Capítulo 6
Relatos de números gigantes

Contenido:

50. Un trato ventajoso

No se sabe cuándo ni dónde ha sucedido esta historia. Es posible que ni siquiera haya sucedido; esto es seguramente lo más probable. Pero sea un hecho o una invención, la historia que vamos a relatar es bastante interesante y vale la pena escucharía. Un millonario regresaba muy contento de un viaje, durante el cual había tenido un encuentro feliz que le prometía grandes ganancias...

A veces ocurren estas felices casualidades -contaba a los suyos-. No en balde se dice que el dinero llama al dinero. He aquí que mi dinero atrae más dinero. ¡Y de qué modo tan inesperado! Tropecé en el camino con un desconocido, de aspecto muy corriente. No hubiera entablado conversación si él mismo no me hubiera abordado en cuanto supo que yo era hombre adinerado. Y al final de nuestra conversación me propuso un negocio tan ventajoso, que me dejó atónito.

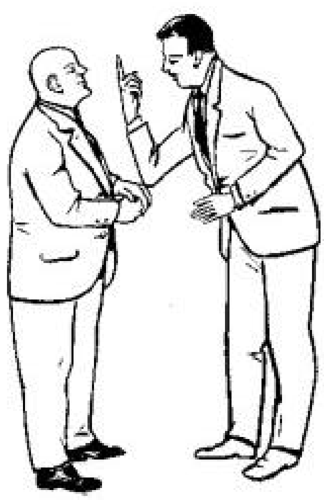


Fig. 6.1. Un solo céntimo

-Hagamos el siguiente trato -me dijo-. Cada día, durante todo un mes, le entregaré cien mil pesetas. Claro que no voy a hacerlo gratis, pero el pago es una nimiedad.

El primer día yo debía pagarle, risa da decirlo, sólo un céntimo.

No di crédito a lo que oía:

-¿Un céntimo? -le pregunté de nuevo.

-Un céntimo -contestó-. Por las segundas cien mil pesetas, pagará usted dos céntimos.
-Bien -dije impaciente-. ¿Y después?
-Después, por las terceras cien mil pesetas, 4 céntimos; por las cuartas, 8; por las quintas, 16. Así durante todo el mes; cada día pagará usted el doble que el anterior.
-¿Y qué más? -le pregunté.
-Eso es todo -dijo-, no le pediré nada más. Pero debe usted mantener el trato en todos sus puntos; todas las mañanas le llevaré cien mil pesetas y usted me pagará lo estipulado. No intente romper el trato antes de finalizar el mes.
-¡Entregar cientos de miles de pesetas por céntimos! ¡A no ser que el dinero sea falso - pensé- este hombre está loco! De todos modos, es un negocio lucrativo y no hay que dejarlo escapar.
-Está bien -le contesté-. Traiga el dinero. Por mi parte, pagaré, puntualmente. Y usted no me venga con engaños. Traiga dinero bueno.
-Puede estar tranquilo -me dijo-; espéreme mañana por la mañana.
Sólo una cosa me preocupaba: que no viniera, que pudiera darse cuenta de lo ruinoso que era el negocio que había emprendido. Bueno, ¡esperar un día, al fin y al cabo, no era mucho!
Transcurrió aquel día. Por la mañana temprano del día siguiente, el desconocido que el rico había encontrado en el viaje llamó a la ventana.
-¿Ha preparado usted el dinero? -dijo-. Yo he traído el mío.
Efectivamente, una vez en la habitación, el extraño personaje empezó a sacar el dinero; dinero bueno, nada tenía de falso. Contó cien mil pesetas justas y dijo: -Aquí está lo mío, como habíamos convenido. Ahora le toca a usted pagar...
El rico puso sobre la mesa un céntimo de cobre y esperó receloso a ver si el huésped tomaría la moneda o se arrepentiría, exigiendo que le devolviera el dinero. El visitante miró el céntimo, lo sopesó y se lo metió en el bolsillo.
-Espéreme mañana a la misma hora. No se olvide de proveerse de dos céntimos -dijo, y se fue.
El rico no daba crédito a su suerte: ¡Cien mil pesetas que le habían caído del cielo! Contó de nuevo el dinero y convencióse de que no era falso. Lo escondió y púsose a esperar la paga del día siguiente.
Por la noche le entraron dudas; ¿no se trataría de un ladrón que se fingía tonto para observar dónde escondía el dinero y luego asaltar la casa acompañado de una cuadrilla de bandidos?

Fig. 6.2. El desconocido llama

El rico cerró bien las puertas, estuvo mirando y escuchando atentamente por la ventana desde que anocheció, y tardó mucho en quedarse dormido. Por la mañana sonaron de nuevo

golpes en la puerta; era el desconocido que traía el dinero. Contó cien mil pesetas, recibió sus dos céntimos, se metió la moneda en el bolsillo y marchóse diciendo:
-Para mañana prepare cuatro céntimos; no se olvide
El rico se puso de nuevo contento; las segundas cien mil pesetas, le habían salido también gratis. Y el huésped no parecía ser un ladrón: no miraba furtivamente, no observaba, no hacía más que pedir sus céntimos. ¡Un extravagante! ¡Ojalá hubiera muchos así en el mundo para que las personas inteligentes vivieran bien ...!
El desconocido presentóse también el tercer día y las terceras cien mil pesetas pasaron a poder del rico a cambio de cuatro céntimos.
Un día más, y de la misma manera llegaron las cuartas cien mil pesetas por ocho céntimos.
Aparecieron las quintas cien mil pesetas por 16 céntimos.
Luego las sextas, por 32 céntimos.
A los siete días de haber empezado el negocio, nuestro rico había cobrado ya setecientas mil pesetas y pagado la nimiedad
de: 1 céntimo + 2 céntimos + 4 céntimos + 8 céntimos + 16 céntimos + 32 céntimos + 64 céntimos = 1 peseta y 27 céntimos.
Agradó esto al codicioso millonario, que sintió haber hecho el trato sólo para un mes. No podría recibir más de tres millones. ¡Si pudiera convencer al extravagante aquel de que prolongara el plazo aunque sólo fuera por quince días más! Pero temía que el otro se diera cuenta de que regalaba el dinero.
El desconocido se presentaba puntualmente todas las mañanas con sus cien mil pesetas. El 8° día recibió 1 peseta 28 céntimos; el 9°, 2 pesetas 56 céntimos; el 10°, 5 pesetas 12 céntimos; el 11°, 10 pesetas 24 céntimos; el 12°0, 20 pesetas 48 céntimos; el 13°0, 40 pesetas 96 céntimos; el 14°, 81 pesetas 92 céntimos.
El rico pagaba a gusto estas cantidades; había cobrado ya un millón cuatrocientas mil pesetas y pagado al desconocido sólo unas 150 pesetas.

