de los maestros no conocen técnicas de laboratorio
- Las prácticas de Química han sido interesantes pero los productos han sido caros y se podría estudiar a través de productos corrientes de droguería.
- Han faltado temas: cristalizaciones... y se ha ^{sido} elevado los experimentos a nivel escolar.
- Se piensa que es imprescindible formar grupos de trabajo para intercambiar experiencias.

Taller de Ciencia Recreativa
Edores 7 de Julio de 1984

Seguimos tan animados como todos los días; hoy vamos a inventar, a construir, a jugar.
Este fue el plan de trabajo presentado hoy por el equipo organizador:

- a) Inventemos una historia.
- b) Construyamos un juego.
- c) Juegos aritméticos.

Son muchos los puntos de partida para inventar una historia, aquí el que se nos presentó fue el siguiente:

¿Qué pasaría si tuviésemos una sustancia capaz de hacer (los) ingravidos los cuerpos?

Ante esta interrogante como partida los equipos empezaron a inventar su historia.

Transcurrido un cuarto de hora cada uno presentó su historia y ni que decir tiene que salieron cosas bastante bonitas; a continuación se expone el tema de cada una de ellas.

- 1ª) Unos niños paseando por el campo encuentran una planta que segrega una sustancia que al contacto hace a los cuerpos ingravidos. Ellos nos narran las numerosas peripecias y experiencias en que se ven envueltos.
- 2ª) Un científico inventa una sustancia que al ingerirla produce la ingravidez en las personas. Para vengarse del mundo que le rodea, que le considera loco, la ofrece como el tónico de la felicidad consiguiendo quedarse sólo. Después no gustándole esta soledad inventa otra sustancia con la que puede atraer a todas las personas.
- 3ª) Un matrimonio, Manuel y Esperanza, se encuentran atómitos al ver volar los platos en la cocina y todo lo que allí existía, incluidos ellos mismos. Se suceden situaciones verdaderamente humorísticas.
- 4ª) En Villaingrávida, Pedro y José Carlos, barrenderos de la ciudad, se encuentran tristes al ver las hojas suspendidas en el aire y que ellos no podían barrer; así como todas las personas y cosas haciendo equilibrios como y piruetas en el aire en alucinantes juegos.

- 5º) Un pacifista descubre un líquido que produce ingravidez en los cuerpos y lo utiliza en contra de las armas (nucleares) para conseguir que desaparezcan de la tierra.
- 6º) Mientras la hormiga trabaja en una tarde de verano, la cigarra canta. Entre tanto observa a un sapo atómico dando saltos, sobrepasando los árboles. La cigarra se ingenia para descubrir y apoderarse del secreto.

A continuación vimos cómo partiendo de un mismo punto se puede llegar a ideas tan diferentes y objetivos tan diferenciados; como podemos ver en las historias, ~~de~~ se presentaron diversos matices: humoristas, poéticos, pacifistas, etc. Al mismo tiempo se reflexionó sobre el caso ante un caso de ingravidez en los cuerpos.

- El segundo punto - "Construyamos un juego" se llevó a cabo de la siguiente forma. Tomando las reglas de diferentes juegos; oca, papejón, etc. cada equipo construyó distintos juegos teniendo como base la energía y su transformación.

Cada juego fue expuesto con sus reglas y demás resultando juegos verdaderamente didácticos.

- Por último pasamos al último punto: "juegos aritméticos".

Comenzamos a resolver problemas de los "Viajes de Gulliver".

Tales como las toneladas que podría pesar la barea de Gulliver en el país de los liliputienses. Si sería en paz de caber en un borbillo de Gulliver una vaca, un cordero, etc. los sastres que necesitaría para hacerle un traje, los colchones para acostarse, teniendo en cuenta la diferencia de tamaño, de $1/12$. Después de numerosos cálculos se llegó a la conclusión que los pesos, medidas y demás no eran exagerados como parece a primera vista, sino posibles.

a/

TALLER DE CIENCIAS RECREATIVAS

1^{er} día : Esta noche sopa de estrellas(ASTRONOMIA)

En este taller estamos unas veinte personas , las cuales nos hemos distribuido en cuatro grupos , cada uno de estos grupos ha realizado una experiencia y algunos dos ya que el tiempo no da para más: a cada uno se nos entregó una documentación explicativa de las experiencias , así como algunos artículos y bibliografía sobre el tema.

Las experiencias llevadas a cabo fueron:

- Construcción de un modelo para el estudio de las fases de la luna.
- Construcción de un reloj solar.
- Construcción de un instrumento que permita medir la distancia a las estrellas.
- Construcción de un péndulo de Foucault.

Después de llevar a cabo las experiencias anteriormente mencionadas hubo una puesta en común, donde cada grupo contó al resto lo que había realizado, planteándose algunas cuestiones como por ejemplo: ¿Por qué siempre vemos la misma cara de la luna ?, ¿La oscilación del péndulo de Foucault sería la misma si éste estuviese situado en el ecuador o en los polos?.

Se pensó seguir en la misma línea de trabajo, cuatro grupos cada uno realizando sus experiencias para más tarde pasar a una puesta en común.

Este primer contacto con la Astronomía quedó completado con la observación de las manchas solares con un telescopio y de la bóveda celeste a la noche siguiente. Pudimos observar los mares y cráteres de la luna, Saturno y sus anillos, y Júpiter y sus lunas. Hubo numerosa expectación y a las tres de la madrugada el "personal" seguía con el ojo pegado al ocular.

TALLER DE CIENCIA RECREATIVA.-

Cáceres, 6 de julio de 1984.

Se presentó por el equipo organizador la posibilidad de realizar en pequeños grupos tres actividades simultáneas:

- a) Mayonesa: una emulsión estabilizada.
- b) Palomitas de maíz.....
- c) La deliciosa fílica de un helado de vainilla.

Apoyados por los apuntes escritos que nos entregaron y ayudados (cuando era necesario) por los propios profesores, realizamos los trabajos de forma muy amena y educativa, tras lo que se hizo una puesta en común, en la que cada grupo exponía su experiencia y posteriormente se habría un diálogo con turnos de preguntas y respuestas (cuando era posible).

Algunos apuntes tomados durante la puesta en común son:

1.- Uno de los grupos realizó de varias formas la mayonesa, resultando que:
cuando utilizaba la clara del huevo la mezcla se "cortaba".
cuando el huevo y el aceite estaban bien fríos salía mejor.
añadían a las mezclas un poco de sal y vinagre.

¿Por qué con los elementos en frío sale mejor la experiencia?.-

Quizá porque las moléculas frías estén más fuertemente unidas.

¿Actúa la clara "cortando" la mayonesa?.-

No estamos totalmente seguros, aunque es verdad que a nosotros así nos ha sucedido, también pudo habérsenos cortado por agregar demasiado aceite.

En la mezcla ¿Quién envuelve a quién?.

El huevo es el que envuelve al aceite.

¿Importa o no que se bata el huevo en una sola dirección?

No importa. (Aunque no están totalmente seguros).

¿Puede arreglarse una mayonesa "cortada"?

sí.- Añadiendo migas de pan mojadas en vinagre.

Añadiendo unas gotitas de agua.

Añadiendo más huevo.

(Algún que otro asistente no se lo creen del todo y les proponen al grupo que arreglen la que tienen estropeada).

¿Cómo es posible que de dos líquidos se obtenga otro producto de una naturaleza muy diferente (espeo, que no se vierte, etc.)?

Una posible solución puede ser la mezcla (bastante grande) de aire que hay en la nueva (mezcla) materia.

2.- Dos equipos hicieron el helado, en uno salió bien y en el otro no, aunque la técnica utilizada fue la misma (hielo y sal para enfriar) no lo fueron quizá los componentes básicos y las proporciones, adquiriendo uno de ellos una temperatura (-17°) bastante inferior al otro (-10°).

¿Por qué se baja tanto la temperatura cuando mezclamos hielo con sal?

El hielo cuando pasa al estado líquido tiene que absorber una buena cantidad de calorías, ello lo hace del recipiente que contiene la mezcla del helado, enfriándose éste al perder tantas calorías.

La sal hace que el hielo pase al estado líquido con mayor rapidez, lo que hace acelerar el proceso de enfria-

miento en los alrededores.

Se continuó discutiendo y charlando sobre el tema, sobre todo analizando las posibles causas de que uno de los helados no saliera., el posible parecido de este sistema con el principio del frigorífico, etc.

3.- Un grupo se dedicó a las palomitas utilizando para ello cuatro clases de almidones:

Secas..... salen rápidas y bien.

Húmedas..... No salen. Tan sólo salió una y tras mucho tiempo de calen-

tamiento.

Secas rajadas..... No salen.

Húmedas rajadas..... No salen.

Parece ser que el agua, que de por sí contiene la semilla, al ser calentada se expande y explota formando la palomita, lo hace por abajo (ya que por ahí es por donde más calor recibe) y por consiguiente dan saltos hacia arriba. Las cortadas no pueden explotar ya que por la raja se pierde el vapor y la presión que se acumularía de otra forma.

Rociaron también semillas y palomitas con una disolución de Yodo y Etanol para apreciar la cantidad de almidón (que se torna azul con este líquido), siendo máxima en la palomita. Algunos componentes asociaron este fenómeno con el sucedido con las castañas y bellotas al asarlas, ya que para que produzcan explosión y salten se las raja.

Muchos de los comentarios, interesantes todos, no son recogidos en estas líneas, pero sería interesante destacar que los compuestos obtenidos fueron probados por propios y extraños al grupo comprobando la calidad y buen sabor de los mismos.

LA COCINA: UN LABORATORIO AL ALCANCE DE LA MANO

La cocina es un laboratorio bajo dos puntos de vista. En ella existen gran cantidad de productos y materiales que se pueden utilizar para realizar diversas experiencias de tipo fisico-químico (sustancias ácidas, como el vinagre, limon, etc., grasas, azúcares, proteínas, . Materiales tales como el mortero, vasos, balanzas, filtros, etc)

Por otra parte, los procesos que en ella se realizan a diario son en sí verdaderas reacciones químicas y cambios físicos (tostar el pan, cocer, fermentar, poner al baño María, etc.)

Al igual que una reacción química necesita unas condiciones óptimas en la cocina hay que buscarlas para realizar una comida a partir de sus ingredientes.

De entre todas las posibilidades que ofrece la cocina como laboratorio, vamos a llevar a cabo algunas, que además nos podemos gozar.

MAYONESA: UNA EMULSION ESTABILIZADA

Cuando se mezclan y agitan dos líquidos inmiscibles (que no se mezclan, como el aceite y el agua), al cabo de un cierto tiempo de estar en reposo, acaban por separarse. Si a la mezcla se añade otra sustancia que impida que las gotas de uno de los líquidos se vayan uniendo, se evita que se forman capas separadas entre sí. El resultado es una emulsión.

La mayonesa es una emulsión estabilizada

Ingredientes : dos yemas de huevo
tres cucharaditas de vinagre
media cucharadita de sal
una taza de aceite
recipiente
tenedor.

procedimiento : Con el material disponible, prepara una mayonesa y redacta tu receta

PALOMITAS DE MAIZ

Ingredientes; semillas de maiz
" hinchadas
aceite
sal

- vasos de precipitados
- vidrio de reloj
- navaja
- lupa binocular
- yodo
- pipeta
- mechero

Procedimiento: Realiza las experiencias que se te ocurran para contestar a estas preguntas; ¿por qué y cómo se forman las palomitas de maiz?

LA DELICIOSA FISICA DE UN HELADO DE VAINILLA

- Ingredientes:
- recipiente metálico
 - baño de hielo y sal
 - tenedor
 - hornillo
 - termómetro
 - 1/4 litro de nata
 - leche
 - vainillina
 - azucar
 - cazo o vaso de precipitados.

Procedimiento: Disuelve en un poco de leche en caliente el azucar. Añade la leche azucarada a la nata y remueve. Incorpora por último el extracto de vainilla. Vierte la mezcla en el recipiente metálico y déjalo enfriar.

Instala el recipiente en el baño y añade el relleno de hielo triturado y sal en copas alternativas, en una proporción 4:1. Agita durante 20 minutos , lento al principio y rápido después, hasta que la mezcla se ponga muy viscosa. Dejela endurecer después un poco.

MAYONESA: UNA EMULSION ESTABILIZADA

Pon las yemas de huevo, sal y una cucharita de vinagre en un recipiente. Mézclalos no muy rápidamente hasta que las yemas de huevo se pongan viscosas. (Ya están mezcladas con el agua del vinagre y preparadas para recibir el aceite.)

Añade el aceite gota a gota mientras bates continuamente. La mayonesa se produce cuando las gotas de aceite se expanden por la yema. Esta las rodea e impide que se junten para formar una capa separada.

¿Qué ocurrirá si se añade el aceite rápidamente o se echa mucho al mismo tiempo?.

Cuando la mezcla se ponga espesa, la emulsión se ha formado. Una vez formada se puede añadir el aceite más deprisa hasta que toda se haya mezclado con las yemas.

Después, mezcla el vinagre restante hasta el final.

PALOMITAS DE MAIZ

Si no se os han ocurrido, os sugerimos las siguientes experiencias:

- Hacer las palomitas con el maiz hinchado.
- Rajar algunos grands con la navaja antes de echarlos en el aceite.
- Observar por la lupa un grano cortado hinchado y otro normal.
- Añadir disolución de yodo a los granos cortados y a la palomita.

LA DELICIOSA FISICA DE UN HELADO DE VAINILLA

- ¿ Es realmente necesaria la sal o sólo con el hielo sería suficiente?.
- ¿ Por qué no añadir más sal para hacer mayor la proporción?.
- ¿ Por qué triturar el hielo?.
- ¿ Por qué es conveniente que sea metálico el recipiente?.
- ¿ Por qué activar la agitación conforme aumenta la viscosidad?.

BIBLIOGRAFIA

C-R-4

- 1.- Experimentos científicos que se pueden comer.
Vicki Cobb. Ed. Adara, La Coruña 1976.
- 2.- "Física del inigualable helado casero que prepara la abuela".
Jearl Walker. Investigación y Ciencia nº 93. Junio 1984.
- 3.- Física y química subyacentes a la tarta de merengue al limón.
Jearl Walker. Investigación y Ciencia nº 59. Agosto 1981.
- 4.- Física y química de una salsa bearnesa fallida.
Jearl Walker. Investigación y Ciencia nº 41. Febrero 1980.
- 5.- La cocina como ciencia.
Francesco Tonucci. Cuadernos de Pedagogía. nº 39. Marzo 1978.
- 6.- Un laboratorio en la cocina.
Eduardo Averbuj. Cuadernos de Pedagogía. nº 53. Mayo 1979.
- 7.- El taller de Cocina.
Equipo escolar Pilot i Experimental Ribot y Serra.
Cuadernos de Pedagogía nº 88. Abril 1982.
- 8.- La cocina en el parvulario..
Ana F. Abascal/ Nonda Velasco/ Xosé M. Saleta.
Cuadernos de Pedagogía nº 89. Mayo 1982.
- 9.- Osmosis con una zanahoria.
Maite García Jimenez. Cuadernos de Pedagogía nº 98. Febrero 1983
- 10.- Ice cream, delicious chemistry.
James Martino. Journal of Chemical Education. Noviembre 1983.
- 11.- Basic Concepts of Culinary Chemistry.
Harriet G. Friedstein. Journal of chemical Education. Noviembre
1983.
- 12.- Experimentos caseros para descubrir adulteraciones.
Enric Gracia. Ed. Armario.
- 13.- Nuevo manual de la UNESCO para la enseñanza de las Ciencias.
Ed. Edhasa.

Un laboratorio en la cocina

Eduardo Averbuj

En las clases de Ciencias de los últimos años de básica, y también en el bachillerato, se viene utilizando la cocina de la escuela como centro de investigación y de aprendizaje científico. Aquí se puntan algunas de las muchas posibilidades de experimentación didáctica que ese uso permite.

La ciencia entra en la cocina

Hasta ahora, la ciencia, globalmente, es "cosa de hombres". Es a los varones a quienes se les regala juegos de química o mecánicos, ellos son los que "mezclan polvos y así salen de los tubos humos de colores" ...pensando que eso es hacer ciencia. A las niñas, mientras tanto, se las relega a sus muñecas (para que vayan sabiendo "ser madres") y a sus cocinitas y cacharritos (para que vayan aprendiendo a "ser buenas esposas").

Pensamos que la tarea científica en la cocina (o llevando la cocina al aula, en caso que los encargados de la misma sean demasiado aprensivos...) se puede convertir en un contexto de reacomodación de aquellas "tareas propias del sexo". Las chicas, construyendo una reflexión y un método sistemático tras del acto culinario; los chicos, pensando también a partir de los procesos que en él se gestan aprendiendo en ese ámbito la operatividad de una tarea tan indispensable como lo es el cocinar. Utilizando la cocina como taller científico, lograremos además prolongar la clase de ciencias desde la escuela hasta cada casa (sin que ello implique "deberes" ni imposiciones), permitiendo la continuidad de la labor educativa.