Solución
Puede comprenderse que la alegría del rico no duró mucho; pronto empezó a comprender que el extraño huésped no era un simplón, ni el negocio que había concertado con él era tan ventajoso como le había parecido al principio. A partir del decimoquinto día, por las cien mil pesetas correspondientes hubo de pagar no céntimos, sino cientos de pesetas, y las cantidades a pagar aumentaban rápidamente. En efecto, el rico, por la segunda mitad del mes, pagó:

por las 15°s cien mil pesetas	163 Ptas. y 84 cts.
16°s	327 y 68
17°s	655 y 36
18°s	1.310 y 72
19°s	2.621 y 44

Sin embargo, el rico consideraba que no sufría pérdidas ni mucho menos. Aunque había pagado más de cinco mil pesetas, había recibido 1.800.000 pesetas.
No obstante, las ganancias disminuían de día en día, cada vez con mayor rapidez.

20°	5.242 Ptas. y 88 cts.
21°	10.485 y 76
22°	20.971 y 52
23°	41.943 y 4
24°	83.886 y 8
25°	167.772 y 16
26°	335.544 y 32
27°	671.088 y 64

Tenía que pagar ya más de lo que recibía. ¡Qué bien le hubiera venido pararse! Pero no podía rescindir el contrato.
La continuación fue todavía peor. El millonario se convenció, demasiado tarde, de que el desconocido había sido más astuto que él y recibiría mucho más dinero que el que había de pagar.
A partir del día 28, el rico hubo de abonar millones. Por fin, los dos últimos días lo arruinaron. He aquí estos enormes pagos:

28°	1.342.177 Ptas. y 28 cts.
29°	2.684.354 y 56
30°	5.368.709 y 12

Cuando el huésped se marchó definitivamente, el millonario sacó la cuenta de cuánto le habían costado los tres millones de pesetas a primera vista tan baratos. Resultó que había pagado al desconocido 10.737.418 pesetas 23 céntimos. Casi once millones de pesetas. Y eso que había empezado pagando un céntimo. El desconocido hubiera podido llevar diariamente trescientas mil pesetas, y con todo, no hubiera perdido nada.
Antes de terminar esta historia, voy a indicar el procedimiento de acelerar el cálculo de las pérdidas de nuestro millonario; en otras palabras, cómo puede hacerse la suma de la serie de números:

$$1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 32 + 64 + \ldots$$

No es difícil observar la siguiente particularidad de estos números:

$$\begin{aligned} 1 &= 1 \\ 2 &= 1 + 1 \\ 4 &= (1 + 2) + 1 \\ 8 &= (1 + 2 + 4) + 1 \\ 16 &= (1 + 2 + 4 + 8) + 1 \\ 32 &= (1 + 2 + 4 + 8 + 16) + 1 \end{aligned}$$

etc.

Vemos que cada uno de los números de esta serie es igual al conjunto de todos los anteriores sumados más una unidad. Por eso, cuando hay que sumar todos los números de una serie de éstas, por ejemplo, desde 1 hasta 32.768, bastará añadir al último número (32.768) la suma de todos los anteriores. En otras palabras, le añadimos ese mismo último número restándole previamente la unidad (32.768 - l). Resulta 65.535.
Siguiendo este método pueden calcularse las pérdidas de nuestro millonario con mucha rapidez si sabemos cuánto ha pagado la última vez. El último pago fue de 5.368.709 pesetas y 12 céntimos. Por eso, sumando 5.368.709 pesetas 12 céntimos y 5.368.709 pesetas 11 céntimos, obtendremos inmediatamente el resultado buscado: **10.737.418 pesetas y 23 céntimos**.
Volver

51. Propagación de los rumores en una ciudad
¡Es sorprendente cómo se difunde un rumor entre el vecindario de una ciudad! A veces, no han transcurrido aún dos horas desde que ha ocurrido un suceso, visto por algunas

personas, cuando la novedad ha recorrido ya toda la ciudad; todos lo conocen, todos lo han oído. Esta rapidez parece sorprendente, sencillamente maravillosa.
Sin embargo, si hacemos cálculos, se verá claro que no hay en ello milagro alguno; todo se explica debido a ciertas propiedades de los números y no se debe a peculiaridades misteriosas de los rumores mismos.
Examinemos, como ejemplo, el siguiente caso:
A las ocho de la mañana, llegó a la ciudad de 50.000 habitantes un vecino de la capital de la nación, trayendo una nueva de interés general. En la casa donde se hospedó, el viajero comunicó la noticia a sólo tres vecinos de la ciudad; convengamos que esto transcurrió en un cuarto de hora, por ejemplo.
Así, pues, a las ocho y cuarto de la mañana conocían la noticia, en la ciudad, sólo cuatro personas; el recién llegado y tres vecinos.
Conocida la noticia, cada uno de estos tres vecinos se apresuró a comunicarla a tres más, en lo que emplearon también un cuarto de hora. Es decir, que a la media hora de haber llegado la noticia, la conocían en la ciudad 4 + (3 x 3) = 13 personas.

Fig. 6.3. El vecino de la capital trae una noticia de interés general

Cada uno de los nuevos conocedores la comunicaron en el siguiente cuarto de hora a otros 3 ciudadanos; así que a las 8.45 de la mañana, conocían la noticia 13 + (3 x 9) = 40 ciudadanos.

Solución

Si se continuase de este modo difundiéndose el rumor por la ciudad, es decir, si cada uno que lo oiga logra comunicárselo a tres ciudadanos más en el cuarto de hora siguiente, la ciudad irá enterándose de la noticia de acuerdo con el horario que sigue:

9.00 h	40+(3*27)	=121
9.15 h	121+(3*81)	=364
9.30 h	364+(3*243)	=1.093

A la hora y media de haber aparecido la noticia en la ciudad, la conocen, como vemos, unas 1.100 personas en total.
Puede parecer poco para una población de 50.000 habitantes y cabe pensar que la noticia no llegará pronto a ser conocida de todos los habitantes. Sin embargo, observemos la difusión futura del rumor:

9.45 h	1. 093+(3*729)	=3.280
10.00 h	3.280+(3*2.187)	=9.841
10.15 h	9.841+(3*6.561)	=29.524

Esto indica que antes de las diez y media de la mañana, absolutamente todos los ciudadanos de la populosa ciudad conocerán la noticia que a las 8 de la mañana sabía sólo una persona.
Examinemos ahora cómo se ha resuelto el cálculo anterior. Nos hemos limitado a sumar la siguiente serie de números:

$$1 + 3 + (3 \times 3) + (3 \times 3 \times 3) + (3 \times 3 \times 3 \times 3), \text{ etc.}$$

Cada uno comunica la noticia a otras tres personas

¿No puede averiguarse esta suma más brevemente, como hemos hecho antes con la suma de los números de la serie 1 + 2 + 4 + 8, etcétera? Es posible si tomamos en consideración la siguiente propiedad de los sumandos:

$$1=1$$
$$3=1 \times 2 + 1$$
$$9= (1 + 3) \times 2 + 1$$
$$27=(1 + 3 + 9) \times 2 + 1$$
$$81=(1 + 3 + 9 + 27) \times 2 + 1, \text{ etc.}$$

En otras palabras, cada número de esta serie es igual al doble de la suma de todos los números anteriores más una unidad.
De aquí se deduce que para encontrar la suma de todos los términos de la serie, desde uno hasta cualquier término, basta agregar a este número su mitad (habiendo restado previamente el último término de la unidad).