La producción, la cooperación, el placer

En la cocina, se pueden plantear una serie muy diversa de experiencias, que, podríamos clasificar en tres grandes grupos:

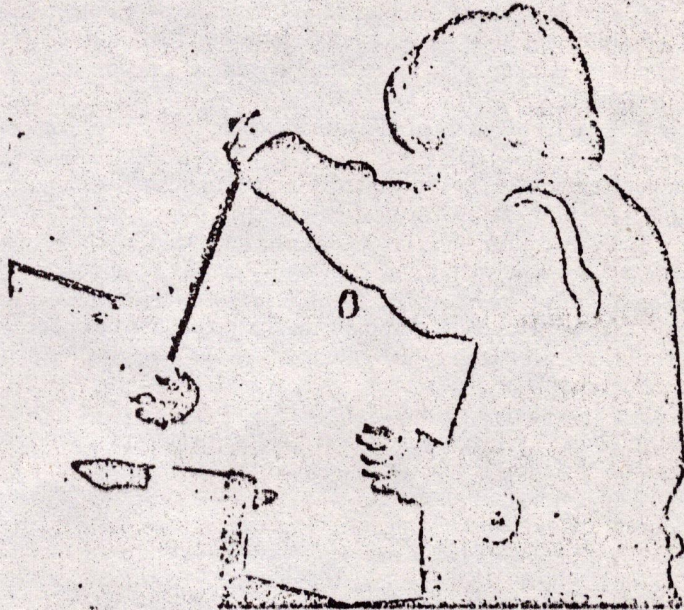
Situaciones de ciencias básicas (a través de las múltiples actividades de la mecánica, la calorimetría, la química, la biología, la bioquímica) y situaciones de matemáticas y metrología (mediciones aproximadas y exactas, cómputos estadísticos, iniciación a problemas de azar, confección de gráficos).

Situaciones tecnológicas (todas aquellas que impliquen almacenamiento de alimentos, producción de comidas elaboradas y conservación de las mismas).

Situaciones de ciencias sociales (las que se refieren a economía culinaria, a antropología de normas y usos alimentarios, a la geografía de la alimentación y a higiene del trabajo).

Un paseo por la cocina

Para sistematizar nuestra propuesta, demos un paseo por la cocina y establezcamos una serie de "paradas" en ella, que



Los varones aprenden a cocinar y a pensar.

permitirán una clasificación de las innumerables posibilidades que nos ofrece. Podemos detenernos, de esa manera, en:

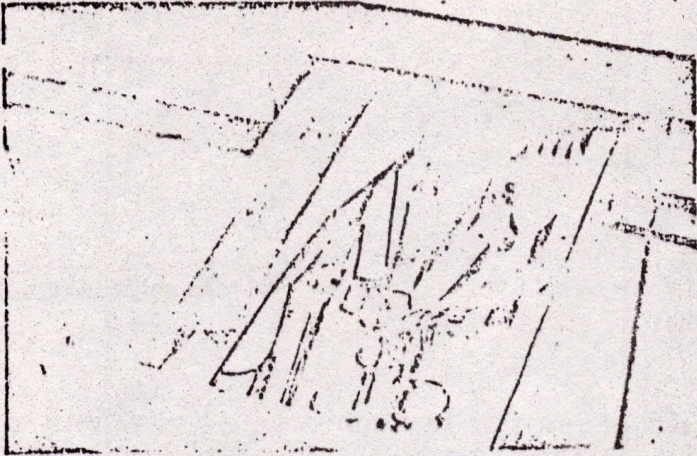
1. La materia prima a utilizar: alimentos frescos, congelados, enlatados; los criterios para seleccionarlos; la estimación del periodo de su consumo; la aparición de mohos y su desarrollo; la valoración química-energética de los alimentos (reconocimiento de almidón, grasas, proteínas, sales minerales).

2. La nevera: la conservación de los alimentos, el papel de las bajas temperaturas; la utilización de sus diversas zonas y su respectivo periodo de conservación.

3. El armario y sus productos: vinagre, aceite, azúcar, sal, condimentos, colorantes, bicarbonato, glutamato de sodio (para intensificar los sabores característicos de muchos alimentos); percepción y análisis de las propiedades de cada uno y los efectos químicos que su uso implica. *Levadura, sal, etc.*

4. El cajón de utensilios: los procesos mecánicos y físicos que provoca la utilización de cuchillos, tenedores, pajitas para sorber, cucharas, batidoras, rompenueces, abrelatas, sacacorchos, ralladores, coladores, filtros, pinzas para azúcar. *muñite*

5. La mesa de trabajo: operaciones que en ella se realizan



El cajón de utensilios: toda la mecánica.

para preparar las comidas; dosificaciones, particiones, separaciones, remojos previos, sazonados, mezclas, maceraciones, amasados, rellenos, aromatizados.

6. El fuego de la cocina: la producción de calor en sus diferentes formas: hervir, hornear, tostar con tostadora eléctrica, poner al baño maría, calentar en olla a presión, usar la parrilla.

7. Los recipientes en los que se transforma: sus formas, capacidades, materiales y otras cualidades; hervir en ollas de metal, freír en sartenes recubiertas de teflón, guisar en cazuelas de barro, hornear en fuentes de vidrio termorresistente.

8. Procesos de transformación: la mezcla de sabores que genera un sabor distinto a los originales; las modificaciones físico-químicas que ocurren durante la cocción (visibles o no visibles); el tiempo de duración de los procesos; el papel de levaduras, lactobacilos y estreptococos en los procesos fermentativos; el enfriado posterior.

9. El fregadero de platos: todas las operaciones de limpieza implicadas; uso de jabones, detergentes, producción de espuma y la exigencia de biodegradabilidad; utilización del agua caliente; manipulación de abrasivos; efecto de las aguas "duras"; limpieza de manchas especiales.

10. El cubo de la basura: el análisis cuantitativo y cualitativo de lo que arrojamos en él, lo que desperdiciamos, el tipo de recipientes y envases que desechamos, el aprovechamiento final de los residuos.

¿Hacia dónde apuntamos?

La riqueza de elementos y tareas que nos proporciona la cocina y su instrumentación pedagógica están dirigidos, sobre todo, a que chicas y chicos puedan acceder, a través de ellos, a la realización productiva y a la reflexión consecuente. Estos objetivos generales pueden sectorizarse en otros, más particulares, y nos permiten controlar eficazmente la experiencia. Entre estos estadios parciales podemos distinguir:

a) Elección y discusión de la experiencia a realizar (¿qué comida haremos?, ¿por qué elegimos ésta y no otra?, ¿qué aportará tal alimento al organismo?).

b) Selección de la materia prima (¿qué alimentos frescos necesitamos?, ¿y qué conserva será necesaria?, ¿por qué optamos por esa marca?, ¿se puede reemplazar algún ingrediente por otro mejor?).

c) Utilización de recursos bibliográficos u orales (¿de dónde sacamos la receta para hacer lo que nos propusimos?, ¿habrá algún familiar que conozca otra forma distinta de hacer lo mismo?, ¿por qué no lo hacemos una manera diferente de prepararlo?).



CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

colkos-tan

Las actuales perspectivas en el terreno pedagógico al servicio de pedagogos, orientadores, psicólogos y reeducadores



NOVEDADES

LAS RELACIONES PROFESOR-ALUMNO

M. Stubbs y S. Delamont

LA EDUCACIÓN PERMANENTE

P. Besnard y B. Liétard

LA PRÁCTICA DE LA ORIENTACIÓN ESCOLAR

A. Newsome, B. J. Thorne y K. Wyld

ADQUISICIÓN DEL LENGUAJE Y DESARROLLO DE LA MENTE

H. Sinclair de Zwart

EL PROBLEMA DEL RENDIMIENTO ESCOLAR

M. Gilly

LA CREATIVIDAD VERBAL EN LOS NIÑOS

R. Dusrosiers

NIÑOS Y ADOLESCENTES

D. Elkind

LA INVESTIGACIÓN HISTÓRICO-PEDAGÓGICA

R. Fornaca

OTROS TÍTULOS DE LA COLECCIÓN

ORIENTACIÓN ESCOLAR Y PROFESIONAL DE LOS NIÑOS

P. Cailly

CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

G. Mialaret

LOS TESTS DE INSTRUCCIÓN

G. de Landsheere

TEST DE LA FAMILIA

J. M.^a Lluís Font

OBJETIVOS DE LA EDUCACIÓN

V. y G. Landsheere

FUNDAMENTOS NEUROLÓGICOS DEL COMPORTAMIENTO

F. Corominas

TÉCNICAS Y RECURSOS AUDIOVISUALES

Teoría y Práctica - S. Mallas Casas

LA TECNOLOGÍA EN LA ENSEÑANZA DE LA HISTORIA

J. Poinssac-Niel

colkos-tan s.a. ediciones
AVANÇAT BARCELONA

d) Realización de la comida (¿cuánta sal le pondremos?, ¿conviene trocear cubitos pequeños o medianos?, ¿qué significa exactamente: freir en aceite "muy caliente"? ¿qué se pone antes, las cebollas o las patatas?)

En este apartado se implementarán y combinarán adecuadamente los actos básicos que la realización del producto final implica:

- Mecánicos: rallar, untar, cortar, amasar, batir, colar.
- Físicos: disolver, emulsionar, enfriar, filtrar, entibiar.
- Químicos: freir, coagular, hornear, "levantar", dorar, cocer, fermentar.

e) Anticipación y evaluación de resultados (¿saldrá muy esponjoso?, ¿será una sopa demasiado caliente?, ¿estará el huevo bien duro?), infiriendo tales anticipaciones a partir de un adecuado manejo de variables, como: tiempo de cocción, temperatura de horneado, cantidad de levadura utilizada, medida de agua consumida, espesor de los bistecs asados, etc., y contrastando luego esas presunciones con los resultados obtenidos.

f) Respecto de indicaciones fundamentales de higiene y seguridad en el trabajo (¿por qué debemos lavarnos las manos antes de amasar?, ¿conviene colocarse o no el delantal de cocinar?, ¿por qué hay que cubrir adecuadamente los alimentos que dejamos reposar fuera de la nevera?)

g) Evaluación crítica "Cuantitativa, Económica y Placentera" de lo producido (¿qué tal salió la comida?, ¿hubiera sido más económico cocinar el doble de raciones?, ¿nos parece que todo tiene demasiado gusto a col?)

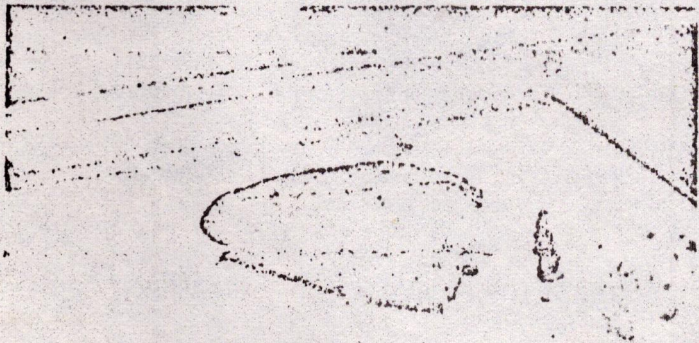
A fin de testimoniar organizadamente las experiencias, conviene reflejar el trabajo realizado en unas fichas (discutidas y estructuradas por los propios alumnos) en las que se sintetizará, de manera explícita y ordenada, todo lo hecho. El taller científico plasmado en la cocina se encontrará así, al cabo de un periodo de labor, con una suerte de "Manual de cocina-científica" en el que estarán condensados los pasos experimentales, las presunciones anticipativas, las evaluaciones posteriores y el balance crítico de cada realización. Los famosos "secretos de la cocina" saldrán así de lo mágico-irracional y se visualizarán como una serie de elementos y productos concretos con una metodología real y evaluados objetiva y subjetivamente a través de parámetros cuantitativos y apreciaciones sensoriales.

Un pan, todo un mundo

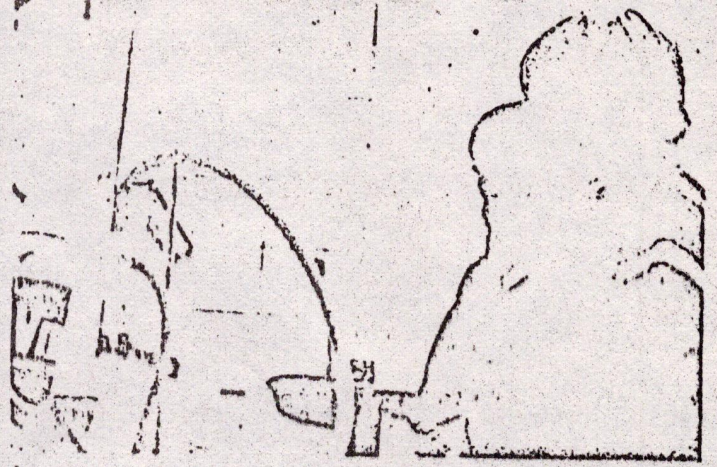
Para explicitar el espectro tan amplio de situaciones y análisis que presentan los más cotidianos elementos, nada mejor que hablar del pan.

Veamos entonces algunas de las indagaciones y descubrimientos que pueden surgir.

— Observamos que para hacer el pan utilizamos harina de trigo. ¿De qué sustancia se compone esta harina? Para saberlo, experimentemos.



El pan, todo un mundo.



La cocina: un lugar de cooperación.

Tomamos un poco de masa y envolvámosla con un trapito, que ataremos con un cordel. Metamos este "paquetito" en un vaso con agua, retorciéndolo y enjuagándolo una y otra vez.

Al cabo de un rato se puede comprobar que el agua se tiñe de blanco. Si la dejamos reposar veremos que en el fondo del vaso se deposita un sedimento blanco.

Volquemos el agua, extraigamos la capa blanca del fondo del vaso y coloquémosla sobre una hoja de papel, hasta que el resto de agua se haya evaporado, quedando entonces un polvillo blanco. Con unas gotas de tintura de yodo que echamos sobre ese polvillo, y al mismo tiempo sobre un poco de almidón (sustancia que se utiliza para endurecer los cuellos de las camisas) podremos apreciar que ambos montículos se tiñen de igual color azul, lo que demuestra que la harina contiene almidón.

— Otro interrogante: ¿por qué la corteza del pan es distinta a su miga?

Para explicarlo volvamos a experimentar, ¿planchado el cuello de una camisa previamente rociado con agua almidonada!

Debido al calor de la plancha parte del almidón se convierte en una sustancia llamada *dextrina*, semejante a una cola, que une entre sí los demás granitos de almidón. Es así que sobre el cuello se forma una cáscara dura, que le da rigidez.

En el pan se da una situación análoga. Por influencia del calor del horno, el almidón de la superficie de la masa de pan, que es el que está más expuesto a ese calor, se convierte en *dextrina*, formando así la corteza dura, que además, también debido a tan fuerte calor, cambia su color, tornándose dorada.

Juntos, cocinando y entendiendo

Abriendo la cocina al pensamiento, el asombro, a la tarea productiva, hemos verificado que se puede comenzar a cerrar aquella brecha absurda que la historia ha generado entre mujeres y hombres. La vida cotidiana ofrece, otra vez, una magnífica herramienta para que en la escuela se cueza un aprendizaje operatorio, compartido, integral.

En la cocina, entonces, a partir de esa síntesis entre actividad productiva y reflexión lúdica y sistemática, los niños descubren que la ciencia es un instrumento (su instrumento) permanente para la comprensión del mundo real.

Parafraseando al personaje de Molière, esta experiencia nos permitirá que chicas, chicos y maestros se concienticen ante el total de su vida diaria, comprendiendo que hacen ciencia, aunque no se hayan dado cuenta de ello. La ciencia en la cocina, lugar de reunión de todos...

Taller y laboratorio

Física del inigualable helado casero que prepara la abuela

Jearl Walker

El helado que mi abuela elabora es el mejor del mundo. Para mí. Se sirve de un viejo cacharro en el que se batan, movidos por una manivela, los ingredientes. Durante y después del batido, la mezcla se enfría y endurece en un baño de hielo; agua y sal gema que rodea al recipiente. El resultado es un postre irresistible: un helado cremoso y fluido.

La heladera de mi abuela consta de tres componentes principales. Un recipiente metálico, donde se introducen los ingredientes, se ajusta dentro de un cubo de madera, mucho mayor. Penetra, en el recipiente, un agitador movido a mano a través de una manivela. El espacio entre el recipiente y el cubo se llena de sal gema y hielo picado, dispuestos en capas alternativas, de suerte que haya unas cuatro veces más hielo. Recubre el conjunto para protegerlo del calor ambiental. Agita entonces la mezcla durante unos 20 minutos hasta que se torna muy viscosa. Luego, repone el hielo y la sal, cubre el cacharro con una toalla gruesa y lo deja enfriar y endurecerse durante dos o tres horas. El helado queda así listo para la mesa.

A la hora de estudiar el proceso me he decidido por una de las recetas de mi abuela relativa a un helado de contenido medio en vainilla. En la figura 2 se reseñan los ingredientes para un litro y medio. Se calienta la nata, a la vez que se remueve y añade azúcar. Esta mezcla se sigue calentando y removiendo, sin permitir que hierva. Una vez caliente y con el azúcar totalmente disuelto, se deja enfriar hasta la temperatura ambiente y se añade entonces el extracto de vainilla. La mezcla se vierte seguidamente en el recipiente de la heladera y se mantiene en el frigorífico una hora al menos. A continuación, se instala el recipiente en el cubo y se introduce el agitador, se hace el relleno de hielo y sal en torno al recipiente y se le da a la manivela.

Durante muchos años me han tenido intrigado varios aspectos del procedi-

miento. Comprendo que, sin hielo, la mezcla no pueda convertirse en helado, pero, ¿es realmente necesaria la sal? ¿Por qué advierte mi abuela que no hay que añadir demasiada? ¿A qué viene triturar el hielo? Admito que el cubo sea de madera para reducir la absorción de calor del medio ambiente; pero, ¿tiene que ser metálico el recipiente? ¿Sirven los ingredientes para otra cosa que no sea hacer apetitoso el helado? Me he preguntado también (especialmente durante mis largos ratos de manivela) por qué hay que remover el helado. (Sin duda está perfectamente mezclado antes de verterlo en el recipiente.) ¿Por qué activar la agitación conforme aumenta la viscosidad? Por último, ¿por qué se estropea un helado si se deja derretir y se vuelve a enfriar?