A las diez y media todos conocen la noticia

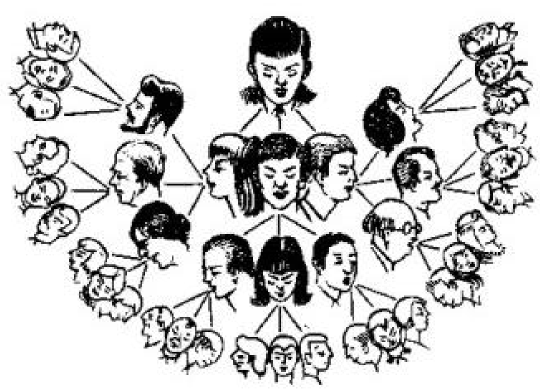
Por ejemplo la suma de los números

1 + 3 + 9 + 27 + 81 + 243 + 729

es igual a 729 más la mitad de 728; es decir, 729 + 364 = 1.093. En el caso concreto a que nos referíamos, cada vecino que sabía la noticia la comunicaba sólo a tres ciudadanos. Pero si los habitantes de la ciudad hubieran sido más locuaces y hubieran comunicado la noticia escuchada, no a tres, sino por ejemplo, a cinco o a otros diez, está claro que el rumor se hubiera difundido con mucha mayor rapidez todavía. Si, por ejemplo, se transmitiera cada vez a cinco personas, la información de la ciudad presentaría el siguiente cuadro:

8.00 h	1	= 1 persona
8.15 h	1+5	= 6
8.30 h	6 + (5*5)	= 31
8.45 h	31 + (25*5)	= 156
9.00 h	156 + (125*5)	= 781
9.15 h	781 + (625*5)	= 3.906
9.30 h	3.906 +(3.125*5)	= 19.531

Antes de las 9.45 de la mañana era ya conocida por los 50.000 habitantes de la ciudad.



Proceso de difusión de un rumor

El rumor se difunde todavía con mayor rapidez si cada uno de los que lo escuchan transmite la noticia a 10. Entonces resulta la curiosa serie de números:

8.00 h	1	= 1 persona
8.15 h	1+10	= 11
8.30 h	11 + 100	= 111
8.45 h	111 + 1.000	= 1.111
9.00 h	1.111 + 10.000	= 11.111

El número siguiente de esta serie será evidentemente 111.111; lo que indica que toda la ciudad conoce la noticia poco después de las nueve de la mañana.
Volver

52. Avalancha de bicicletas baratas
En diversos países y épocas ha habido comerciantes que han recurrido a un método bastante original para despachar sus mercancías de mediana calidad. Empezaban por publicar en periódicos y revistas de gran difusión el anuncio que reproducimos.

¡Una bicicleta por diez duros!
Cualquiera puede adquirir una bicicleta,
invirtiendo sólo 10 duros.
¡Aproveche esta ocasión única!
10 duros en vez de 50.
REMITIMOS GRATUITAMENTE EL PROSPECTO
CON LAS CONDICIONES DE COMPRA.

Había no pocas personas que, seducidas por el fascinador anuncio, solicitaban las condiciones de esa compra extraordinaria. En contestación al pedido, cada persona recibía un prospecto extenso que decía lo siguiente:
Por el momento, por 10 duros no se le enviaba la bicicleta, sino sólo cuatro billetes, que tenía que distribuir, a 10 duros, entre cuatro conocidos suyos. Los 40 duros recogidos debía remitirlos a la empresa y entonces le mandaban la bicicleta; es decir, que al comprador le costaba efectivamente 10 duros y los otros 40 no los sacaba de su bolsillo. Cierto que además de los 10 duros al contado, el comprador de la bicicleta tenía que soportar algunas molestias para vender los billetes entre los conocidos, mas este pequeño trabajo no valía la pena de tenerlo en cuenta.
¿Qué billetes eran éstos? ¿Qué beneficios alcanzaba el que los compraba por 10 duros? Obtenía el derecho de que se los cambiara la empresa por otros cinco billetes iguales; en otras palabras, adquiría la posibilidad de reunir 50 duros para comprar una bicicleta, que le costaba a él, por consiguiente, sólo 10 duros, es decir, el precio del billete. Los nuevos tenedores de billetes, a su vez, recibían de la empresa cinco billetes cada uno para difundirlos, y así sucesivamente.
A primera vista, daba la sensación de que en todo esto no había engaño alguno. Las promesas del anuncio quedaban cumplidas; la bicicleta, en efecto, costaba al comprador 10 duros. Y la casa no tenía pérdidas; cobraba por la mercancía el precio completo.

Solución
Sin embargo, este tipo de negocio era un verdadero fraude. La avalancha, como se llamó a ese negocio sucio, o la bola de nieve, como la denominaban los franceses, causaba pérdidas

a los numerosos participantes que no conseguían vender los billetes comprados. Esos eran los que pagaban a la empresa la diferencia entre los 50 duros del precio de la bicicleta y los 10 que se pagaban por ella. Tarde o temprano, llegaba infaliblemente un momento en que los poseedores de billetes no podían encontrar a nadie dispuesto a adquirirlos. De que esto tenía indefectiblemente que ocurrir así, se convencerán ustedes si tomando un lápiz, siguen el curso del proceso y anotan el ímpetu creciente del número de personas arrastra das por la avalancha.

El primer grupo de compradores que recibe sus billetes directa mente de la casa, de ordinario, encuentra compradores sin esfuerzo alguno; cada uno facilita billetes a cuatro nuevos participantes.

Estos cuatro deben vender sus billetes a 4 x 5, es decir, a otro 20, convenciéndoles de las ventajas de esa compra. Supongamos que lo consigan, y ya tenemos reclutados 20 compradores.

La avalancha avanza. Los 20 nuevos dueños de billetes debe distribuirlos a 20 x 5 = 100 personas más.

Hasta este momento, cada uno de los fundadores de la avalancha ha arrastrado a ella a

1 + 4 + 20 + 100 = 125 personas,

de las cuales 25 han recibido una bicicleta cada uno, y 100 sólo la esperanza de adquirirla, por lo que han pagado 10 duros.

La avalancha, en ese momento, sale del estrecho círculo de las personas conocidas y empieza a extenderse por la ciudad, donde sin embargo, es cada vez más difícil encontrar nuevos compradora de billetes. El indicado centenar de poseedores de billetes debe venderlos a 500 ciudadanos más, los que a su vez habrán de reclutar 2.500 nuevas víctimas. La ciudad queda muy pronto inundada d billetes, y resulta bastante difícil encontrar nuevas personas dispuestas y deseosas de comprarlos.

Ya ven ustedes que el número de personas arrastradas por 1 avalancha crece en virtud de la misma ley matemática que acabamos de examinar al referirnos a la divulgación de rumores. He aquí 1 pirámide numérica que resulta:

1
4
20
100
500
2.500
12.500
62.500

Si la ciudad es grande y toda la población capaz de montar en bicicleta asciende a 62.500 personas, en el momento que examinamos, es decir, a la octava vuelta, la avalancha debe desaparecer. Todos han resultado absorbidos por ella, pero sólo la quinta parte ha recibido bicicleta; las restantes 4/5 partes tienen en sus manos billetes, pero no encuentran a quién venderlos.