La explicación de mi abuela acerca del objeto de la sal gema me desconcertó. Según ella, con la sal se rebaja la temperatura del hielo y el helado se congela antes. Acaso tenga razón, pero la idea parece contradecir otra aplicación muy corriente de la sal. Cuando hay que limpiar de nieve las aceras, éstas se rocían de sal, que no tarda en actuar. Entonces, si la sal se limita a disminuir la temperatura del hielo, ¿cómo puede usarse para fundir la nieve de las aceras? Y al revés, si en una heladera la sal simplemente funde el hielo, ¿cómo puede acelerar la congelación de la mezcla?

Para indagar alrededor de esta cuestión comenzaré ocupándome de la congelación del agua del grifo (dejando de lado la posibilidad de sobreenfriarla, es decir, de hacer que su temperatura descienda por debajo del punto de solidificación normal sin que se hiele). Emplearé un sencillo modelo de enfriamiento en el cual se elimina energía (calor) a expensas de la energía cinética de las moléculas del líquido. Al disminuir éstas de velocidad, baja la temperatura del agua. Cuando se llega al punto de solidificación (cero grados Celsius), se inicia en la superficie la for-

mación de hielo. Al extraer más energía se hiela más agua, pero la temperatura no puede bajar hasta que no haya solidificado todo el agua.

Imaginemos un estado intermedio en el que el agua esté helada sólo en parte. Si aquí aislamos la mezcla para que no escape más energía, permanecerán constantes tanto la temperatura como la cantidad de hielo; pero las moléculas seguirán moviéndose, unas lentamente y, otras, rápidamente. En la frontera entre el líquido y el hielo, parte de las moléculas se hallará, además, cambiando de estado. Así, algunas moléculas de la fase líquida se moverán con lentitud suficiente para que, al chocar con el hielo, se queden en él, sumándose al mismo. A la vez, algunas moléculas de la fase sólida (el hielo) se soltarán y entrarán en el líquido. O sea, cuando el sistema esté aislado, se llegará a un estado de equilibrio tal que las velocidades de solidificación y de fusión se igualarán en la interfase.

En este modelo, un factor importante es la energía que se intercambia en la solidificación y en la fusión. Toda molécula de la fase líquida que se adhiera al hielo perderá energía; por dos razones. Primero, debe aminorar de velocidad, ya que de lo contrario su energía cinética la llevaría enseguida muy lejos del hielo. Segundo, cuando la captan las fuerzas eléctricas de las moléculas de hielo más próximas, pierde aún más energía. Cuando se hiela un gramo de agua, la cantidad de energía que pierden en conjunto las moléculas que pasan al hielo es de 80 calorías.

Cuando una molécula abandona la fase sólida, se cumple lo contrario. Así, deberá recibir energía suficiente para escapar a las fuerzas que ejercen sobre ella las moléculas vecinas y para adquirir una energía cinética adecuada a la fase líquida. Entonces, para fundir un gramo de agua, habrá que aportar 80 calorías si queremos liberar del hielo a las moléculas. Por ello, cuando en el agua de hielo se llega al equilibrio, la

cantidad de energía que ceden las moléculas que pasan al hielo iguala a la que absorben las moléculas que lo abandonan. En la interfase hielo-líquido no existe intercambio neto de energía.

Supongamos ahora que extraemos una pequeña cantidad de energía de un sistema que esté en equilibrio con la mitad del agua helada. Con ello decrecerá la velocidad media de las moléculas de la fase líquida y aumentará la rapidez de solidificación en cuanto las moléculas, ahora más lentas, comienzan a adherirse en el hielo. En este período, la rapidez de solidificación superará el ritmo de fusión y habrá una liberación de energía no nula.

Pero esa energía no desaparece, sino que se pone de manifiesto (mediante choques) en la energía cinética de las moléculas que siguen en la fase líquida. Estas no tardan en recibir energía suficiente para que sean menos las que pasan al hielo. Se habrán igualado las velocidades de solidificación y fusión y se restituirá el equilibrio.

Cada vez que se extrae una pequeña cantidad de energía del sistema, se perturba el equilibrio. Esa eliminación de energía decelera unas moléculas que pasan al hielo. Y, tras cada eliminación, se restablece el equilibrio del sistema. Finalmente, si se extrae energía suficiente, todas las moléculas estarán en la fase sólida. Pero, aún en tal estado, las moléculas se mueven, oscilando en torno a sus posiciones de equilibrio en la red cristalina del hielo. A partir de ahí, toda extracción de energía aminorará la oscilación y la temperatura comenzará de nuevo a bajar.

Volvamos al estado en que la mitad del agua era hielo. Agregando sal al líquido, el equilibrio se destruye momentáneamente. Aunque la molécula de agua sea eléctricamente neutra, posee un campo dipolar eléctrico intenso, por estar sus átomos dispuestos en V. En un modelo simple de esta molécula, el átomo de oxígeno, que ocupa el vértice de la V, atrae hacia él los electrones de los átomos de hidrógeno. Tal movimiento separa los centros de las cargas positivas y negativas de la molécula. De este modo, puede considerarse que el extremo del oxígeno es más negativo que los del hidrógeno.

Este campo eléctrico de las moléculas de agua disgrega los cristales de sal en iones sodio positivos e iones cloro negativos. Estos iones están rodeados todos de un racimo de moléculas de agua. En torno a un ion sodio hidratado (Na^+) las moléculas de agua tienen

tendencia a presentar sus extremos oxigenados hacia el mismo. En torno a un ion cloro negativo (Cl^-) la mayoría de las moléculas de agua presentan hacia el mismo sus extremos de hidrógeno. Entre las moléculas de agua de estos racimos hay algunas tan firmemente sujetas que les es imposible helarse.

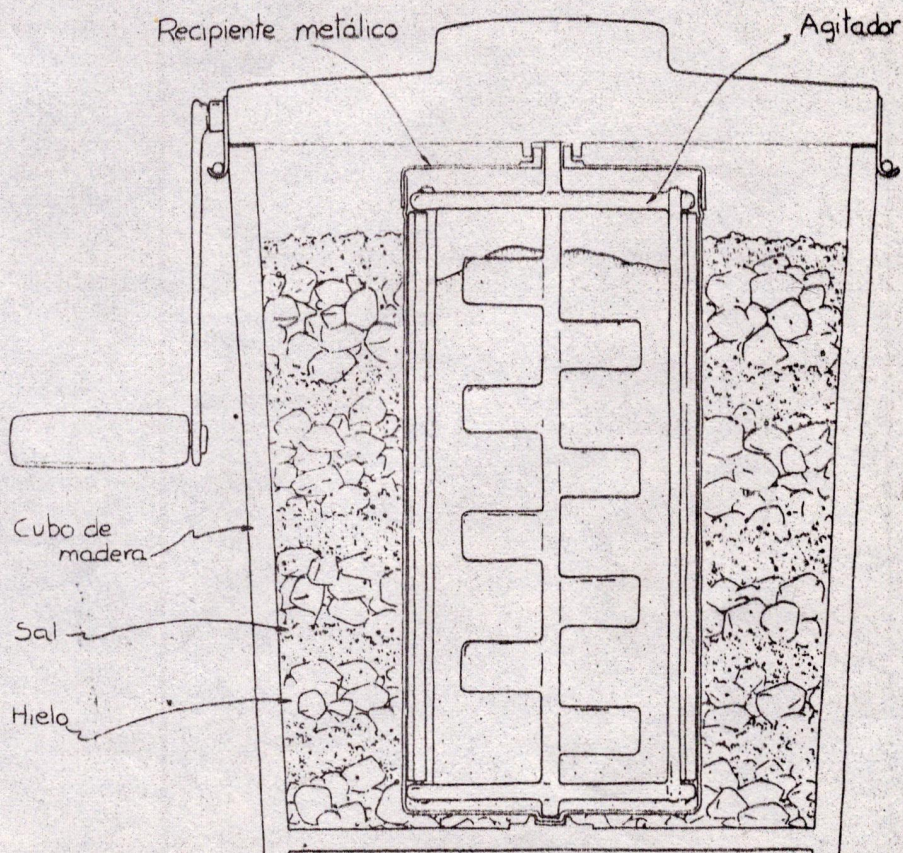
En este caso, en algunas de las colisiones de la interfase líquida intervienen esos racimos, los cuales no pueden quedarse en el hielo. Así es como la adición de sal destruye el equilibrio en la interfase, pues los racimos disminuyen la frecuencia a la que en la fase sólida penetran moléculas de agua. Mas la frecuencia a la cual la abandonan no se altera y, por ello, el hielo comienza a fundirse.

A la fusión la acompañan dos efectos; ambos incrementan la velocidad de solidificación, de modo que ésta vuelve a igualarse a la de fusión. El agua, al fundirse, diluye la solución salina, elevando la posibilidad de que en las colisiones en la interfase intervengan moléculas de agua y no iones hidratados. Además, la fusión rebaja la temperatura del sistema, ya que a toda molécula liberada del hielo deben cederle energía las moléculas del líquido. Este, al perder energía, se enfría.

Cuando en una acera se esparce sal sobre el hielo, el sistema de agua de hielo salina es diferente, pues no está aislado. Aquí acontece que, aunque el agua empiece enfriándose al ceder energía para la fusión, la acera y el aire circundante reponen enseguida la energía perdida. Y, así, la temperatura permanece constante mientras se funde el hielo.

A menudo, la finalidad de la sal se formula en función del punto de solidificación del agua de hielo. Cuando se agrega sal, el punto de solidificación del agua desciende por debajo de su valor normal de cero grados Celsius. Con ello, el proceso de congelación se extiende entre unos márgenes de temperaturas bastante amplios. En la figura 6 se representa gráficamente la temperatura del agua de hielo salina en función de la salinidad del líquido, medida ésta en partes por 1000, concretamente en gramos de sal por 1000 gramos de líquido. La curva representa los valores de equilibrio para los cuales se contrarrestan las velocidades de solidificación y licuación.

Para entender cómo se hiela el agua salina, lo mejor es comenzar con un líquido de salinidad baja. Cuando se extrae energía de esta mezcla, enfriando-



1. Heladera manual

1 litro ----- mitad y mitad o nata ligera

1 copa ----- azúcar

2 cucharaditas ----- extracto de vainilla pura

2. Ingredientes de un helado de vainilla

la, su temperatura acaba descendiendo por debajo de cero grados centigrados, pese a ello, no se hiela. El punto de solidificación de esta mezcla es inferior en varios grados al del agua dulce, y se dice que la adición de sal lo rebaja.

Cada vez que se extrae energía del sistema, la velocidad de congelación aumenta con respecto a la de fusión y parte del agua se hiela hasta que ambas velocidades se igualan. Entonces, por disminuir el volumen de agua líquida, aumenta la salinidad. Al seguir enfriando el sistema y perturbando su equilibrio, se restablece éste desplazándose curva abajo.

Al final, el sistema alcanza un estado, llamado punto eutéctico, en el que un enfriamiento adicional produce su solidificación en hielo y cloruro sódico hidratado. La temperatura del punto eutéctico depende del tipo de sal. Para el cloruro sódico es del orden de -21,1 grados Celsius, si la salinidad es de 233 partes por 1000. El punto eutéctico de una solución de cloruro cálcico es de -55 grados Celsius, por cuya razón el cloruro cálcico es mucho mejor que el sódico para deshacer el hielo de las aceras en tiempo frío. El cloruro cálcico rebaja el punto de congelación del agua más que el cloruro sódico.

El mismo tipo de gráfica sirve de pauta para añadir la sal al hielo de una heladera. Supongamos que se haya añadido una pequeña cantidad de sal, de modo que el agua de hielo salina se encuentre aproximadamente en equilibrio no muy por debajo de cero grados Celsius. En la figura 7 este punto se señala por la letra A. Aquí, como la temperatura no es muy baja, la mezcla de helado se hiela lentamente. Y, como accionar la manivela resulta pesado, decidimos añadir más sal al hielo.

La adición de sal destruye momentáneamente el equilibrio del sistema, pues el nuevo aporte de iones sodio y cloro reúnen en enjambres nuevas moléculas de agua. Habida cuenta de que la velocidad de solidificación decrece, parte del hielo se licúa a la par que el sistema tiende a recuperar el equilibrio. Y, puesto que el sistema está casi aislado, la energía necesaria para la fusión debe provenir de la energía cinética de las moléculas de agua. Estas aminoran de velocidad y, con ello, disminuye la temperatura.

Finalmente, se funde hielo suficiente para que vuelvan a igualarse las velocidades de solidificación y fusión. Así se restablece el equilibrio, pero en un punto más bajo de la curva. Pese a la fusión de parte del hielo, la salinidad es ahora mayor que al principio a causa de la temperatura sea ahora menor merced a la eliminación de energía durante el proceso de fusión.

En la heladera, el agua de hielo salina no constituye un sistema aislado: hay una fuga de energía, a baja velocidad, a través de las paredes de madera. Pero de la mezcla que se pretende helar sale aún más energía. Así y todo, lo notable es que la adición de sal al hielo resta temperatura licuando parte del mismo. De este modo, el baño líquido frío podrá extraer energía del recipiente que encierra a los ingredientes. Ese

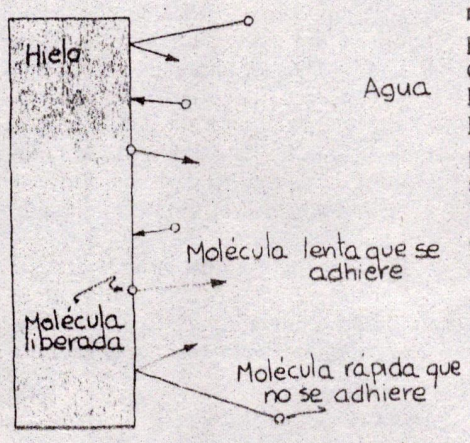
agua de hielo salina permanecerá fría aunque la mezcla de helado prosiga cediéndole energía. Y el recipiente debe ser metálico para que la energía pueda transmitirse al baño, enfriando así la mezcla de helado, en un tiempo adecuado.

A fin de comprobar la capacidad de la sal para rebajar la temperatura del agua de hielo, me serví de un termo lleno de ésta a la que agregué la sal. Para registrar la temperatura utilicé un termopar no engastado de tipo K, conectado a un termómetro termoelectrico. Conforme añadí más sal, el hielo se fundió y la temperatura cayó hasta -15 grados C, punto en el que se detuvo, presumiblemente porque se escapaba calor al termo.

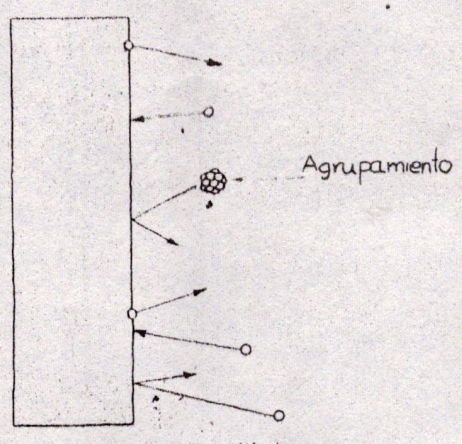
¿Es adecuado el hielo común para congelar un helado? Sí, en la hipótesis de que la cantidad del mismo permita un buen acoplamiento con el recipiente. El hielo en cubitos no forma el relleno idóneo. El hielo picado se ajusta más, aunque no lo suficiente para que el tiempo de agitación sea aceptablemente corto. Lo cierto es que, en este caso, ese tiempo podría durar hasta que de la mezcla se separara la mantequilla y se malograra el helado. Con el recipiente rodeado de un baño de agua de hielo se consigue un contacto muchísimo mejor; pero, sin sal, el baño no puede estar a menos de cero grados Celsius.

Con sal en el baño, el recipiente estará rodeado de un líquido a una temperatura inferior a cero grados Celsius. Cuanto más echemos, menos temperatura. Pero mi abuela aconseja no añadir demasiada sal, para no estropear el helado. La relación entre sal y hielo debe ser del orden de 1:4. Mayor cantidad de sal crea una temperatura excesivamente baja en el baño de hielo y agua. Entonces, como la diferencia entre las temperaturas del agua de hielo y de la mezcla de helado será mayor, a través de la pared del recipiente se transmitirá calor a mayor velocidad. Dentro de la mezcla de helado el calor no se transmite, sin embargo, con la misma rapidez; la capa de la misma contigua a la pared se enfriará y helará enseguida, pero no así la masa de mezcla más alejada de la pared.

La agitación de la mezcla sirve para impedir que se hiela prematuramente la capa exterior. Aun así, si el baño de hielo y agua está lo bastante frío, puede que se inicie una congelación antes de tiempo. Entonces costará rotar el agitador, aunque el centro del helado no haya adquirido todavía la



3. Equilibrio en el agua de hielo



4. Equilibrio en el agua de hielo salina

viscosidad necesaria. Quien esté accionando la manivela, engañado por la resistencia de ésta a girar, creará que la mezcla estará suficientemente batida y la dejará reposar un rato. En consecuencia, crecerán los cristales de hielo, dando al producto una textura granulosa y dura.

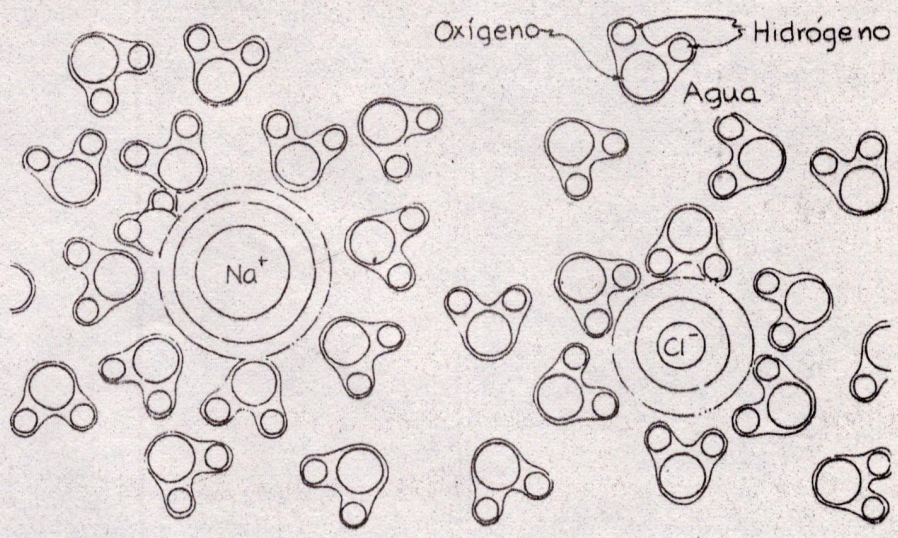
Al principio, los ingredientes ocupan aproximadamente el 70 por ciento del recipiente. Al agitar la mezcla, ésta se dilata hasta llenarlo, en parte porque el agua aumenta de volumen al solidificarse. Sin embargo, semejante dilatación se debe, en mucho mayor grado, al aire que el batido introduce en la propia mezcla.