Una ciudad de población más numerosa, incluso una capital de varios millones de habitantes, puede saturarse de billetes prometedores al cabo de pocas vueltas, ya que la magnitud de la avalancha aumenta con rapidez increíble.

312.500
1.562.500
7.812.500
39.062.500

La vuelta 12° de la avalancha, como ven, podría arrastrar a la población de toda una nación, y 4/5 de la población quedarían engañados por los organizadores de la avalancha.
Volver

53. La recompensa
Según una leyenda, tomada de un manuscrito latino antiguo, que pertenece a una biblioteca particular inglesa, sucedió en la Roma antigua, hace muchos siglos, lo siguiente.
El jefe militar Terencio llevó a cabo felizmente, por orden del emperador, una campaña victoriosa, y regresó a Roma con gran botín. Llegado a la capital, pidió que le dejaran ver al emperador.
Éste le acogió cariñosamente, alabó sus servicios militares al Imperio, y como muestra de agradecimiento, ofrecióle como recompensa darle un alto cargo en el Senado.
Mas Terencio, al que eso no agradaba, le replicó:
-He alcanzado muchas victorias para acrecentar tu poderío y nimbar de gloria tu nombre, ¡oh, soberano! No he tenido miedo a la muerte, y muchas vidas que tuviera las sacrificaría con gusto por ti. Pero estoy cansado de luchar; mi juventud ya ha pasado y la sangre corre más despacio por mis venas. Ha llegado la hora de descansar; quiero trasladarme a la casa de mis antepasados y gozar de la felicidad de la vida doméstica.
-¿Qué quisieras de mí, Terencio? -le preguntó el emperador. -¡óyeme con indulgencia, oh, soberano! Durante mis largos años de campaña, cubriendo cada día de sangre mi espada, no pude ocuparme de crearme una posición económica. Soy pobre, soberano...
-Continúa, valiente Terencio.
-Si quieres otorgar una recompensa a tu humilde servidor -continuó el guerrero, animándose-, que tu generosidad me ayude a que mi vida termine en la paz y la abundancia, junto al hogar. No busco honores ni una situación elevada en el poderoso Senado. Desearía vivir alejado del poder y de las actividades sociales para descansar tranquilo. Señor, dame dinero con que asegurar el resto de mi vida.
El emperador -dice la leyenda- no se distinguía por su largueza. Le gustaba ahorrar para sí y cicateaba el dinero a los demás. El ruego del guerrero le hizo meditar.
-¿Qué cantidad, Terencio, considerarías suficiente? -le preguntó.
-Un millón de denarios, Majestad.
El emperador quedó de nuevo pensativo. El guerrero esperaba, cabizbajo. Por fin el emperador dijo:
-¡Valiente Terencio! Eres un gran guerrero y tus hazañas te han hecho digno de una recompensa espléndida. Te daré riquezas.
Mañana a mediodía te comunicaré aquí mismo lo que haya decidido.
Terencio se inclinó y retiróse.
Al día siguiente, a la hora convenida, el guerrero se presentó en el palacio del emperador.
-¡Ave, valiente Terencio! -le dijo el emperador.
Terencio bajó sumiso la cabeza.
-He venido, Majestad, para oír tu decisión. Benévolamente me cometiste una recompensa.
El emperador contestó:
-No quiero que un noble guerrero como tú reciba, en premio a sus hazañas, una recompensa mezquina. Escúchame. En mi tesorería hay cinco millones de bras de cobre (moneda que valía la quinta parte de un denario). Escucha mis palabras: ve a la tesorería, coge una moneda, regresa aquí y deposítala a mis pies. Al día siguiente vas de nuevo a la tesorería, coges una nueva moneda equivalente a dos bras y la pones aquí junto a la primera. El tercer día traerás una moneda equivalente a 4 bras; el cuarto día, una equivalente a 8 bras; el quinto, a 16, y así sucesivamente, duplicando cada vez el valor de la moneda del día anterior. Yo daré orden de que cada día preparen la moneda del valor correspondiente. Y mientras tengas fuerzas suficientes para levantar las monedas, las traerás desde la

tesorería. Nadie podrá ayudarte; únicamente debes utilizar tus fuerzas. Y cuando notes que ya no puedes levantar la moneda, detente: nuestro convenio se habrá cumplido

y todas las monedas que hayas logrado traer, serán de tu propiedad y constituirán tu recompensa.
Terencio escuchaba ávidamente cada palabra del emperador. Imaginaba el enorme número de monedas, a cada una mayor que la anterior, que sacaría de la tesorería imperial.
-Me satisface tu merced, Majestad -contestó con sonrisa feliz-, ¡la recompensa es verdaderamente generosa!

Solución
Empezaron las visitas diarias de Terencio a la tesorería imperial. Ésta se hallaba cerca del salón del trono, y los primeros viajes no costaron esfuerzo alguno a Terencio.
El primer día sacó de la tesorería un solo bras. Era una pequeña monedita de 21 mm de diámetro y 5 g de peso. (Peso y tamaño aproximado de una moneda de 5 pesetas, acuñada en nuestros días.)
El segundo, tercero, cuarto, quinto y sexto viajes fueron también fáciles: el guerrero trasladó monedas que pesaban 2, 4, 8, 16 y 32 veces más que la primera.
La séptima moneda pesaba 320 gramos -según el sistema moderno de pesas y medidas- y tenía 8 cm de diámetro (84 mm exactamente).
El octavo día, Terencio hubo de sacar de la tesorería una moneda correspondiente a 128 unidades monetarias. Pesaba 640 gramos y tenía unos 10,50 cm de anchura.

La séptima moneda, la novena moneda y la undécima moneda

El noveno día, Terencio llevó al salón imperial una moneda equivalente a 256 unidades monetarias. Tenía 13 cm de ancho y pesaba 1,25 kg.
El duodécimo día, la moneda alcanzó casi 27 cm de diámetro con un peso de 10,25 kg.
El emperador, que hasta aquel entonces había contemplado afablemente al guerrero, no disimulaba ya su triunfo. Veía que Terencio había hecho 12 viajes y sacado de la tesorería poco más de 2.000 monedas de bronce.
El día decimotercero esperaba a Terencio una moneda equivalente a 4.096 unidades monetarias. Tenía unos 34 cm de ancho y su peso era igual a 20,5 kg.
El día decimocuarto, Terencio sacó de la tesorería una pesada moneda de 41 kg de peso y unos 42 cm de anchura.
-¿Estás ya cansado, mi valiente Terencio? -le preguntó el emperador, reprimiendo una sonrisa.
-No, señor mío -contestó ceñudo el guerrero, secándose el sudor que bañaba su frente.

La decimotercera moneda y la decimoquinta moneda

Llegó el día decimoquinto. Ese día, la carga de Terencio fue pesada. Se arrastró lentamente hasta el emperador, llevando una enorme moneda formada por 16.384 unidades monetarias. Tenía 53 cm de anchura y pesaba 80 kg: el peso de un guerrero talludo.
El día decimosexto, el guerrero se tambaleaba bajo la carga que llevaba a cuestas. Era una moneda equivalente a 32.768 unidades monetarias, de 164 kg de peso y 67 cm de diámetro.
El guerrero había quedado extenuado y respiraba con dificultad. El emperador sonreía...
Cuando Terencio apareció, al día siguiente, en el salón del trono del emperador, fue acogido con grandes carcajadas. No podía llevar en brazos su carga, y la hacía rodar ante él. La moneda tenía 84 cm de diámetro y pesaba 328 kg. Correspondía al peso de 65.536 unidades monetarias.
El decimoctavo día fue el último del enriquecimiento de Terencio. Aquel día terminaron las idas y venidas desde la tesorería al salón del emperador. Esta vez hubo de llevar una moneda correspondiente a 131.072 unidades monetarias. Tenía más de un metro de diámetro y pesaba 655 kg.

La decimosexta moneda y la decimoséptima moneda

Utilizando la lanza como si fuera una palanca, Terencio, con enorme esfuerzo, apenas si pudo hacerla llegar rodando al salón. La gigantesca moneda cayó con estrépito a las plantas del emperador.
Terencio se hallaba completamente extenuado.
-No puedo más... Basta -susurró.
El emperador reprimió con esfuerzo una carcajada de satisfacción al ver el éxito completo de su astucia. Ordenó al tesorero que contara cuántos bras, en total, había llevado Terencio al salón del trono.

La decimoctava moneda

El tesorero cumplió la orden y dijo:
-Majestad, gracias a tu largueza, el guerrero Terencio ha recibido una recompensa de 262.143 bras.
Así, pues, el avaro emperador entregó al guerrero alrededor de la vigésima parte de la suma de un millón de denarios que había solicitado Terencio.
Comprobemos los cálculos del tesorero, y de paso, el peso de las monedas. Terencio llevó:

1	1 bras	5 g
2	2	10 g
3	4	20 g
4	8	40 g
5	16	80 g
6	32	160 g
7	64	320 g
8	128	640 g
9	256	1 kg 280 g
10	512	2 kg 560 g
11	1.024	5 kg 120 g
12	2.048	10 kg 240 g
13	4.096	20 kg 480 g
14	8.192	40 kg 960 g
15	16.384	81 kg 920 g
16	32.768	163 kg 840 g
17	65.536	327 kg 680 g
18	131.072	655 kg 360 g

Conocemos ya el procedimiento para calcular fácilmente la suma de números que forman series de este tipo; para la segunda columna, esta suma es igual a 262.143, de acuerdo con la regla indicada en la página 129. Terencio había solicitado del emperador un millón de denarios, o sea, 5.000.000 de bras. Por consiguiente, gracias a esta treta del emperador, recibió:

5.000.000/262.143 = 19 veces menos que la suma pedida.

Volver

54. Otra recompensa

El ajedrez es un juego antiquísimo. Cuenta muchos siglos de existencia y por eso no es de extrañar que estén ligadas a él leyendas cuya veracidad es difícil comprobar debido a su antigüedad. Precisamente quiero contar una de éstas. Para comprenderla no hace falta saber jugar al ajedrez; basta simplemente saber que el tablero donde se juega está dividido en 64 escaques (casillas negras y blancas, dispuestas alternativamente).

El juego del ajedrez fue inventado en la India. Cuando el rey hindú Sheram lo conoció, quedó maravillado de lo ingenioso que, era y de la variedad de posiciones que en él son posibles. Al enterarse de que el inventor era uno de sus súbditos, el rey lo mandó llamar con objeto de recompensarle personalmente por su acertado invento.

El inventor, llamado Seta, presentóse ante el soberano. Era un sabio vestido con modestia, que vivía gracias a los medios que le proporcionaban sus discípulos .

-Seta, quiero recompensarte dignamente por el ingenioso juego que has inventado -dijo el rey.

El sabio contestó con una inclinación.

-Soy bastante rico como para poder cumplir tu deseo más elevado -continuó diciendo el rey-. Di la recompensa que te satisfaga y la recibirás.

Seta continuó callado.

-No seas tímido -le animó el rey-. Expresa tu deseo. No escatimaré nada para satisfacerlo.

-Grande es tu magnanimidad, soberano. Pero concédeme un corto plazo para meditar la respuesta. Mañana, tras maduras reflexiones, te comunicaré mi petición.

Cuando al día siguiente Seta se presentó de nuevo ante el trono, dejó maravillado al rey con su petición, sin precedente por su modestia.

-Soberano -dijo Seta-, manda que me entreguen un grano de trigo por la primera casilla del tablero de ajedrez.
-¿Un simple grano de trigo? -contestó admirado el rey.
-Sí, soberano. Por la segunda casilla, ordena que me den dos granos; por la tercera, 4; por la cuarta, 8; por la quinta, 16; por la sexta, 32...
-Basta -interrumpióle irritado el rey-. Recibirás el trigo correspondiente a las 64 casillas del tablero de acuerdo con tu deseo: por cada casilla doble cantidad que por la precedente. Pero has de saber que tu petición es indigna de mi generosidad. Al pedirme tan mísera recompensa, menosprecias, irreverente, mi benevolencia. En verdad que, como sabio que eres, deberías haber dado mayor prueba de respeto ante la bondad de tu soberano. Retírate. Mis servidores te sacarán un saco con el trigo que solicitas.
Seta sonrió, abandonó la sala y quedó esperando a la puerta del palacio.
Durante la comida, el rey acordóse del inventor del ajedrez y envió a que se enteraran de si habían ya entregado al irreflexivo Seta su mezquina recompensa.
-Soberano, están cumpliendo tu orden -fue la respuesta-. Los matemáticos de la corte calculan el número de granos que le corresponden.
El rey frunció el ceño. No estaba acostumbrado a que tardaran tanto en cumplir sus órdenes.
Por la noche, al retirarse a descansar, el rey preguntó de nuevo cuánto tiempo hacía que Seta había abandonado el palacio con su saco de trigo.
-Soberano -le contestaron-, tus matemáticos trabajan sin descanso y esperan terminar los cálculos al amanecer.
-¿Por qué va tan despacio este asunto? -gritó iracundo el rey-. Que mañana, antes de que me despierte, hayan entregado a Seta hasta el último grano de trigo. No acostumbro a dar dos veces una misma orden.

Fig. 6.4. Por la segunda casilla ordena que me den dos granos

Por la mañana comunicaron al rey que el matemático mayor de la corte solicitaba audiencia para presentarle un informe muy importante.
El rey mandó que le hicieran entrar.
-Antes de comenzar tu informe -le dijo Sheram-, quiero saber si se ha entregado por fin a Seta la mísera recompensa que ha solicitado.
-Precisamente por eso me he atrevido a presentarme tan temprano -contestó el anciano-. Hemos calculado escrupulosamente la cantidad total de granos que desea recibir Seta. Resulta una cifra tan enorme...