Al comenzar a remover, acciono lentamente la manivela porque la viscosidad de la mezcla es demasiado baja para atrapar burbujas de aire y un accionamiento enérgico significaría un esfuerzo superfluo. Además, no es mi deseo separar la mantecilla de la nata. Cuando la solución se ha enfriado y espesado, hay que mover más rápido la manivela para introducir burbujas de aire en la mezcla. Estas quedan atrapadas por la viscosidad y la congelación; su efecto es aligerar el helado, pues de lo contrario nos saldría tan denso como el hielo.

La mezcla para el helado se prepara en caliente, al objeto de que el azúcar y los demás ingredientes se disuelvan y se mezclen a fondo. Evidentemente, si sigue caliente cuando se introduzca en la heladera, el baño de agua de hielo salina deberá eliminar una cantidad de calor mucho mayor. He aquí por qué hay que enfriar la mezcla, el agitador y el recipiente en la nevera durante una hora, o quizá más.

Cuando la mezcla se hiela sin remover, resulta granulosa. Esta diferencia en la textura final se debe al crecimiento de los cristales de hielo. Supongamos que la mezcla se enfríe y hiele lentamente en un congelador. Aparecerán cristales de hielo diminutos, que se desarrollarán a medida que de la mezcla se separe agua y cristalice en tales puntos. Cuando el helado se haya solidificado del todo, estará lleno de cristales de hielo de gran tamaño.

Cuando una mezcla de helado se revuelve a la vez que se congela, los cristales resultan mucho más pequeños. La remoción desorganiza el proceso de cristalización; ya no predominan los puntos de nucleación originales. Antes bien, habrá muchos más puntos con oportunidad de iniciar un cristal. La mezcla se solidificará en múltiples cristallitos, no en unos cuantos de gran tamaño.



5. Iones sodio (Na^+) y cloro (Cl^-) hidratados

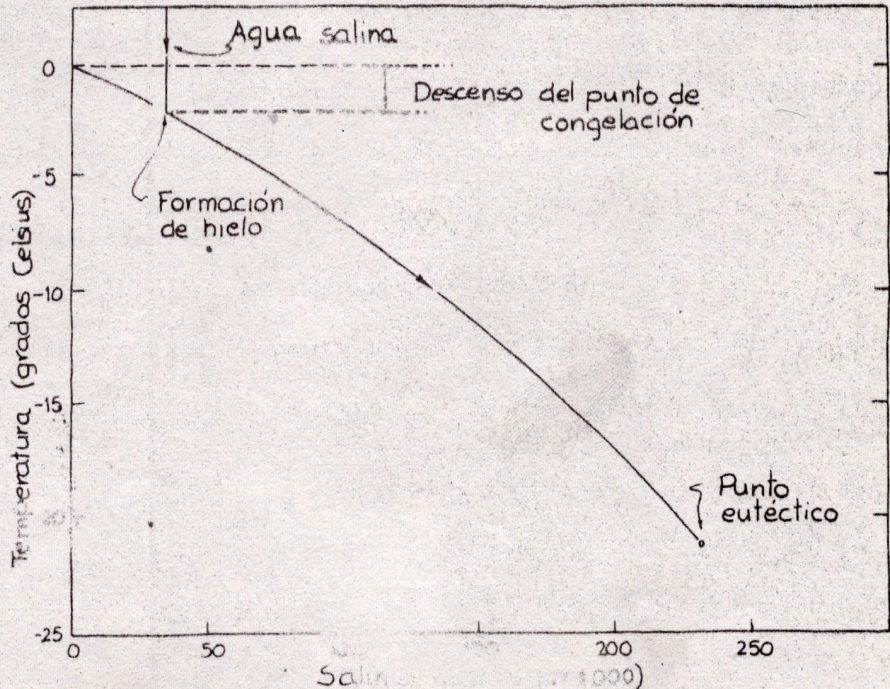
maño. El resultado será un helado suave y fluido.

La remoción evita asimismo la formación de cristales de hielo grandes por otro mecanismo. El recubrimiento de los cristales recién formados de parte de la nata de la solución se opone a que llegue más agua a la superficie de los mismos. Así se retrasa el crecimiento cristalino y pueden aparecer cristales nuevos. La leche, los huevos, la miel y la gelatina coadyuvan también a retardar el crecimiento de los cristales.

Cuando se elabore un helado recurriendo al congelador de una nevera

hay que revolver la mezcla de tanto en tanto con una batidora. Procedimiento que rompe los cristales y los cubre de nata y, adicionalmente, introduce burbujas de aire en la mezcla.

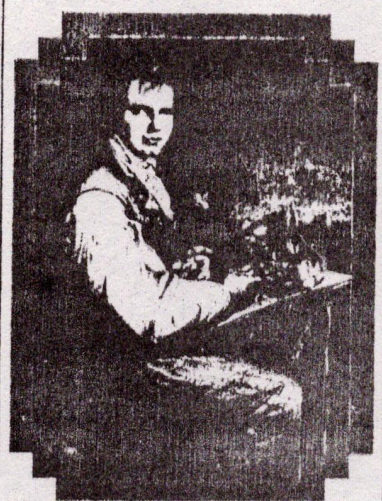
He llevado a cabo algunas experiencias sencillas en torno a los helados. Siguiendo la receta de mi abuela preparé una cantidad que repartí entre dos cuencos. Los cubrí con papel de aluminio y los guardé en el congelador, mantenido aproximadamente a -12 grados Celsius, frío suficiente para solidificar un helado. Cuando en las orillas de las mezclas comenzó a formarse hielo, reti-



6. Qué ocurre cuando se enfría el agua de hielo salina

Alejandro de Humboldt


Del Orinoco al Amazonas

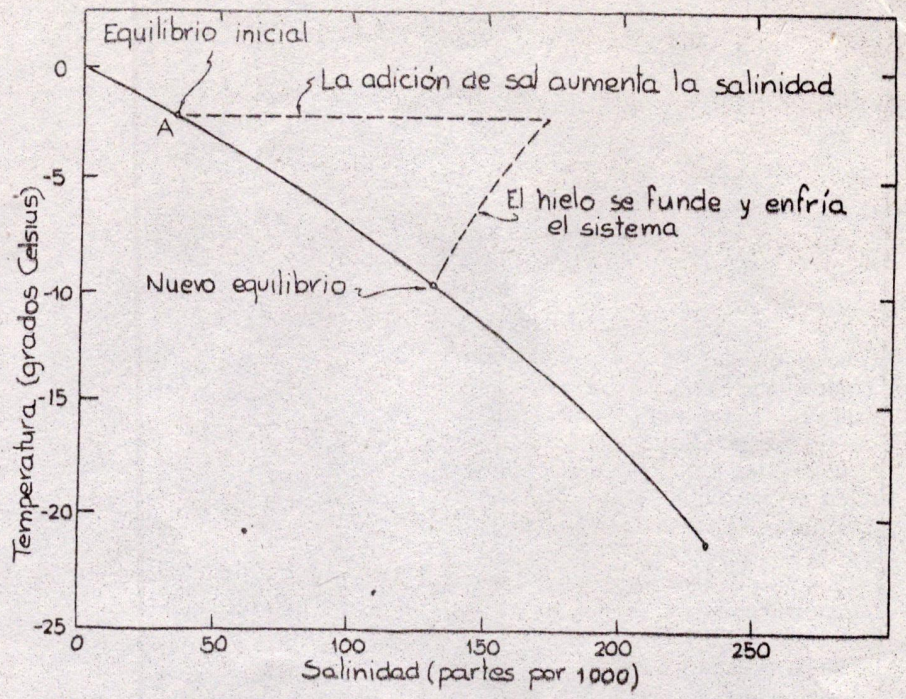


Un volumen de 396 páginas.
Colección Punto Omega, 262.

El relato del largo viaje de exploración que el naturalista alemán Alejandro de Humboldt realizó en los años 1799 a 1804 por extensas y desconocidas regiones americanas (en especial por las cuencas del Amazonas y del Orinoco) está justamente considerado como uno de los textos clásicos de la exploración científica. Durante su expedición, Humboldt, acompañado por el botánico francés Bonpland, realizó importantes observaciones en los diversos campos de las ciencias naturales, la geografía, la etnografía, que enriqueció con anotaciones estadísticas, sentando así las bases de lo que sería la moderna ciencia geográfica. Tal es la trascendencia histórica de la obra cumplida por Humboldt.

En nuestros días, esta obra sigue manteniendo el interés que ha suscitado en innumerables lectores a lo largo de las sucesivas generaciones.


Punto Omega
GUADARRAMA



7. Intensificación del enfriamiento por adición de sal

ré una de ellas y la removí durante varios minutos con una batidora a baja velocidad. La retorné al congelador.

Horas después, ambas mezclas se encontraban completamente heladas. La que había sido batida tenía numerosas burbujas inmovilizadas por la congelación. Al sacar pequeñas muestras con una cuchara pude observar cristales de hielo de dos o tres milímetros de longitud, lo que bastó para que pudiera notarlos cuando me llevé el helado a la boca. Sentí y oí el crujido de los cristales entre mis dientes.

La mezcla no removida estaba endurecida por el hielo. Además, su gran densidad se debía a que carecía de burbujas de aire. Al abrirse camino en el hielo, la cuchara hacía ruido y, cuando me llevé una porción a la boca, algunos trozos de hielo resultaron demasiado grandes para mascarlos sin dificultad. Comer aquella materia fue como masticar cubitos de hielo. Cuando fundí un helado en buenas condiciones y volví a congelarlo, obtuve idéntico resultado.

Comparé ambas mezclas con otras que elaboré según la misma receta y que removí convenientemente. Batí una en un cacharro igual al de mi abuela, pero con accionamiento eléctrico. Preparé la otra en una heladera eléctrica que me prestó Peter Renz. Esta máquina cabe en el congelador de un frigorífico saliendo al exterior su cordón de alimentación para enchufarlo en una toma de pared. (La junta de goma

de la puerta del congelador se ajusta perfectamente alrededor del cordón.) Para acelerar la congelación está equipada de un ventilador que lanza el aire por encima del helado.

Mientras que mi máquina de hielo salino necesita unos 20 minutos de batido para hacer un helado, la de ventilador necesita más de una hora. Ambas confeccionan un helado fluido y ligero, en el que pueden verse cristales de hielo y burbujas de aire cuando se examina con una lupa.

Es posible estudiar otros postres parecidos al helado. Los sorbetes, que acostumbran a componerse de un zumo de fruta y diminutos trozos de cáscara de frutas, carecen de la nata que llevan los helados. Es necesario batirlos o agitarlos, pues el crecimiento de los cristales de hielo puede hacerlos granulados y duros. Aquí la dificultad puede ser mayor, ya que muchos sorbetes carecen de un ingrediente que cubra los cristales y retrase su crecimiento.

Otros sorbetes se preparan de modo parecido, pero reduciendo una fruta a papilla y combinándola con jarabe de azúcar. Los granizados son casi iguales, pero no se baten ni agitan para que, adrede, posean unos cristales de hielo grandes. Cuando la mezcla se encuentra en proceso de congelación hay que removerla periódicamente con un tenedor a fin de que resulte áspera por los cristales, pero no aterronada por cubos de hielo.

JUEGOS DIDÁCTICOS

El juego aparece ligado a diversión, el estudio viene acompañado de aburrimiento. ¿ Pero por qué el estudio tiene que ser aburrido ? . "Aprender jugando", frase ya repetida en muchas ocasiones, intenta ligar dos conceptos que durante mucho tiempo han parecido estar enfrentados.

El juego es lúdico, si lo unimos al estudio podemos conseguir que este también lo sea. ¿ Por qué el estudiar tiene que significar "sufrir" ? . "En nuestras escuelas, por lo general se ríe demasiado poco". (Rodari).

Los juegos se aprenden con facilidad. La dificultad y el tedio suelen ir de la mano de la lista de los reyes godos, las fórmulas y los problemas. Estamos buscando la piedra filosofal que transmute en juego todo aquello que toque, al Rey Midas cuyo soplo transforme a Newton en Peter Pan y a Mme. Curie en Blancanieves. Aún no la hemos encontrado pero estamos en el camino, y nos acercan a la meta los grandes autores de la Ciencia Ficción de todas las épocas, desde Julio Verne con su "Viaje a la luna" hasta A. Clarke con su "2001 odisea en el espacio". Te invitamos a viajar a un país donde se encuentran reunidos los grandes genios de la Ciencia y los grandes autores de la Ciencia Ficción ¿ Que conversaciones podríamos escuchar entre Galileo y Julio Verne ? ¿ y entre Wells y Newton ? .

La Ciencia Ficción necesita de la imaginación, de la fantasía, pero ¿ la Ciencia pura no es imaginativa ? . Galileo, Lavoisier, Watson y Crick entre tantos otros , han necesitado imaginación para expresar sus atrevidas hipótesis. Hipótesis que comprobaron experimentalmente.

La Ciencia Ficción, los juegos pueden ayudarnos a que nos deslicemos en la realidad por una ventana, que es más divertido que entrar por la puerta principal. Pueden hacer que la ciencia, la fantasía y la imaginación formen un árbol común cuyas ramas se desarrollen paralelamente. ¿ Quereis intentarlo con nosotros ? . Os invitamos a buscar nuestra piedra filosofal particular ó nuestro Rey Midas.

INVENTEMOS UNA HISTORIA

"El uso total de la palabra para todos me parece un buen lema , de bello sonido democrático. No para que todos sean artistas, sino para que nadie sea esclavo". (Rodari. Gramática de la fantasía).

Son muy diversas las técnicas descritas para la invención de historias. Entre ellas podemos encontrar:

- binomio fantástico: conjunto de dos términos sobre los que se desarrolla la historia.
- hipótesis fantástica: "las hipótesis son breves, lanzas la red y, tarde o temprano, algo encuentras" (Novalis) ¿Qué pasaría si?
- prefijo arbitrario: una manera de hacer productivas las palabras, en sentido fantástico, es deformándolas. Prefijo elegido para crear nuevas palabras imaginarias.
- error creativo: de un lapsus puede nacer una historia.
- ejercicios surrealistas: - recortar los titulares de los periódicos y mezclarlos entre sí
 - pintar un dibujo en colaboración entre varias personas.
- fábulas populares como materia prima:
 - equivocarse historias
 - introducción de "nuevas" palabras en una fábula
 - fábulas al revés
 - ensalada de fábulas.

Nosotros vamos utilizar una de estas técnicas para inventar una historia ante la siguiente pregunta :

¿ Que pasaría si tuviésemos una sustancia capaz de hacer ingravidos los cuerpos ?

CONSTRUYAMOS UN JUEGO

Tomando las reglas de diferentes juegos conocidos ó las que tu quiera inventar, construyamos un juego que tenga por base :

- la energía y sus transformaciones.

JUEGOS ARITMÉTICOS

Problemas de los "Viajes de Gulliver"



Las páginas más interesantes de los «Viajes de Gulliver a algunos países remotos» son sin duda aquellas en que se relatan sus extraordinarias aventuras en el país de los diminutos liliputienses y en el de los gigantes «brobdingnagianos». En el país de los liliputienses las dimensiones —altura, anchura y grosor— de todas las personas, animales, plantas y cosas eran 12 veces menores que las ordinarias en nuestro mundo. En el país de los gigantes, por el contrario, eran 12 veces mayores. Por qué eligió Swift, autor de los «Viajes de Gulliver», el número 12, es fácil de comprender si se recuerda que ésta es precisamente la relación del pie a la pulgada en el sistema métrico inglés (el autor de los «Viajes» era inglés). 12 veces menor o 12 veces mayor, parece que no son una disminución o aumento demasiado considerables. Sin embargo, la diferencia de la naturaleza y condiciones de vida en estos países fantásticos, con respecto a aquellas a que estamos acostumbrados, resultó ser extraordinaria. Con frecuencia esta diferencia llama tanto la atención, por lo insospechada que es, que da material para problemas complicados. Aquí queremos ofrecer a nuestros lectores una decena de estos rompecabezas.

Los animales
de Liliput

«Para llevarme a la capital mandaron millar y medio de los más grandes caballos» —cuenta Gulliver del país de los liliputienses.

¿No le parece a usted que 1500 caballos son demasiados para este fin, aún teniendo en cuenta las dimensiones relativas de Gulliver y de los caballos liliputienses?

Acerca de las vacas, toros y ovejas de Liliput refiere Gulliver un hecho no menos sorprendente. Cuando se marchaba, ¡«se las metía en el bolsillo» simplemente! ¿Es posible esto?

El lecho era duro

De cómo los liliputienses prepararon el lecho para su gigantesco huésped, «Viajes de Gulliver» dice lo siguiente:

«Seiscientos colchones de dimensiones liliputienses ordinarias fueron traídos en carretas a mi local, donde los sastres iniciaron su trabajo. De un centenar y medio de colchones, cosidos entre sí, salió uno en el que cabía libre-

258-259

Problemas de los «Viajes de Gulliver»

mente a lo largo y a lo ancho. Pusieron, uno encima de otro, cuatro colchones como éste, pero aún así, este lecho era tan duro para mí como el suelo de piedra».

¿Por qué era tan duro este lecho para Gulliver?

¿Está bien hecho el cálculo que aquí se da?

La barca de Gulliver

Gulliver se fue de Liliput en una barca que casualmente llegó a sus costas. La barca pareció a los liliputienses un navío monstruoso, que superaba mucho las dimensiones de los barcos más grandes de su flota.

¿Podría usted calcular aproximadamente cuántas toneladas liliputienses de desplazamiento¹⁾ tenía esta barca, sabiendo que podía levantar 300 kg de carga?

El barril y el cubo de los liliputienses

«Cuando me harté de comer —dice después Gulliver sobre su estancia en Liliput—, dije por señas que quería beber. Los liliputienses, con gran destreza y valiéndose de unas cuerdas, elevaron hasta el nivel de

mi cuerpo un barril de vino del mayor tamaño, lo hicieron rodar hacia mi mano y le quitaron la tapa. Yo me bebí todo de un golpe. Me trajeron rodando otro, lo dejé seco de un trago, lo mismo que el primero, y pedí más, pero no tenían».

En otro pasaje dice Gulliver que los cubos de los liliputienses «no eran mayores que un dedal grand nuestro». ¿Es posible que fueran tan pequeños los barriles y los cubos en un país en que todos los objetos eran sólo 12 veces menores que los normales

La ración y la comida de Gulliver

Los liliputienses, leemos en los «Viajes», establecieron para Gulliver la siguiente norma de productos alimenticios:

«Le será entregada diariamente una ración de comestibles y bebidas suficiente para alimentar 1728 súbditos de Liliput».

«Trescientos cocineros —cuenta Gulliver en otro pasaje— me preparaban la comida. Alrededor de la casa montaron barracas, donde hacían los guisos y vivían los cocineros con sus familias. Cuando llegaba la hora de comer, cogía yo con la mano veinte servidores



Figura 221



Figura 222

¹⁾ El desplazamiento de un buque es igual a la carga máxima que éste puede levantar (incluyendo el peso del propio buque). Una tonelada es igual a 1000 kg.

y los ponía sobre la mesa, y unos cien me servían desde el suelo: unos servían las viandas, los demás traían los barriles de vino y de otras bebidas valiéndose de pértigas, que llevaban, entre dos, sobre los hombros. A medida que iba haciendo falta, los que estaban arriba subían todo a la mesa sirviéndose de cuerdas y poleas».

¿En qué cálculo se basaron los liliputienses para establecer una ración tan enorme y por qué hacía falta una cantidad tan grande de criados para alimentar a un solo hombre, que no era más que una docena de veces más alto que ellos? ¿Son proporcionales esta ración y apetito con la magnitud relativa de Gulliver y los liliputienses?

Los trescientos sastres
«300 sastres liliputienses recibieron la orden de hacerme un traje completo según los modelos locales. ¿Se necesita, acaso, un ejército de sastres como éste para hacerle un traje a un hombre, cuya talla sólo es una docena de veces mayor que la de un liliputiense?»

Las manzanas y las avellanas gigantes
«Una vez —leemos en los «Viajes de Gulliver a Brobdingnag (país de los gigantes)»— fue conmigo al huerto un enano palaciego. Aprovechando el momento en que yo, conforme iba paseando, me encontraba debajo de uno de los árboles, cogió él una rama y la sacudió sobre mi cabeza. Una granizada de manzanas del tamaño de un barrilete cayó ruidosamente al suelo; una me pegó en la espalda y me tiró...»

En otra ocasión «un travieso escolar me tiró una avellana a la cabeza y por poco me da, y la había lanzado con tal fuerza, que me hubiera descalabrado inevitablemente, porque la avellana era poco menor que una pequeña calabaza nuestra».

¿Cuánto piensa, usted, que pesarían aproximadamente la manzana y la avellana de los gigantes?

El anillo de los gigantes
Entre los objetos que sacó Gulliver del país de los gigantes había, según él, «un anillo de oro que me regaló la propia reina de Brobdingnag, quitándoselo graciosamente de su dedo meñique y poniéndomelo en el cuello como si fuera un collar».



Figura 223

6

260-261

Problemas de los «Viajes de Gulliver»

¿Es posible que un anillo del dedo meñique, aunque fuera de una giganta, pudiera servirle de collar a Gulliver? ¿Cuánto pesaría este anillo?

Los libros de los gigantes Acerca de los libros del país de los gigantes, Gulliver nos refiere los siguientes pormenores:

«Me dieron permiso para coger de la biblioteca libros que leer, pero para que yo pudiera leerlos hubo que hacer todo un dispositivo. Un carpintero me hizo una escalera de madera que podía trasladarse de un sitio a otro. Esta escalera tenía 25 pies de altura y la longitud de cada peldaño alcanzaba 50 pies. Cuando decía que quería leer, colocaban mi escalera a unos diez pies de la pared, con los peldaños vueltos hacia ésta, y en el suelo ponían el libro abierto, apoyándolo en la pared. Yo me subía al escalón más alto y empezaba a leer el renglón superior, recorriendo de izquierda a derecha y viceversa 8 ó 10 pasos, según fuera la longitud de los renglones. A medida que avanzaba la lectura y que los renglones se iban encontrando más abajo que el nivel de mis ojos, descendía yo al segundo peldaño, después al tercero y así sucesivamente.

Cuando terminaba de leer una página, volvía a encaramarme en lo más alto y comenzaba la página nueva del mismo modo que antes. Las hojas las pasaba con las dos manos, lo que no era difícil, porque el papel en que imprimen sus libros no es más grueso que nuestro cartón, y su mayor infolio no tiene más de 18—20 pies de largo».

¿Guarda proporción todo esto?

Los cuellos de los gigantes Para terminar nos detendremos en un problema de este tipo no tomado directamente de la narración de las aventuras de Gulliver.

Usted quizá no sepa que el número del cuello no es otra cosa que el de centímetros de su perímetro. Si el perímetro de su cuello mide 38 cm, le vendrá bien un cuello del número 38; un cuello de un número menor le vendrá estrecho y uno de un número mayor le vendrá ancho. El perímetro del cuello de un hombre maduro tiene, por término medio, cerca de 40 cm. Si Gulliver hubiera querido encargar en Londres una partida de cuellos para los habitantes del país de los gigantes, ¿qué número hubiese tenido que encargar?

PROBLEMAS DE LOS «VIAJES DE GULLIVER»

258-259

Problemas de los «Viajes

BIBLIOGRAFIA

- 1.- "Gramática de la fantasía" . G. Rodari. Ed. Reforma de la Escuela. 1976.
- 2.- "Problemas y experimentos recreativos". Ya I. Perelman. Ed. MIR. Moscú. 1983.
- 3.-"Nuevas técnicas didácticas". Bruno Ciari. Ed. Iberoamericanas, Madrid 1967
- 4.-"La Ciencia y el Arte". Ugo Volli. Ed. Mazzotta, Milán 1972.
- 5.- "Bueno ¿y qué?." Ya Jurguin. Ed. Mir, Moscú 1973.

Los animales de Liliput

En la respuesta a «La ración y la comida de Gulliver» (pág. 263) se ha calculado que Gulliver, por el volumen de su cuerpo, era 1728 veces mayor que los liliputienses. Está claro que también era el mismo número de veces más pesado. Por lo tanto, a los liliputienses les era tan difícil transportar su cuerpo en un carruaje tirado por caballos, como transportar 1728 liliputienses adultos. Ahora se comprende por qué hubo que enganchar tal cantidad de caballos liliputienses al carro en que iba Gulliver.



Figura 224

Los animales de Liliput también eran 1728 veces menores en volumen, y, por lo tanto, la misma cantidad de veces más ligeros, que los nuestros.

Una vaca de las nuestras tiene metro y medio de altura y pesa, aproximadamente 400 kg. Una vaca de los liliputienses tenía 12 cm y pesaba $\frac{400}{1728}$ kg, es decir, menos de $\frac{1}{4}$ de kg. Está claro que una vaca de juguete como ésa, se puede meter en un bolsillo si se quiere.

«Sus caballos y toros más grandes —cuenta con toda veracidad Gulliver—, no medían más de 4—5 pulgadas de altura, las ovejas, cerca de $1\frac{1}{2}$ pulgada, los gansos eran como nuestros gorriones y así sucesivamente hasta los animales más diminutos. Sus animales pequeños eran casi invisibles a mis ojos. Vi como un cocinero desplumaba una alondra del tamaño de una mosca ordinaria o quizá menor; en otra ocasión una muchacha, en presencia mía, enhebraba un hilo invisible en una aguja que yo tampoco podía ver».

El lecho era duro

El cálculo está bien hecho. Si un colchón de los liliputienses era 12 veces más corto y, como es natural, 12 veces más estrecho que un colchón ordinario, su superficie sería 12×12 veces menor que la de nuestro colchón. Para que pudiera tumbarse Gulliver eran necesarios, por lo tanto, 144 (redondeando, 150) colchones liliputienses. Pero este colchón era muy delgado (12 veces más delgado que el nuestro). Ahora se comprende por qué, incluso cuatro capas de colchones de este tipo, no eran un lecho suficientemente blando: resultaba un colchón cuatro veces más delgado que el nuestro ordinario.

262-263

Soluciones

La barca de Gulliver

Sabemos por el libro que la barca de Gulliver podía levantar 300 kg, es decir, que desplazaba cerca de $\frac{1}{3}$ de t. Una tonelada es el peso de 1 m^3 de agua; por lo tanto, la barca desplazaba $\frac{1}{3}$ de m^3 de agua. Pero todas las medidas lineales de los liliputienses eran 12 veces menores que las nuestras, y las cúbicas, 1728 veces. Es fácil comprender que $\frac{1}{3}$ de nuestro metro cúbico contenía cerca de 575 m^3 de Liliput y que la barca de Gulliver tenía un desplazamiento de 575 t., o cerca de esto, ya que la cantidad inicial de 300 kg la hemos tomado arbitrariamente.

En nuestros días, cuando buques de decenas de miles de toneladas surcan los mares, un barco de estas dimensiones no asombraría a nadie, pero debe tenerse en cuenta que por los años en que fueron escritos los «Viajes de Gulliver» (a principios del siglo XVIII), eran todavía raros los navíos de 500—600 t.

El barril y el cubo de los liliputienses

Los barriles y los cubos de los liliputienses, si tenían la misma forma que los nuestros, debían ser 12 veces menores no sólo en altura, sino también en anchura y longitud, y, por lo tanto, su *volumen* sería $12 \times 12 \times 12 = 1728$ veces menor. Esto quiere decir, que si consideramos que en cubo nuestro caben 60 vasos, es fácil calcular que un cubo de los liliputienses sólo podía contener $\frac{60}{1728}$ o, redondeando, $\frac{1}{30}$ de vaso. Esto es un poquito más de una cucharilla de té y, en efecto, no supera la capacidad de un dedal grande.

Si la capacidad de un cubo de los liliputienses era igual a la de una cucharilla de té, la capacidad de un barril de vino, si cabían en él 10 cubos, no superaba medio vaso. ¿Qué tiene de particular que Gulliver no pudiera saciar su sed con dos barriles de éstos?

La ración y la comida de Gulliver

El cálculo es correcto. No hay que olvidar que los liliputienses, aunque pequeños, eran completamente semejantes a personas ordinarias y las partes de su cuerpo tenían las proporciones normales. Por lo tanto, no sólo eran 12 veces más bajos, sino también 12 veces más estrechos y 12 veces más delgados que Gulliver. Por esta razón, el volumen de su cuerpo no era 12 veces menor que el del cuerpo de Gulliver, sino $12 \times 12 \times 12$, es decir, 1728 veces menor. Y, está claro, para mantener la vida de un cuerpo así hace falta una cantidad de alimentos respectivamente mayor. He aquí por qué los liliputienses calcularon que a Gulliver le hacía falta una ración suficiente para alimentar a 1728 liliputienses.

Ahora se comprende para qué se necesitaban tantos cocineros. Para preparar 1728 comidas se precisan, por lo menos, 300 cocineros, considerando que un cocinero liliputiense puede guisar media docena de comidas liliputienses. Está claro que también se necesitaba una gran cantidad de gente para elevar esta carga hasta la mesa de Gulliver, cuya altura, como es fácil calcular, era comparable con la de una casa de tres pisos liliputienses.

Los trescientos sastres

La superficie del cuerpo de Gulliver no era 12 veces mayor que la del cuerpo de los liliputienses, sino 12×12 , es decir, 144 veces mayor. Esto queda claro si nos figuramos que a cada pulgada cuadrada de la superficie del cuerpo de un liliputiense le corresponde

un pie cuadrado de superficie del cuerpo de Gulliver, y el pie cuadrado tiene 144 pulgadas cuadradas. Si esto es así, para hacerle un traje a Gulliver haría falta 144 veces más paño que para el traje de un liliputiense y, por lo tanto, una cantidad respectivamente mayor de tiempo de trabajo. Si un sastre puede coser un traje en dos días, para coser 144 trajes (o un traje de Gulliver) en un día, se necesitarían precisamente unos 300 sastres.

Las manzanas y las avellanas gigantes

Es fácil calcular que una manzana, que siendo de las nuestras pesa alrededor de 100 g, en el país de los gigantes debería pesar, de acuerdo con su volumen, 1728 veces mayor, 173 kg¹⁾. Una manzana así, si se cae del árbol y le pega a un hombre en la espalda, no es probable que lo deje vivo. Gulliver salió demasiado bien parado del peligro de que semejante carga lo aplastara.

Una avellana del país de los gigantes debería pesar 3 6 4 kg, si se toma en consideración que una avellana de las nuestras pesa unos 2 g. Esta avellana gigantesca podría



Figura 225

tener alrededor de diez centímetros de diámetro. Y un objeto duro, de 3 kg de peso, lanzado con la velocidad que puede llevar una avellana, puede, naturalmente, romperle la cabeza a un hombre de dimensiones normales. Cuando en otro lugar dice Gulliver que una granizada ordinaria del país de los gigantes lo tiró al suelo y los granizos «le golpearon cruelmente la espalda, los costados y todo el cuerpo, como si fueran bolas grandes de madera de las de jugar al croquet», esto es completamente verosímil, porque cada granizo del país de los gigantes debería pesar no menos de un kilogramo.

El anillo de los gigantes

El diámetro del dedo meñique de una persona de dimensiones normales mide cerca de $1\frac{1}{2}$ cm. Multiplicando por 12, tendremos el diámetro del anillo de la giganta, $1\frac{1}{2} \times 12 = 18$ cm; un anillo de este diámetro tiene una circunferencia de $18 \times 3\frac{1}{2} = 56$ cm, aproximadamente.

¹⁾ Una manzana «antonovka» de a medio kilogramo (que las suele haber) debería pesar en el país de los gigantes ... ¡864 kg!

264-265

Soluciones

Estas dimensiones son suficientes para que pueda pasar por él una cabeza de tamaño normal (de lo que es fácil convencerse midiéndose con una cuerda la cabeza por su sitio más ancho).



Figura 226

En cuanto al peso de este anillo puede decirse que, "si un anillito ordinario pesa, por ejemplo, 5 g, uno del mismo tipo, pero del país de los gigantes, pesaría... ¡8½ kg!

Los libros de los gigantes

Si se parte de las dimensiones de un libro moderno de formato ordinario (de 25 centímetros de largo y 12 de ancho), lo que dice Gulliver nos parece algo exagerado. Para leer un libro de menos de 3 m de altura y 1½ de anchura no hace falta una escalera ni es necesario andar hacia la derecha y hacia la izquierda 8 ó 10 pasos. Pero en los tiem-



Figura 227

pos de Swift, es decir, a principios del siglo XVIII, el formato ordinario de los libros (infolio) era mucho mayor que ahora. El infolio, por ejemplo, de la «Aritmética» de Magnitski, que salió a luz en la época de Pedro I, tenía cerca de 30 cm de alto y 20 cm

de ancho. Aumentando estas dimensiones 12 veces, obtenemos unas medidas imponentes para los libros de los gigantes, a saber: 360 cm (casi 4 m) de altura y 240 cm (2,4 m) de anchura. Leer un libro de 4 metros sin escalera es imposible. Y, sin embargo, esto no es aún un infolio de verdad, cuyas dimensiones son las de una hoja de periódico grande.

Pero incluso este modesto infolio debía pesar en el país de los gigantes 1728 veces más que en el nuestro, es decir, cerca de 3 t. Calculando que tuviera 500 hojas, obtenemos que cada hoja del libro de los gigantes pesaría unos 6 kg, lo que, para los dedos de la mano, resulta bastante oneroso.

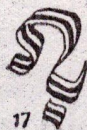
Los cuellos de los gigantes

El perímetro del cuello de los gigantes sería tantas veces mayor que el del cuello de una persona normal, como veces mayor era su diámetro, es decir, 12 veces. Y si una persona normal necesita un cuello del número 40, un gigante gastaría el número $40 \times 12 = 480$.

Como vemos, todo lo que en Swift, al parecer, son imágenes tan raras de su fantasía, resulta que está meticulosamente calculado. Pushkin, respondiendo a ciertos reproches de los críticos a «Eugenio Oneguín» decía, que en su novela «el tiempo estaba calculado por el calendario». Con la misma razón podría decir Swift de «Gulliver» que todos su personajes están concienzudamente calculados según las reglas de la geometría¹⁾.

¹⁾ Pero no de acuerdo con las reglas de la *mecánica*, porque en este sentido pueden hacerse a Swift reproches importantes (Véase mi «Mecánica Recreativa»).

266-267



17

Cuentos acerca de números enormes

La recompensa

He aquí lo que, según la tradición, ocurrió hace muchos siglos en la Roma antigua¹).