-Sea cual fuere su magnitud -le interrumpió con altivez el rey, mis graneros no empobrecerán. He prometido darle esa recompensa, y por lo tanto, hay que entregársela.
-Soberano, no depende de tu voluntad el cumplir semejante deseo. En todos tus graneros no existe la cantidad de trigo que exige Seta. Tampoco existe en los graneros de todo el reino. Hasta los graneros del mundo entero son insuficientes. Si deseas entregar sin falta la recompensa prometida, ordena que todos los reinos de la Tierra se conviertan en labrantíos, manda desecar los mares y océanos, ordena fundir el hielo y la nieve que cubren los lejanos desiertos del Norte. Que todo el espacio sea totalmente sembrado de trigo, y ordena que toda la cosecha obtenida en estos campos sea entregada a Seta. Sólo entonces recibirá su recompensa.
El rey escuchaba lleno de asombro las palabras del anciano sabio. -Dime cuál es esa cifra tan monstruosa -dijo reflexionando. -¡Oh, soberano! *Dieciocho trillones cuatrocientos cuarenta y seis mil setecientos cuarenta y cuatro billones setenta y tres mil setecientos nueve millones quinientos cincuenta y un mil seiscientos quince*.

Solución
Esta es la leyenda. No podemos asegurar que haya sucedido en realidad lo que hemos contado; sin embargo, la recompensa de que habla la leyenda debe expresarse por ese número; de ello pueden convencerse, haciendo ustedes mismos el cálculo. Si se comienza por la unidad, hay que sumar las siguientes cifras: 1, 2, 4, 8, etc. El resultado obtenido tras 63 duplicaciones sucesivas nos mostrará la cantidad correspondiente a la casilla 64, que deberá recibir el inventor. Operando como se ha indicado en la página 129, podemos fácilmente hallar la suma total de granos, si duplicamos el último número, obtenido para la casilla 64, y le restamos una unidad. Es decir, el cálculo se reduce simplemente a multiplicar 64 veces seguidas la cifra dos:

$$2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2...$$

y así sucesivamente 64 veces.
Con objeto de simplificar el cálculo, podemos dividir estos 64 factores en seis grupos de diez doses y uno de cuatro doses. La multiplicación sucesiva de diez doses, como es fácil comprobar, es igual a 1.024 y la de cuatro doses es de 16. Por lo tanto, el resultado que buscamos es equivalente a:

$$1.024 \times 1.024 \times 1.024 \times 1.024 \times 1.024 \times 1.024 \times 16.$$

Multiplicando 1.024 x 1.024 obtenemos 1.048.576.
Ahora nos queda por hallar:

$$1.048.576 \times 1.048.576 \times 1.048.576 \times 16.$$

Restando de¡ resultado una unidad, obtendremos el número de granos buscado:

$$18.446.744.073.709.551.615.$$

Para hacernos una idea de la inmensidad de esta cifra gigante, calculemos aproximadamente la magnitud del granero capaz de almacenar semejante cantidad de trigo. Es sabido que un metro cúbico de trigo contiene cerca de 15 millones de granos. En ese caso, la recompensa del inventor del ajedrez deberá ocupar un volumen aproximado de 12.000.000.000.000 m^3, 0 lo que es lo mismo, 12.000 km^3. Si el granero tuviera 4 m de alto y 10 m de ancho, su longitud habría de ser de 300.000.000 de km, o sea, el doble de la distancia que separa la Tierra del Sol.

El rey hindú, naturalmente, no pudo entregar semejante recompensa. Sin embargo, de haber estado fuerte en matemáticas, hubiera podido librarse de esta deuda tan gravosa. Para ello le habría bastado simplemente proponer a Seta que él mismo contara, grano a grano, el trigo que le correspondía.
Efectivamente, si Seta, puesto a contar, hubiera trabajado noche y día, contando un grano por segundo, habría contado en el primer día 86.400 granos. Para contar un millón de granos hubiera necesitado, como mínimo, diez días de continuo trabajo. Un metro cúbico de trigo lo hubiera contado aproximadamente en medio año, lo que supondría un total de *cinco cuartos.* Haciendo esto sin interrupción durante diez años, hubiera contado *cien cuartos* como máximo, por mucho que se esforzase.
Por consiguiente, aunque Seta hubiera consagrado el resto de su vida a contar los granos de trigo que le correspondían, habría recibido sólo una parte ínfima de la recompensa exigida.
Volver

55. Reproducción rápida de las plantas y de los animales
Una cabeza de amapola, en la fase final de su desarrollo, está repleta de minúsculas semillas, cada una de las cuales puede originar una nueva planta. ¿Cuántas amapolas se obtendrían si germinaran, sin excepción, todas las semillas? Para saberlo es preciso contar las semillas contenidas en una cabeza de amapola. Es una tarea larga y aburrida, pero el resultado obtenido es tan interesante, que merece la pena armarse de paciencia y hacer el recuento hasta el fin. La cabeza de una amapola tiene (en números redondos) tres mil semillas.
¿Qué se deduce de esto? Que si el terreno que rodea a nuestra planta fuera suficiente y adecuado para el crecimiento de esta especie, cada semilla daría, al caer al suelo, un nuevo tallo, y al verano siguiente, crecerían en ese sitio, tres mil amapolas. ¡Un campo entero de amapolas de una sola cabeza!
Veamos lo que ocurriría después. Cada una de las 3.000 plantas daría, como mínimo, una cabeza (con frecuencia, varias), conteniendo 3.000 semillas cada una. Una vez crecidas, las semillas de cada cabeza darían 3.000 nuevas plantas, y por tanto, al segundo año tendríamos ya

3.000 x 3.000 = 9.000.000 de plantas.

Es fácil calcular que al tercer año, el número de nuevas plantas, procedentes de la amapola inicial, alcanzaría ya

9.000.000 x 3.000 = 27.000.000.000

Al cuarto año

27.000.000.000 x 3.000 = 81.000.000.000.000

En el quinto año faltaría a las amapolas sitio en la Tierra, pues el número de plantas sería igual a

81.000.000.000.000 x 3.000 = 243.000.000.000.000.000

la superficie terrestre, o sea, todos los continentes e islas del globo terráqueo, ocupan un área total de 135 millones de kilómetros cuadrados -135.000.000.000.000 de m^2- aproximadamente 2.000 veces menor que el número de amapolas que hubieran debido crecer.
Vemos, por lo tanto, que si todas las semillas de amapola crecieran y se reprodujesen normalmente, la descendencia procedente de una sola planta podría, al cabo de cinco años, cubrir por completo toda la tierra firme de nuestro planeta de una maleza espesa, a un

promedio de dos mil plantas en cada metro cuadrado. ¡Esta es la cifra gigante oculta en una diminuta semilla de amapola!