- I. El caudillo Terencio, por orden del emperador, realizó una campaña victoriosa y volvió a Roma con trofeos. Cuando llegó a la capital, solicitó ser recibido por el emperador.

El emperador lo recibió afablemente, le agradeció los servicios militares que había prestado al imperio y le prometió, en recompensa, darle una alta posición en el senado.

Pero como a Terencio no era esto lo que le hacía falta, replicó:

—Muchas fueron las victorias que alcancé para acrecentar tu poderío y dar gloria a tu nombre. No he temido a la muerte, si hubiera tenido no una, sino muchas vidas, todas las habría inmolado por tí. Pero estoy cansado de guerrear; mi juventud ha pasado, la sangre corre ya más despacio por mis venas. Me ha llegado la hora de descansar en la casa de mis progenitores y de gozar las alegrías de la vida familiar.

—¿Qué deseas de mí, Terencio? —le preguntó el emperador.

—¡Escúchame, señor, con indulgencia! Durante los largos años de mi vida militar, cuando cada día teñía con sangre mi espada, no tuve tiempo de asegurar mi bienestar monetario. Soy pobre, señor...

—Prosigue, valeroso Terencio.

—Si quieres recompensar a tu humilde servidor —continuó el caudillo alentado—, ayúdame con tu generosidad a vivir en paz y en la abundancia, junto al hogar de mi familia, los días que me resten. Yo no busco honores ni una alta posición en el Senado todopoderoso. Quisiera apartarme del poder y de la vida social, para descansar tranquilo. Señor, dame dinero para asegurar el resto de mi vida.

El emperador —según reza la tradición— no brillaba por su generosidad. Le gustaba acumular dinero para él, pero era tacaño para gastarlo en otros. Por esto, la petición del caudillo le hizo pensar.

¹) Esta narración, en interpretación libre, está tomada de un antiguo manuscrito latino perteneciente a una de las bibliotecas particulares de Inglaterra.

—¿Qué cantidad consideras suficiente para tí, Terencio? —le preguntó.

—Un millón de denarios, señor.

El emperador volvió a quedarse pensativo. El caudillo esperaba cabizbajo.

Por fin dijo el emperador:

—Valeroso Terencio, tú eres un gran guerrero y tus gloriosas hazañas merecen una gran recompensa. Yo te daré riqueza. Mañana a mediodía oirás aquí lo que he resuelto.

Terencio hizo una reverencia y se retiró.

II. Al día siguiente, a la hora fijada, se presentó el caudillo en el palacio del emperador.

—¡Salve, esforzado Terencio! —dijo el emperador.

Terencio inclinó sumisamente la cabeza.

—He venido, señor, a oír tu decisión. Prometiste generosamente que me recompensarías.

Y el emperador le respondió:

—No quiero que un guerrero tan noble como tú reciba por sus hazañas una mísera recompensa. Escúchame. En mi tesorería hay 10 millones de ases de cobre¹⁾. Atiende ahora mis palabras. Vas a la tesorería, coges una moneda, vuelves aquí y la depositas a mis pies. Al día siguiente irás otra vez a la tesorería coges una moneda igual a dos ases y la colocas aquí junto a la primera. El tercer día traerás una moneda de 4 ases; el cuarto, una de 8, el quinto, una de 16, y así sucesivamente duplicando el valor de la moneda. Yo ordenaré que cada día te hagan una moneda del valor correspondiente. Y mientras tengas fuerza suficiente para levantar las monedas, las irás sacando de mi tesorería. Nadie tiene derecho a ayudarte; debes utilizar solamente tu propia fuerza. Y cuando te des cuenta de que ya no puedes levantar la moneda, para: nuestro convenio habrá terminado, pero todas las monedas que hayas logrado sacar serán para ti y ésa será tu recompensa.

Terencio escuchaba codiciosamente cada palabra del emperador. Veía ya la cantidad enorme de monedas, una mayor que otra, que sacaría él de la tesorería del imperio.

—Tu recompensa es verdaderamente generosa —repuso sonriendo de gozo—. Estoy satisfecho de tu benevolencia, señor.

¹⁾ As, moneda igual a una décima parte del dinario.



Figura 228

268-269

Cuentos acerca de números
enormes

III. Y comenzaon las visitas diarias de Terencio a la tesorería imperial. Esta se hallaba cerca de la sala en que recibía el emperador. Los primeros traslados de monedas no le costaron a Terencio ningún trabajo.

El primer día sacó de la tesorería sólo 1 as. Era una moneda pequeña, de 21 mm de diámetro y 5 g de peso¹⁾.

También fueron fáciles los traslados segundo, tercero, cuarto, quinto y sexto, en que el caudillo sacó monedas 2, 4, 8, 16 y 32 veces más pesadas que la primera.

La séptima moneda pesaba, en nuestro sistema de medidas, 320 g y tenía $8\frac{1}{2}$ cm de diámetro (más exactamente 84 mm)²⁾.

El octavo día tuvo que sacar Terencio de la tesorería una moneda, equivalente a 128 monedas simples, que pesaba 640 g y tenía cerca de $10\frac{1}{2}$ cm de anchura.

El noveno día llevó Terencio a la sala del emperador una moneda igual a 256 monedas simples, que medía 13 cm de anchura y pesaba más de $1\frac{1}{4}$ kg.

El duodécimo día el diámetro de la moneda alcanzó casi 27 cm y su peso de $10\frac{1}{4}$ kg.

El emperador, que hasta entonces había mirado al caudillo amablemente, ahora lo hacía con aire de triunfo. Veían que ya eran 12 los traslados hechos, y que de la tesorería sólo habían salido 2000 y pico pequeñas monedas de cobre.

El día 13° le proporcionó al valiente Terencio una moneda igual a 4096 monedas simples. Tenía cerca de 34 cm de anchura y su peso equivalía a $20\frac{1}{2}$ kg.

El día 14° sacó Terencio de la tesorería una pesada moneda de 41 kg y cerca de 42 cm de anchura.

—¿No te has cansado, mi valiente Terencio? —le preguntó el emperador, conteniendo la risa.

—No, señor mío —le repuso sombrío el caudillo limpiándose el sudor de la frente.

Llegó el día 15°. Pesada fue este día la carga de Terencio. Poco a poco llegó hasta el emperador llevando una enorme moneda equivalente a 16 384 monedas simples. Tenía 53 cm de anchura y pesaba 80 kg lo mismo que un fuerte guerrero.

1) El peso de una moneda de 5 copeikas de cuño actual.
2) Si una moneda tiene 64 veces más volumen que la ordinaria sólo será cuatro veces más ancha y más gruesa, porque $4 \times 4 \times 4 = 64$. Esto debe tenerse en cuenta más adelante al calcular las dimensiones de las monedas de que se habla en el cuento.

El 16° día, el caudillo se tambaleaba oprimido por la carga que llevaba acuestas. Era una moneda igual a 32 768 monedas simples, que pesaba 164 kg y cuyo diámetro alcanzó 67 cm.

El caudillo estaba agotado y respiraba con dificultad. El emperador se sonreía...

Cuando Terencio llegó al día siguiente a la sala en que recibía el emperador, fue acogido a carcajadas. Ya no podía llevar la carga sobre la espalda, y la iba rodando. Esta moneda tenía 84 cm de diámetro y pesaba 328 kg. Este peso correspondía al de 65 536 monedas simples.

El decimoctavo día fue el último del enriquecimiento de Terencio. Este día terminaron sus visitas a la tesorería y sus pesadas peregrinaciones a la sala del emperador. Esta vez tuvo que llevar una moneda que equivalía a 131 072 monedas simples. Tenía más de un metro de diámetro y pesaba 655 kg. Utilizando su lanza como palanca, Terencio a duras penas pudo hacerla rodar hasta la sala, donde cayó estrepitosamente a los pies del emperador.

Terencio estaba completamente extenuado.

—No puedo más... Basta —murmuró.

El emperador hizo un gran esfuerzo para contener la risa de satisfacción que le producía el rotundo éxito de su treta, y dio orden al tesorero de que calculase cuántos ases había llevado Terencio a la sala de recepción. El tesorero cumplió la orden y dijo:

—Soberano, gracias a tu benevolencia, el victorioso caudillo Terencio ha recibido como recompensa 262 143 ases.

Así, pues, el tacaño emperador sólo le dio a su caudillo cerca de la 40ª parte de la suma, de un millón de dinarios, que Terencio le había pedido.

* * *

Comprobemos el cálculo que hizo el tesorero y, a la vez, el peso de las monedas que sacó Terencio:

el 1er día	1	que pesaba	5 g
» 2o »	2	» »	10 »
» 3er »	4	» »	20 »
» 4o »	8	» »	40 »
» 5o »	16	» »	80 »
» 6o »	32	» »	160 »
» 7o »	64	» »	320 »
» 8o »	128	» »	640 »
» 9o »	256	» »	1 kg 280 »
» 10o »	512	» »	2 » 560 »

270-271

Cuentos acerca de números enormes

el 11º día	1 024	que pesaban	5 kg	120 g
» 12º »	2 048	» »	10 »	240 »
» 13º »	4 096	» »	20 »	480 »
» 14º »	8 192	» »	40 »	960 »
» 15º »	16 384	» »	81 »	920 »
» 16º »	32 768	» »	163 »	840 »
» 17º »	65 536	» »	327 »	680 »
» 18º »	131 072	» »	655 »	360 »

La suma de los números de estas series se puede calcular fácilmente: la de la segunda columna es igual a 262 143, de acuerdo con la regla existente¹⁾. Terencio le pidió al emperador un millón de dinarios, o sea, 10 millones de ases. Por consiguiente, recibió una suma $10\ 000\ 000 : 263\ 143 = 38$ veces menor que la que había solicitado.

La leyenda del tablero de ajedrez

I. El ajedrez es uno de los juegos más antiguos que se conocen. Tiene ya muchos siglos de existencia y no es de extrañar que haya muchas tradiciones relacionadas con él, cuya veracidad, debido al mucho tiempo

transcurrido, es imposible comprobar. Una de estas leyendas es la que quiero referir ahora. Para comprenderla no hay que saber jugar al ajedrez; basta saber que se juega sobre un tablero dividido en 64 casillas o escaques (negros y blancos alternativamente).

El ajedrez fue ideado en la India, y cuando el monarca hindú Sheram lo conoció, quedó admirado de su ingeniosidad y de la diversidad de situaciones que podían darse en él. Al saber que el juego había sido inventado por un súbdito suyo, ordenó que lo llamasen, para premiarlo personalmente por su feliz idea.

El inventor, que se llamaba Zeta, se presentó ante el trono del soberano. Era un sabio modestamente vestido, que vivía de lo que le pagaban sus discípulos.

—Quiero premiarte dignamente, Zeta, por el magnífico juego que has ideado —le dijo el monarca.

El sabio hizo una reverencia.

—Soy lo suficientemente rico para poder satisfacer tu deseo más atrevido —continuó el monarca— Dime qué premio quieres y lo recibirás.

¹⁾ Cada número de esta serie es igual a la suma de todos los precedentes más una unidad. Por esto, cuando hay que sumar todos los números de una serie de este tipo, por ejemplo, de 1 a 32 768, nos limitamos a añadirle al último número (32 768) la suma de todos los precedentes, es decir, le añadimos el mismo número menos una unidad (32 768-1), y obtenemos 65 535.

Zeta permaneció callado.

—No seas tímido —le animó el monarca—. Expresa tu deseo. Para complacerte no escatimaré nada.

—Grande es tu bondad señor. Pero dame un plazo para pensar la respuesta. Mañana, después de reflexionar bien, te haré mi petición.



Figura 229

Cuando al día siguiente se presentó de nuevo Zeta ante los peldaños del trono, maravilló al monarca con la simpática modestia de su petición.

—Señor —dijo Zeta—, ordena que me den por el primer escaque del tablero de ajedrez un grano de trigo.

—¿Un simple grano de trigo? —se asombró el monarca.

—Sí, señor. Por el segundo escaque ordena que me den dos granos, por el tercero, cuatro, por el cuarto 8 por el quinto, 16, por el sexto, 32 ...

—¡Basta! —le interrumpió el monarca irritado—. Recibirás los granos de trigo por los 64 escaques del tablero, de acuerdo con tu petición, es decir, correspondiéndole a cada uno el doble que al precedente. Pero ten presente que tu petición es indigna de mi generosidad. Pidiendo una recompensa tan insignifi-

cante, menosprecias irrespetuosamente mi gracia. En verdad que, como maestro que eres, debías dar mejor ejemplo de respeto a la bondad de tu soberano. ¡Puedes retirarte! Mis servidores de sacarán el saco de trigo.

Zeta se sonrió al salir del salón y se puso a esperar a la puerta del palacio.

- II Durante la comida, el monarca se acordó del inventor del ajedrez y mandó que preguntaran si se había llevado ya el desatinado Zeta su miserable recompensa —Señor —le respondieron—, tu orden se está cumpliendo. Los matemáticos de la corte están calculando el número de granos de trigo que hay que entregar.

El monarca se disgustó, no estaba acostumbrado a que su mandato se cumpliera tan lentamente.

Por la noche, cuando iba a acostarse, volvió Sheram a interesarse por el tiempo que hacía que Zeta había transpuesto con su saco de trigo la verja del palacio.

—Señor —le respondieron—, tus matemáticos siguen trabajando sin descanso y esperan que antes del alba terminarán el cálculo.

—¿Por qué demoran tanto este asunto? —exclamó el monarca—. Mañana, antes de que yo me despierte, debe serle entregado todo a Zeta, ¡hasta el último grano! Y, ¡que no tenga que dar dos veces la orden!

Por la mañana dieron cuenta al monarca de que el decano de los matemáticos de la corte pedía permiso para hacerle una información importante.

El monarca ordenó que lo hicieran pasar.

—Antes de que me hables de tu asunto —dijo Sheram—, deseo saber si le ha sido entregada a Zeta la miserable recompensa que él mismo fijó.

—Precisamente para eso me he atrevido a presentarme ante tí a una hora tan temprana —replicó el anciano—. Hemos calculado concienzudamente la cantidad de granos que desea recibir Zeta. Esta cantidad es tan grande...

—Por muy grandes que sea —le interrumpió orgullosamente el monarca—, mis graneros no se empobrecerán. La recompensa está prometida y debe darse...

—Señor, satisfacer ese deseo es imposible. En todos tus graneros no hay la cantidad de granos que pide Zeta. No los hay en todos los graneros de tu reino. Ni en toda la superficie de la Tierra se podría encontrar ese número de granos de trigo. Si deseas cumplir tu

promesa a toda costa, manda convertir en campos labrados los reinos de la Tierra, manda secar los mares y océanos, manda fundir los hielos y las nieves que cubren los desiertos lejanos del norte. Que todo ese espacio sea completamente sembrado de trigo. Y todo lo que nazca en esos campos, ordena que se lo den a Zeta. Sólo entonces podrá recibir su recompensa.

El monarca escuchó boquiabierto las palabras del sabio.

—Pero dime, ¿qué monstruoso número es ese?

—le dijo pensativo.

—Dieciocho trillones, cuatrocientos cuarenta y seis mil seiscientos cuarenta y cuatro billones, setenta y tres mil setecientos nueve millones, quinientos cincuenta y un mil seiscientos quince, señor.

III. Esta es la leyenda. ¿Ocurrió en realidad lo que en ella se cuenta? No lo sabemos. Pero que el premio de que habla la leyenda debería expresarse por dicho número, es cosa que puede usted comprobar si tiene paciencia para hacer el cálculo. Empezando por la unidad, hay que sumar los números 1, 2, 4, 8, 16, etc. El resultado de la 63ª duplicación indicará lo que había que darle al inventor por el 64º escaque.

Procediendo como se explicó en la página 271 hallamos sin dificultad la suma total de los granos debidos, si duplicamos el último número y le restamos una unidad. Por lo tanto, el cálculo se reduce solamente a multiplicar entre sí 64 doses: $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2$ y así sucesivamente 64 veces.

Para simplificar las operaciones, dividimos estos 64 factores en seis grupos de a 10 doses y en uno, el último, de cuatro doses. El producto de 10 doses, como es fácil comprobar, es 1024, y el de cuatro doses, 16. Por consiguiente, el resultado que se busca es igual a $1024 \times 1024 \times 1024 \times 1024 \times 1024 \times 1024 \times 16$.

Haciendo la multiplicación 1024×1024 obtenemos 1 048 576.

Ahora nos queda hallar $1\ 048\ 576 \times 1\ 048\ 576 \times 1\ 048\ 576 \times 16$ y restarle al resultado una unidad, con lo cual conoceremos el número buscado de granos, es decir, 18 446 644 073 709 551 615.

Si desea usted saber lo enorme que es este número gigantesco, calcule las dimensiones que debería tener el granero capaz de contener esta cantidad de granos de trigo. Se sabe que un metro cúbico de trigo con-

274-275

*Cuentos acerca de números
enormes*

tiene cerca de 15 millones de granos. Por lo tanto, la recompensa al inventor del ajedrez debería ocupar un volumen aproximado de 12 000 000 000 000 m³ o 12 000 km³. Si el granero tuviera 4 m de altura y 10 m de anchura, su longitud debería ser de 300 000 000 km, es decir, ¡dos veces mayor que la distancia de la Tierra al Sol!

Está claro que el monarca hindú no podía dar un premio como éste. Pero si hubiera sabido matemáticas, le hubiese sido fácil liberarse de una deuda tan onerosa. Para esto no hubiera tenido que hacer más que proponer a Zeta que él mismo contara los granos, uno a uno, del trigo que debía recibir.

En efecto, si Zeta se hubiera puesto a contar sin descanso, día y noche, pasando un grano por segundo, el primer día sólo hubiese contado 86 400 granos. En contar un millón de granos tardaría no menos de 10 días. Un metro cúbico de trigo le llevaría aproximadamente medio año. Contando continuamente durante 10 años no reuniría más de 20 metros cúbicos. Como puede ver, aunque hubiera consagrado el resto de su vida a contar, Zeta sólo hubiese recibido una parte insignificante del premio que pidió.

Una propagación
rápida

Una cápsula de amapola está llena de granitos minúsculos; de cada uno de ellos puede crecer una nueva planta. ¿Cuántas amapolas se obtendría si todas las semillas de una cápsula fueran fértiles? Para conocer esto

hay que contar las semillas que hay en la cápsula. Esta ocupación es algo aburrida, pero el resultado es tan interesante que vale la pena armarse de paciencia y llevar la cuenta hasta el fin. Resulta que una cápsula de amapola contiene cerca de 3000 semillas.

¿Qué se deduce de esto? Se deduce que, si alrededor de nuestra amapola hay una superficie suficiente de tierra apropiada, cada semillita germinará y el verano siguiente crecerán en este sitio 3000 amapolas. ¡Todo un campo de amapolas procedente de una sola cápsula!

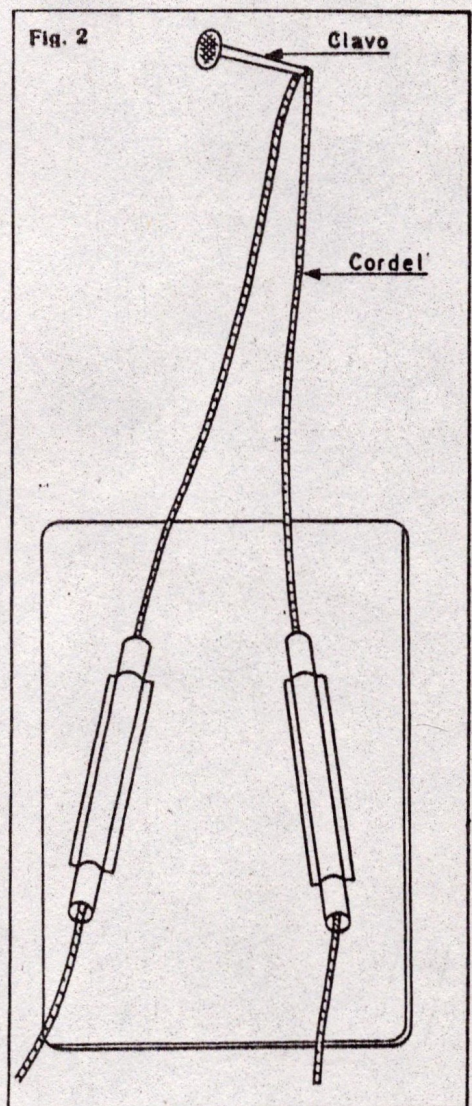
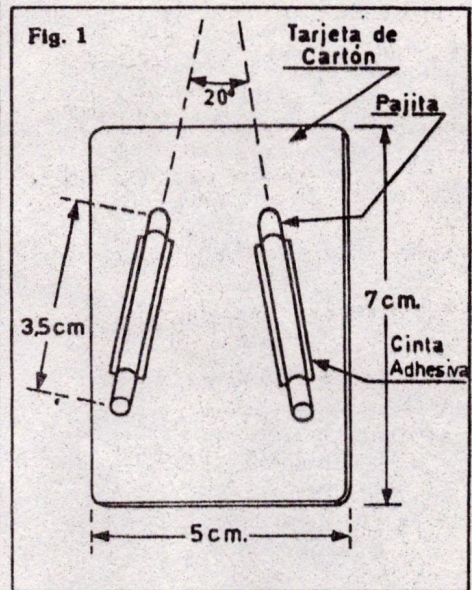
Pero veamos lo que ocurre después. Cada una de las 3000 plantas dará, por lo menos, una cápsula (lo más frecuente es que dé varias), que contendrá 3000 semillas. Al germinar, las semillas de cada cápsula darán 3000 plantas nuevas y, por consiguiente, al segundo año tendremos no menos de

$3000 \times 3000 = 9\,000\,000$ de plantas.

TREPANDO POR UN ÁRBOL

(UN EXPERIMENTO
CON CORDEL
Y CINTA ADHESIVA)

Akio Saitoh



Este artículo fue publicado en la revista *Physics Teacher* (septiembre 1979, p. 386) en la sección "Experimentos con y cinta adhesiva" que edita R.D. Edge.

Akio Saitoh de Nara-Ken (Japón) nos ha enviado un delicioso experimento sobre la fricción, que él denomina "trepar por un árbol". Para realizarlo sólo se precisa cinta adhesiva, dos pajitas de 3,5 cm de longitud, un clavo, cordel, y un trozo de cartulina de 7 por 5 centímetros. La figura 1 nos muestra como construir el aparato.

Procedimiento

1.º Cortar la cinta adhesiva y engancharla a las pajitas de beber adheriéndolas a su vez a la superficie de cartulina, de manera que formen entre ellas un ángulo de 20°.

2.º Hacer pasar el hilo por dentro de las pajitas y colgar el hilo del clavo tal y como muestra la figura 2.

3.º Estirar con fuerza ambos extremos del hilo y tirar alternativamente de cada uno de los extremos; entonces la cartulina ascenderá por los hilos. Sobre el otro lado de la cartulina se puede dibujar un mono, como muestra la figura 3. Resulta entonces bastante entretenido verle trepar.

de fricción estática es proporcional a la fuerza normal.

Fundamento

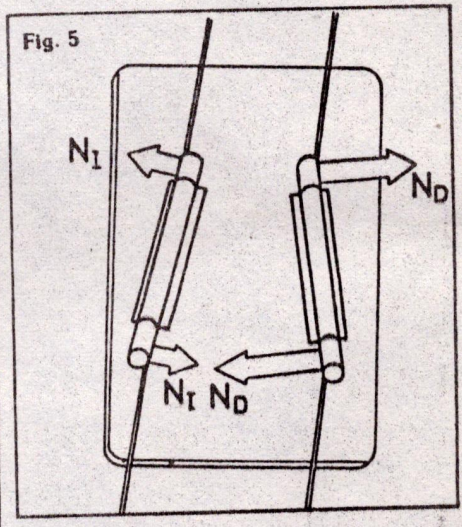
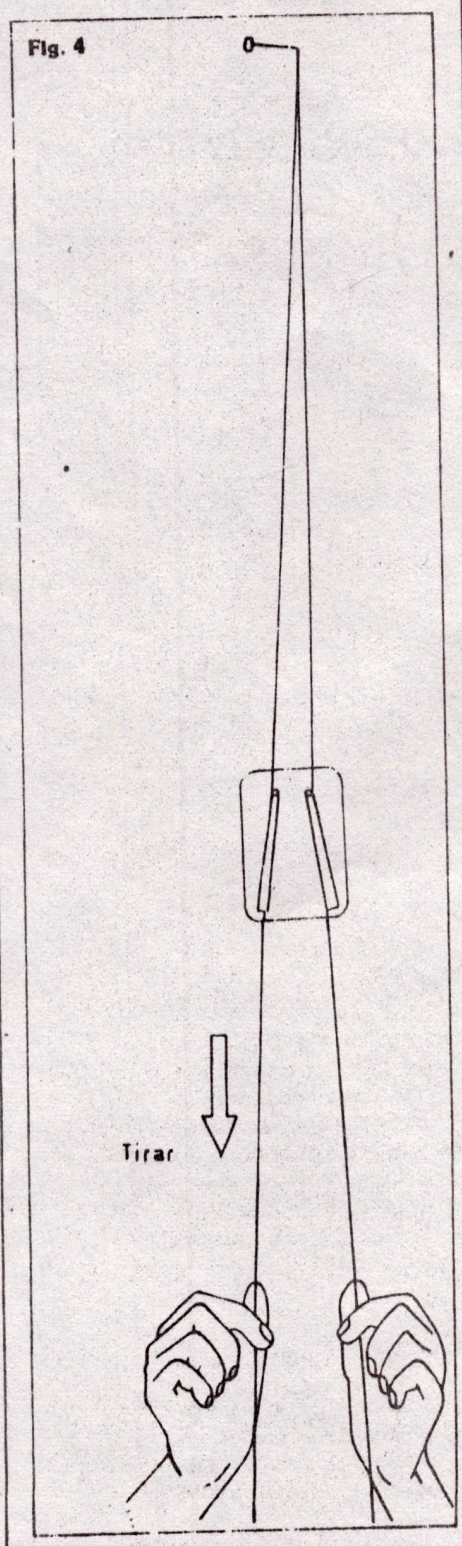
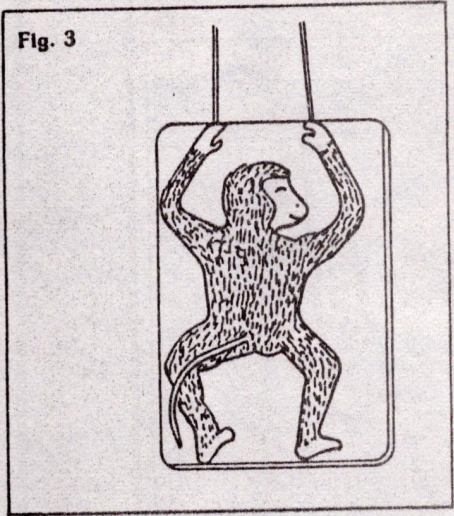
Cuando tiramos del extremo izquierdo del hilo, como se ve en la figura 4, la tarjeta oscila hacia la izquierda y la fuerza normal de la pajita de la derecha N_D es mayor que la de la izquierda N_I (figura 5). La pajita de la izquierda puede deslizarse hacia arriba por el hilo, mientras que la de la derecha no puede hacerlo, puesto que la fuerza máxima

Una cuestión

¿Cuál es la tensión mínima necesaria para que el mono pueda comenzar a ascender? Si admitimos que el hilo pasa a través de la pajita izquierda sin fricción, porque la cartulina está inclinada, comprenderemos que todo el peso de la tarjeta recaiga sobre la pajita derecha, de forma que $mg/2N_D = \mu$, donde m es la masa de la tarjeta y μ es el coeficiente de fricción. Pero $N_D/T = \text{sen } \theta$, siendo θ el ángulo entre las dos pajitas; si la pajita izquierda sigue completamente la línea del hilo de la parte izquierda, entonces

$$T = \frac{mg}{2 \mu \text{sen } \theta}$$

A.S.



POMPAS, SOLO POMPAS...

EDUARDO AVERBUJ
(Taller Galileo)

Para comenzar, es necesario preparar un buen líquido del que salgan las pompas: en medio litro de agua destilada tibia se disuelven unos 20 gramos de espumas de jabón amarillo común, se lava la ropa (o aun mejor, igual cantidad de oleato de sosa puro). Luego, se echan unos 30 gramos de glicerina (se compra en cualquier farmacia, y debe estar libre de toda impureza); se mezcla todo en un recipiente con un litro de agua destilada (o agua de lluvia). Se tapa bien y se deja reposar durante una semana, al cabo de la cual puede usarse.

Para hacer las pompas pueden usarse tubos de diversos diámetros o aros de alambre. Para conseguir pompas grandes conviene que ese diámetro sea de unos 2 a 3 cms. Introduciendo un extremo del tubo en el líquido, al extraerse se sopla por el otro extremo, obteniendo así la pompa, que queda adherida al tubo, mientras, llenándose de aire, aumenta de tamaño. Para separarla existen dos opciones: seguir soplando, o sino, dejar de hacerlo y darle al tubo una sacudida fuerte, hacia un costado. ¿Por qué ascienden las pompas en lugar de bajar? ¿Sería posible convertir a pompa en un "transporte" de alguna carga?

Las pompas de jabón, desde niños, nos fascinan. Entonces jugábamos y nos asombrábamos cuando subían hacia lo alto, con reflejos multicolores. Nos reíamos al intentar cogerlas o cuando estallaban, incruentas. Hoy intentaremos que nos permitan una reflexión adulta en torno a diversos fenómenos físicos. Pero que ello —¡por favor!— no nos haga dejar de asombrarnos, de jugar con ellas, de reírnos cuando se rompan en nuestras narices...

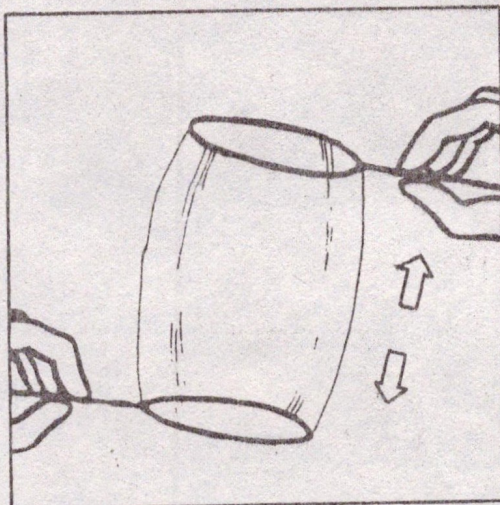


FIG. 1.

Deformando una pompa

Formada una pompa de jabón entre dos anillos de alambre previamente impregnados de líquido jabonoso (fig. 1), se le puede dar luego una forma alargada, separando cuidadosamente los aros hasta una cierta distancia. Sin embargo, esta separación tiene un límite, superado el cual la pompa se parte.

Experimentando con diversos anillos de distinto diámetro, es posible establecer una "ley experimental acerca de la estabilidad de la pompa cilíndrica" que vincule la altura con su perímetro.

¿Pompas cuadradas o triangulares?

Construyendo con alambre diversos armazones, intentemos comprobar si es posible obtener pompas de jabón, libres, no esféricas (fig. 2). En muchos casos, al comienzo, parece que se vaya a formar una pompa en forma de sandía que, invariablemente, al desprenderse y quedar libre, adoptará la forma esférica. ¿Por qué ocurre siempre así? ¿Por qué no podemos obtener pompas libres con forma de huevo, o de caja de zapatos?

Podemos realizar una experiencia

FIG. 3

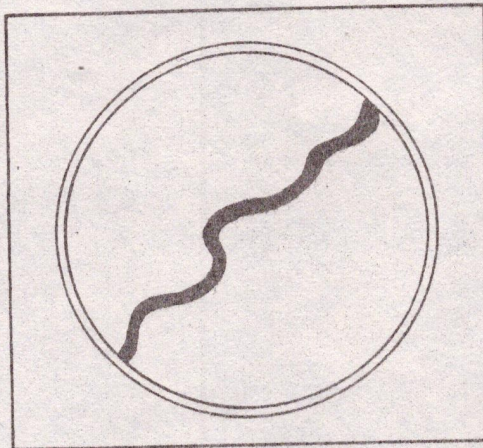
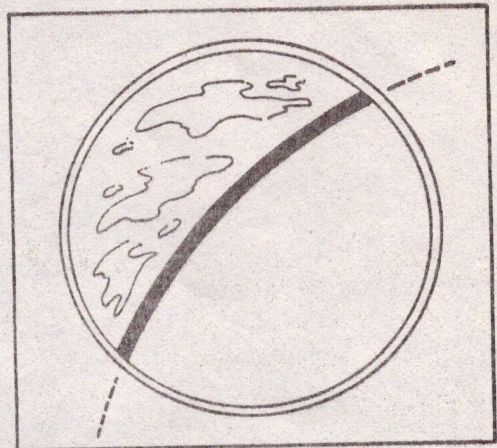


FIG. 4



plementaria muy ilustrativa de esta misma cuestión: hacemos un aro de alambre y le atamos un trocito de hilo de coser (fig. 3). Al sumergir el aro en el agua jabonosa se forman dos membranas, una a cada lado del hilo. Si perforamos una de ellas, con un alfiler, la rompemos. Entonces podremos observar que el cordel adopta al instante la forma circular (fig. 4). La explicación de este fenómeno es la misma que la de la anterior experiencia.

Una pompa dentro de otra

Si hacemos un armazón de alambre de unos 10 cm. de diámetro y lo sumer-

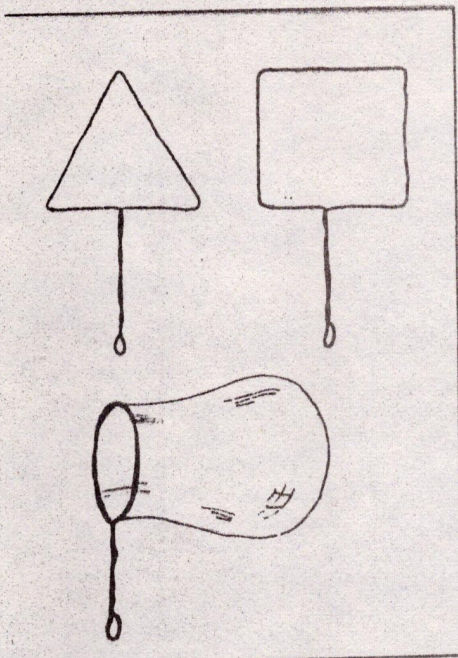


FIG. 2.

gimos en el agua jabonosa de manera que sus bordes queden impregnados, es posible soplar una pompa de jabón grande y que quede allí depositada. Se toma luego líquido con el tubo (una pita es lo más indicado) y se introduce a este a través de la película de la pompa (fig. 5). Al soplar, se formará otra pompa interior, que se depositará en el fondo de la primera. Para que la burbuja interior no rompa la externa, se debe sacudir el tubito para quitarle todo el líquido en exceso que pudiera haber, así la pompa pequeña será muy ligera. Se necesitará practicar un poco antes de conseguirlo. ¿Cómo se puede explicar que se haya podido atravesar la pompa sin romperla?, ¿qué es, exactamente la membrana de la pompa?