Solución

Haciendo un cálculo semejante, no sobre la amapola, sino sobre cualquier otra planta que produzca semillas en menor número, obtendríamos resultados parecidos, con la única diferencia de que su descendencia cubriría toda la superficie terrestre, no en cinco años, sino en un plazo algo mayor. Tomemos, por ejemplo, un diente de león, que produce aproximadamente cada año 10 semillas. Si todas ellas crecieran, obtendríamos:

En un año	1	planta
2 años	100	plantas
3	10.000	plantas
4	1.000.000	plantas
5	100.000.000	plantas
6	10.000.000.000	plantas
7	1.000.000.000.000	plantas
8	100.000.000.000.000	plantas
9	10.000.000.000.000.000	plantas

Este número de plantas es setenta veces superior al número de metros cuadrados de tierra firme que existen en el globo terrestre.
Por consiguiente, al noveno año, los continentes de la Tierra quedarían totalmente cubiertos de dientes de león, habiendo setenta plantas en cada metro cuadrado.
¿-,Por qué, en la realidad, no se da una reproducción tan rápida y abundante? Se debe a que la inmensa mayoría de las semillas mueren sin germinar, bien porque al iniciarse el crecimiento son ahogadas por otra planta, o bien, finalmente, porque son destruidas por los animales. Pero si la destrucción en masa de semillas y retoños no se verificara, cada planta, en un período de- tiempo relativamente breve, cubriría completamente nuestro planeta.
Este fenómeno ocurre no sólo con las plantas, sino también con los animales. De no interrumpir la muerte su multiplicación, la descendencia de una pareja cualquiera de animales, tarde o temprano ocuparía toda la Tierra. Una plaga de langosta, que cubre totalmente espacios enormes, puede servirnos de ejemplo para dar una idea de lo que ocurriría si la muerte no obstaculizara el proceso de reproducción de, los seres vivos. En el curso de unos dos o tres decenios, todos los continentes se cubrirían de bosques y estepas intransitables abarrotados de millones de animales, luchando entre sí para conseguir sitio. El océano se llenaría de peces en tal cantidad que se haría imposible la navegación marítima. El aire perdería casi totalmente su transparencia debido al inmenso número de pájaros e insectos.
Examinemos, a modo de ejemplo, la rapidez con que se multiplica la mosca doméstica de todos conocida. Aceptemos que cada mosca deposita ciento veinte huevecillos y que durante el verano tienen tiempo de aparecer siete generaciones, en cada una de las cuales la mitad son machos y la mitad hembras. Supongamos que la mosca en cuestión deposita por primera vez los huevos el 15 de abril y que cada hembra, en veinte días, crece lo suficiente para poder ella misma depositar nuevos huevos. En ese caso, la reproducción se desarrollará en la forma siguiente:

15 de abril:	cada hembra deposita 120 huevos; a comienzos de mayo nacen 120 moscas, de las cuales 60 son hembras.
5 de mayo:	cada hembra deposita 120 huevos; a mediados de mayo aparecen 60 x 120 = 7.200 moscas, de las cuales 3.600 son hembras.

25 de mayo:	cada una de las 3.600 hembras deposita 120 huevos; a comienzos de junio nacen 3.600 x 120 = 432.000 moscas, de las cuales la mitad, 216.000, son hembras.
14 de junio:	las 216.000 hembras depositan 120 huevos cada una; a finales de junio habrá 25.920.000 moscas, entre ellas 12.960.000 son hembras.
5 de julio:	cada una de esas 12.960.000 hembras deposita 120 huevos; en julio nacen 1.555.200.000 moscas más, de las que 777.600.000 son hembras.
25 de julio:	nacen 93.213.000.000 moscas, de ellas 46.656.000.000 son hembras.
13 de agosto:	nacen 5.598.720.000.000 moscas, de las cuales 2.799.360.000.000 son hembras.
1 de septiembre:	nacen 355.923.200.000.000 moscas.

Para comprender mejor lo que supone esta enorme cantidad de moscas, todas procedentes de una sola pareja, si la reproducción se verifica sin impedimento alguno durante un verano, imaginemos que todas ellas están dispuestas en línea recta, una junto a la otra. Midiendo una mosca, por término medio, 5 mm, todas ellas, colocadas una tras otra, formarán una fila de 2.500 millones de km, o sea, una distancia dieciocho veces mayor que la que separa la Tierra del Sol (aproximadamente como de la Tierra al planeta Urano).
Como conclusión, citemos algunos casos *reales* de multiplicación extraordinariamente rápida de animales, en condiciones favorables.
Al principio, en América no 'existían *gorriones.* Este pájaro, tan corriente entre nosotros, fue llevado a los Estados Unidos con el fin de exterminar allí los insectos nocivos. Los gorriones, como sabemos, comen en abundancia orugas voraces y otros insectos destructores de plantas en huertos y jardines. El nuevo ambiente fue del agrado de los gorriones; en América no había, por aquel entonces, aves de rapiña que se alimentaran de gorriones y, por lo tanto, éstos comenzaron a reproducirse con gran rapidez. Al poco tiempo, el número de insectos nocivos decreció notoriamente. Pero los gorriones se multiplicaron en tal forma que ante la escasez de alimento animal, comenzaron a comer vegetales y a devastar los sembrados. Hubo, pues, necesidad de emprender la lucha contra los gorriones. Esta lucha costó tan cara a los norteamericanos que se promulgó una ley prohibiendo la importación futura a dicho país de cualquier especie de animales.
Otro ejemplo. En Australia no existían *conejos* cuando ese continente fue descubierto por los europeos. Llevaron allí el conejo a finales del siglo XVIII, y como en ese país no había animales carnívoros que se alimentasen de conejos, el proceso de reproducción de estos roedores se desarrolló a ritmo rapidísimo. Poco tiempo después, los conejos, en masas enormes, habían invadido toda Australia, ocasionando terribles daños a la agricultura y convirtiéndose en una verdadera plaga para el país. En la lucha contra ese azote de la agricultura se emplearon colosales recursos y sólo gracias a medidas enérgicas se llegó a contrarrestar esa desgracia. Un caso semejante se repitió más tarde en California.
La tercera historia que deseo relatar y que sirve de enseñanza, ocurrió en la isla de Jamaica. En esa isla había serpientes venenosas en gran abundancia. Para librarse de ellas se decidió llevar a la isla *el pájaro serpentaria,* destructor furibundo de serpientes venenosas. En efecto, poco tiempo después, el número de serpientes había disminuido considerablemente. En cambio, se multiplicaron de manera extraordinaria las ratas de campo, que antes eran devoradas por las serpientes. Las ratas ocasionaron daños tan terribles en las plantaciones de caña de azúcar que los habitantes del país se vieron obligados a buscar urgentemente la forma de exterminarlas. Es sabido que el *mundo* indio es enemigo de las ratas. Se tomó la decisión de llevar a la isla cuatro parejas de estos animales y de permitir su libre reproducción. Los mungos se adaptaron perfectamente a la nueva patria y pronto poblaron toda la isla. Al cabo de unos diez años, casi todas las ratas habían sido exterminadas. Pero entonces surgió una nueva tragedia: los mungos, al carecer de ratas, comenzaron a alimentarse de cuantos animales hallaban a su alcance, devorando cachorros, cabritillas,

cerditos, aves domésticas y sus huevos. Al aumentar en número, empezaron a devastar los huertos, los sembrados y las plantaciones. Los habitantes iniciaron una campaña de exterminio de sus recientes aliados; sin embargo, consiguieron limitar únicamente en cierto grado los daños ocasionados por los mungos.
Volver

56. Una comida gratis
Diez jóvenes decidieron celebrar la terminación de sus estudios comiendo en el restaurante. Una vez reunidos, se entabló entre ellos una discusión sobre el orden en que habían de sentarse a la mesa. Unos propusieron que la colocación fuera por orden alfabético; otros, con arreglo a la edad; otros, por los resultados de los exámenes; otros, por la estatura, etc. La discusión se prolongaba, enfrióse la sopa y nadie se sentaba a la mesa. Los reconcilió el hotelero, mediante las siguientes palabras:
-Señores, dejen de discutir. Siéntense a la mesa en cualquier orden y escúchenme.
Sentáronse todos sin seguir un orden determinado. El hotelero continuó:
-Que uno cualquiera anote el orden en que están sentados ahora. Mañana vienen a comer y se sientan en otro orden. Pasado mañana vienen de nuevo a comer y se sientan en orden distinto, y así sucesivamente hasta que hayan probado todas las combinaciones posibles. Cuando llegue el día en que tengan ustedes que sentarse de nuevo en la misma forma que ahora, les prometo solemnemente que en lo sucesivo, les invitaré a comer gratis diariamente, sirviéndoles los platos más exquisitos y escogidos.
La proposición agradó a todos y fue aceptada. Acordaron reunirse cada día en aquel restaurante y probar todos los modos distintos posibles de colocación alrededor de la mesa, con objeto de disfrutar cuanto antes de las comidas gratuitas.