Una pompa cambiante

Construimos un cubo con alambre y lo introducimos en el líquido jabonoso. Al retirarlo, cuidadosamente, aparecerá en el centro una película cuadrada. De ésta parten otras, que terminan en las aristas superiores e inferiores del cubo (fig. 6). Al tener formada esta figura, sumergimos en el líquido la cara inferior del cubo. Veremos que en el interior de éste quedará formado otro pequeño cubito, cuyas aristas se unirán a las correspondientes aristas del alambre mediante sendas membranas jabonosas. ¿Por qué ocurre esto? ¿Qué sucederá si utilizamos un armazón tetraédrico?

La limitación de este artículo nos impide seguir planteando experiencias en torno a las pompas y los colores, las pompas de jabón y la tensión superficial, las pompas de jabón helicoidales, la electrización de las pompas de ja-

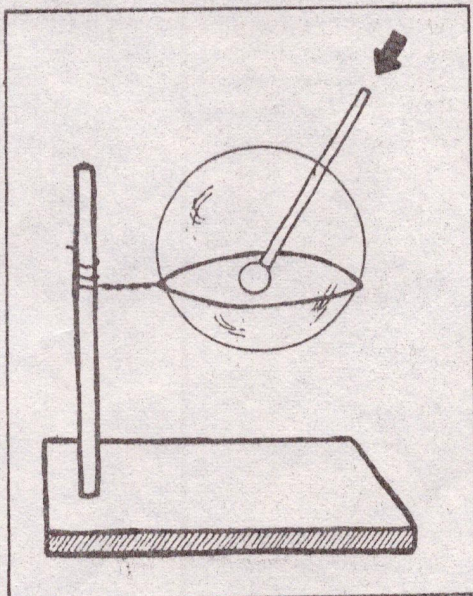


FIG. 5

bón, o la acción de la presión del aire contenido en ellas. Sólo intentamos que experimente uno mismo; seguirse preguntando, investigar las respuestas. Hacer pompas se convertirá así en un poderoso aliciente para la aventura de las ciencias en la escuela. Y pensar acerca de ellas será algo más que una simple pompa...

E.A.

BIBLIOGRAFIA

Nuevo Manual de la Unesco para la enseñanza de las ciencias Ed. Edhasa. Barcelona, 1978. (exp. 2.298; 2.299; 2.300)
ESTALELLA, J. Ciencia Recreativa Ed. G. Gili. Barcelona, 1965. (exp. 559, 560, 561, 665, 666, 667, 668, 669 hasta 687)
BOYS, Charles V. Pompas de jabón y las fuerzas que las producen Ed. Eudeba. Buenos Aires, 1962

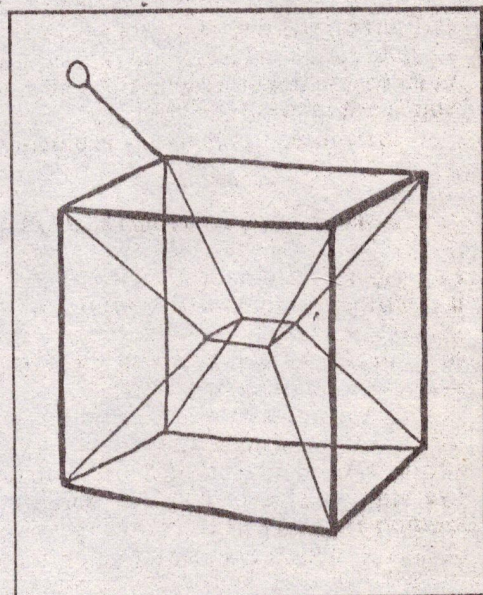


FIG. 6

ALGUNOS ERRORES DE JULIO VERNE O LOS JUEGOS DE LA MECANICA CELESTE

CHARLES NOEL MARTIN

1.º error Aplastados por la aceleración

El primer gran error, que todo el mundo conoce, es evidentemente el principio del funcionamiento del cañón. Aún cuando el "Columbiad" hubiese tenido varios kilómetros de largo, y la acción plástica de la detonación del algodón-pólvora hubiese sido mucho más progresiva, la aceleración necesaria para pasar de la velocidad cero a la de 16 km/s habría aplastado todo en el interior del proyectil hueco. La aceleración que soportan los cosmonautas de 1969 es de una decena de g (g representa el valor de la aceleración de la gravedad al nivel del mar), lo que los hace pesar momentáneamente cerca de quinientos kilos, y todos sabemos cuán largos entrenamientos en máquinas centrífugas deben cumplir para acostumbrarse. Lo mismo sucede, pero en sentido inverso, cuando de regreso se entra en la atmósfera: la desaceleración alcanza, por momentos, valores entre 5 y 7 g, impacto por demás violento. Para los tripulantes de Julio Verne la aceleración llegaba a unos 50.000 g. La imposibilidad fisiológica de resistir tales aceleraciones era en realidad perfectamente conocida por Julio Verne, pero estaba camuflada por un truco de ciencia-ficción: los recintos llenos de agua en el fondo del proyectil que ab-

Este artículo, publicado en la revista "Ciencia Nueva", Buenos Aires, n.º 1, 1970, permite introducir en nuestras clases de ciencia una herramienta de nuevo tipo: la lectura crítica de libros de ficción, en este caso del *Viaje a la Luna*, de Julio Verne, como criba de los elementos conceptuales científicos. Ciencia y ficción comenzarán así, en las clases, a entenderse mutuamente.

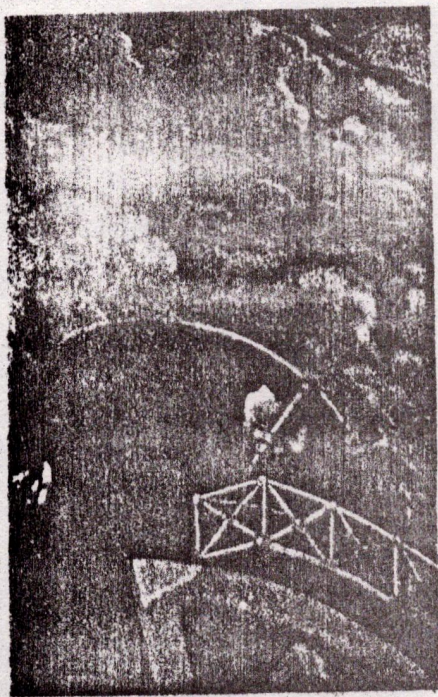
sorbían el impacto y lo amortiguaban. Por otra parte, es evidente que la velocidad del proyectil no puede ser mayor que la velocidad de expansión de los gases, que es de unos 4 a 5 km/s.

2.º error El proyectil se fundiría en un instante

Más grave aún es el error de ignorar la acción del aire. Suponiendo, para simplificar nuestro razonamiento, que en el interior del cañón se hubiera hecho el vacío, el proyectil tendría al salir de su boca, a ras del suelo, una velocidad de 16 km/s. No son necesarias demasiadas explicaciones para comprender que el proyectil se estrecharía contra un verdadero muro de aire y se fundiría en pocos segundos debido al calor producido por la fric-

ción. Para convencerse de ello basta pensar en el problema inverso que a los técnicos actuales tanto les ha costado superar: el del reingreso en la atmósfera. El calentamiento es tal que actualmente el metal con el cual está construida la cápsula tiene una estructura alveolar tipo sandwich, rellena de resina epoxy, para que los 2.000 grados a que llega la superficie externa no calcinen a los hombres que están en el interior, por conducción a través del metal. La fuerza viva se absorbe térmicamente, y la velocidad pasa de 11.000 a 6.000 m/s. Una parte de la energía se irradia al atravesar el plasma que constituye las capas superiores de la atmósfera. Este plasma es un gas electrizado (origen de la zona donde se reflejan las ondas de radio) y muy enrarecido, que se encuentra entre los 160 y los 180 km de altura. Si a estas alturas la atmósfera casi inexistente para nuestros ojos, produce tal efecto, qué no ocurriría a la presión de una atmósfera, que es la encontrada por el proyectil de Julio Verne a su partida.

Lo más divertido es que Julio Verne conocía perfectamente el frotamiento atmosférico ya que imprimía al proyectil a su partida, con gran generosidad, una velocidad de 16 km/s, justamente "para tener en cuenta el frenado producido por la atmósfera", y llegar a la velocidad de escape de 11 km/s.



Este exceso de velocidad juega, por otra parte, un papel muy importante, que es el responsable, según Julio Verne, de la desviación del viaje con el cual termina el primer volumen.

4.º error El disparo que parte una Tierra... Inmóvil

Julio Verne olvidó la rotación de la Tierra. O, por lo menos, no tomó en cuenta la velocidad de aproximadamente 420 m/s en la latitud de la Florida. Esta velocidad es tan real que no puede dejar de tomar en cuenta en todos los lanzamientos de cohetes y representa una ganancia apreciable de velocidad que economiza una cantidad proporcional de combustible. Los vientos están menos favorecidos porque sus plataformas de lanzamiento se encuentran a latitudes más elevadas, y la velocidad de rotación de la Tierra en esos puntos añade solamente la velocidad extra comprendida entre 100 y 150 m/s (dirigiendo el tiro hacia el Este, evidentemente). Los errores 1, 2 y 3 forman parte de los problemas de la balística y la dinámica, y sólo se refieren al movimiento. Nos ocuparemos ahora de otros errores, más sutiles, donde intervienen las leyes de la gravitación y del movimiento en ausencia de peso.

4.º error Los compañeros de Ardan flotarían siempre

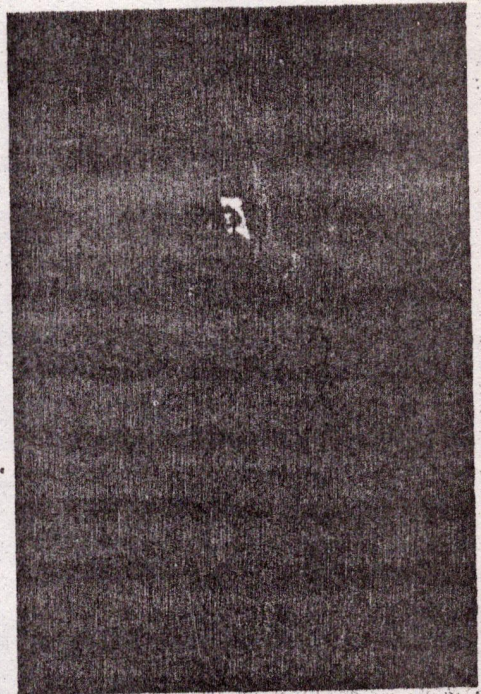
Este error no parece muy evidente si nos guiamos por el "sentido común"; sin embargo, un escolar de nuestros días lo puede descubrir inmediatamente en base a lo que ve por televisión. Se trata de lo siguiente: Julio Verne, en páginas muy divertidas, describe las impresiones y los fenómenos provocados por la desaparición del peso. Esto es elogiado, sólo que cayó en el error que consiste en creer que el peso disminuye gradualmente a medida que el proyectil se aleja de la Tierra. Ahora bien, lo que disminuye gradualmente es la fuerza de atracción sobre el proyectil, el cual (junto a sus ocupantes) está sometido simultáneamente a otra fuerza que contrabalancea la primera. Esta segunda fuerza (denominada fuerza centrífuga en el caso de un satélite en órbita circular) es la fuerza de aceleración debida a la curvatura de la elipse (o de la parábola, o de la hipérbola), en el caso más general.

Debemos comprender bien esto. Cuando un cuerpo material evoluciona en el espacio sometido a la atracción de la gravedad, la naturaleza de su trayectoria está condicionada, precisamente, por el hecho de que se establece un equilibrio entre la fuerza que se puede denominar estática (que es el peso, que varía efectivamente en función de la distancia a la Tierra) y otra fuerza que podría denominarse dinámica. Todas las moléculas del proyectil, así como las que forman los cuerpos de los cosmonautas Ardan, Nicholls y Barbicane, están sometidas a una resultante cero a lo largo de toda la trayectoria. Por lo tanto están en un estado de ausencia de peso desde el momento de la partida y durante todo el viaje. De Gagarin en adelante todos los viajes confirman este fenómeno.

En consecuencia, los efectos decrecientes descritos por Julio Verne son falsos.

5.º error Esta Luna inexplicable que se alejaría de la Tierra

En el mismo orden de ideas, Julio Verne dice exactamente que se llega al peso cero en el punto neutro, ahí donde la acción de la gravedad de la Luna es igual (pero en sentido inverso) al



valor de la atracción ejercida por la Tierra, a aproximadamente $7/8$ del viaje.

Esto es un error total, pero para poder apreciarlo hay que ser versado en mecánica celeste, como los astrónomos.

El famoso punto neutro que se calcula aplicando geoméricamente la ley de atracción de Newton según la inversa del cuadrado de la distancia, no está allí donde lo indica el resultado de este cálculo. Lo que pasa es que este cálculo es falso, pues se olvida, al llevarlo a cabo, que la Luna gira alrededor de la Tierra (recordar el cuarto error). Hay que tener en cuenta una componente: la fuerza centrífuga.

La mejor prueba para los incrédulos es que si uno calcula en la misma forma, a qué distancia de la Tierra la atracción solar se vuelve preponderante, el resultado es menor de 200.000 km. Puesto que la Luna gira a 360.000 y 405.000 km de la Tierra, es evidente que se debe haber cometido algún error, si no la Luna sería atraída por el Sol. Y el error es justamente olvidar que el sistema Tierra-Luna gira alrededor del Sol, y que por lo tanto hay que hacer intervenir también aquí una fuerza centrífuga. Haciendo los cálculos correctos, el límite es desplazado a más de un millón de kilómetros: la Luna se salva y continúa gravitando tranquilamente en la órbita terrestre.

6.º error
No hay ningún punto neutro
y estable en el espacio

El matemático Lagrange hizo estos cálculos ya en el año 1800 y determinó cinco puntos dinámicos —que llevan su nombre— en los cuales la composición de las fuerzas da una resultante nula. De ellos, sólo 2 son esta-



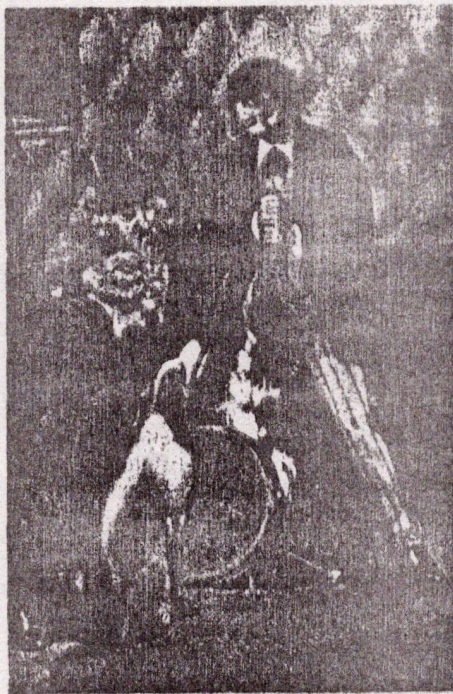
bles y los otros 3 inestables; de aquí el punto neutro en cuestión: un móvil que llega a él con una velocidad relativa no permanecerá en él sino que volverá a caer sea hacia la Luna o hacia la Tierra. Por lo tanto, error de Julio Verne con respecto a este punto neutro, ya que hace llegar el proyectil a él y, para liberarlo de la inmovilidad, utiliza la retropropulsión de los pequeños cohetes laterales que agregó, por la necesidad del caso, en su continuación, escrita varios años después. Si lo hubiera pensado antes, habría inventado el cohete a reacción Saturno V.

7.º error
Un proyectil que debe prolongar
su trayectoria elíptica

Por otra parte, de todos modos, Julio Verne comete un muy grave error

mecánico al afirmar que el proyectil alcanzará el "punto cero" con una velocidad relativa nula, ya que ha proporcionado al mismo una velocidad inicial igual a la velocidad de escape, de alrededor de 11 km/s.

Para que éste fuera el caso, hubiera sido necesario que Julio Verne disparara su proyectil como los norteamericanos lo han hecho con sus Rangers y los rusos con sus Luniks: imprimiéndoles una velocidad netamente inferior a la velocidad de escape, lo que hace que el proyectil siga una trayectoria en forma de elipse muy alargada, cuyo apogeo está situado dentro de la zona de atracción lunar, fijada arbitrariamente a 65.000 km de la superficie de la Luna. En este caso, el proyectil



sería atraído por la Luna y caería hacia ella en caída libre, retomando velocidad, teniendo en cuenta el hecho de que, con respecto a la Luna, el proyectil nunca tiene una velocidad cero, ya que la Luna se mueve, con relación a él, con su velocidad propia de 1 kilómetro por segundo.

En el caso del proyectil de Julio Verne, como parte con la velocidad de escape de la atracción terrestre, su elipse tiene un apogeo mucho más alejado que la Luna: 500, 600, o bien 700.000 km de la Tierra. Se puede calcular entonces que el proyectil, cuando

alcanza el "punto neutro", tiene aún una velocidad de alrededor de 1 km/s con respecto a la Tierra, velocidad que debe componerse con la de 1 km/s que adquiere automáticamente con respecto a la Luna en movimiento. El proyectil, en consecuencia, circunvalará la Luna siguiendo una órbita hiperbólica con respecto a aquélla, y con una velocidad relativa de unos



1,3 km/s, que aumentará sin cesar, en tanto la Luna haga sentir su acción.

Tales son las conclusiones a las que podemos llegar, guiados por la mecánica celeste y las realizaciones espaciales de nuestros días, con respecto a las prestigiosas novelas del gran visionario francés. ¿Debemos criticarlo por haber cometido tantos errores científicos? Ciertamente que no. Las narraciones que hacen los cosmonautas al regreso de sus misiones, si bien tienen la ventaja de ser reales, no llegarán nunca a ser un clásico de la literatura y de la imaginación; el verdadero viaje de la Tierra a la Luna y alrededor de la Luna es, pese a todo, el que describió Julio Verne, y él nos hace soñar mucho mejor de lo que podrán hacerlo los cosmonautas Smith y Popov del futuro.

C.N.M.