Solución
Sin embargo, los diez jóvenes no lograron llegar hasta ese día. Y no porque el hotelero no cumpliera su palabra, sino porque el número total de combinaciones diferentes alrededor de la mesa es extraordinariamente grande. Exactamente 3.628.000. Fácil es calcular que este número de días son casi diez mil años.
Posiblemente a ustedes les parecerá increíble que diez personas puedan colocarse en un número tan elevado de posiciones diferentes. Comprobemos el cálculo.
Ante todo, hay que aprender a determinar el número de combinaciones distintas posibles. Para mayor sencillez, empecemos calculando un número pequeño de objetos, por ejemplo, tres. Llamémosles *A, B y C.*
Deseamos saber de cuántos modos diferentes pueden disponerse, cambiando mutuamente su posición. Hagamos el siguiente razonamiento. Si se separa de momento el objeto C, los dos restantes, A y B, pueden colocarse solamente en dos formas.
Ahora agreguemos el objeto C a cada una de las parejas obtenidas. Podemos realizar esta operación tres veces:

1) colocar *C detrás* de la pareja,
2) *C delante* de la pareja.
3) *C entre* los dos objetos de la pareja

Es evidente que no son posibles otras posiciones distintas para el objeto C, a excepción de las tres mencionadas. Como tenemos *dos* parejas, AB y BA, el número total de formas posibles de colocación de los tres objetos será:

$$2 \times 3 = 6.$$

Sigamos adelante. Hagamos el cálculo para cuatro objetos.

Tomemos cuatro objetos, A, *B, C y D,* y separemos de momento uno de ellos, por ejemplo, el objeto D. Efectuemos con los otros tres todos los cambios posibles de posición. Ya sabemos que para tres, el número de cambios posibles es seis. ¿En cuántas formas diferentes podemos disponer el cuarto objeto en cada una de las seis posiciones que resultan con tres objetos? Evidentemente, serán cuatro. Podemos:

1) colocar *D detrás* del trío,
2) *D delante* del trío,
3) *D entre el* 1° y 2° objetos,
4) *D entre* el 2° y 3° objetos.

Obtenemos en total:

6 x 4 = 24 posiciones,

pero teniendo en cuenta que 6 = 2 x 3 y que 2 = 1 x 2, podemos calcular el número de cambios posibles de posición haciendo la siguiente multiplicación:

1 x 2 x 3 x 4 = 24.

Razonando de idéntica manera, cuando haya cinco objetos hallaremos que el número de formas distintas de colocación será igual a:

1 x 2 x 3 x 4 x 5 = 120.

Para seis objetos será:

1 x 2 x 3 x 4 x 5 x 6 = 720,

y así sucesivamente.
Volvamos de nuevo al caso antes citado de los diez comensales. Sabremos el número de posiciones que pueden adoptar las diez personas alrededor de la mesa si nos tomamos el trabajo de calcular el producto siguiente:

1 x 2 x 3 x 4 x 5 x 6 x 7 x 8 x 9 x 10.

Resultará el número indicado anteriormente:

3.628.000.

El cálculo sería más complicado si de los diez comensales, cinco fueran muchachas y desearan sentarse a la mesa alternando con los muchachos. A pesar de que el número posible de combinaciones se reduciría en este caso considerablemente, el cálculo sería más complejo.
Supongamos que se sienta a la mesa, indiferentemente del sitio que elija, uno de los jóvenes. Los otros cuatro pueden sentarse, dejando vacías para las muchachas las sillas intermedias, adoptando 1 x 2 x 3 x 4 = 24 formas diferentes. Como en total hay diez sillas, el primer joven puede ocupar 10 sitios distintos. Esto significa que el número total de combinaciones posibles, para los muchachos es 10 x 24 = 240.
¿En cuántas formas diferentes pueden sentarse en las sillas vacías, cinco situadas entre los jóvenes, las cinco muchachas? Evidentemente serán 1 x 2 x 3 x 4 x 5 = 120. Combinando

cada una de las 240 posiciones de los muchachos con cada una de las 120 que pueden adoptar las muchachas, obtendremos el número total de combinaciones posibles, o sea,

$$240 \times 120 = 28.800.$$

Este número, como vemos, es muchas veces inferior al que hemos citado antes y obtenemos un total de 79 años. Los jóvenes clientes del restaurante que vivieran hasta la edad de cien años podrían asistir a una comida gratis servida, si no por el propio hotelero, al menos por uno de sus descendientes.
Como fin de nuestra charla sobre el número de combinaciones posibles, resolvamos el siguiente problema relacionado con la vida escolar.
Hay en la clase veinticinco alumnos. ¿En cuántas formas diferentes pueden sentarse en los pupitres?
Para los que han asimilado lo expuesto anteriormente, la solución es muy sencilla: basta multiplicar sucesivamente los números siguientes:

$$1 \times 2 \times 3 \times 4 \times \ 5 \times 6 \times \ldots \times 23 \times 24 \times 25.$$

En matemáticas existen diversos métodos de simplificación de los cálculos, pero para facilitar operaciones como la que acabamos de mencionar, no los hay. El único procedimiento para efectuar *exactamente* esta operación consiste en multiplicar con paciencia todos los números. Sólo puede reducirse algo el tiempo requerido para efectuar esa multiplicación, eligiendo una agrupación acertada de los mismos. El resultado que se obtiene es un número enorme compuesto de veintiséis cifras, cuya magnitud es incapaz nuestra imaginación de representársela:

$$15.511.210.043.330.985.984.000.000.$$

De todos los números que hemos visto hasta ahora, éste es, naturalmente, el más grande, y a él, más que a ningún otro, le corresponde la denominación de *número gigante.* El número de gotitas diminutas de agua que contienen todos los océanos y mares del globo terrestre es pequeño si se compara con este número enorme.
Volver

57. Juego con monedas
En mi infancia, recuerdo que mi hermano mayor me enseñó un juego muy entretenido a base de unas monedas. Colocó tres platos en fila, uno junto al otro; después, puso en uno de los platos extremos una pila de cinco monedas: la inferior, de ocho cm de diámetro; sobre ella, una de cuatro cm, la siguiente de dos cm, luego una de un cm y medio y por último, la superior, de un cm. La tarea consistía en trasladar todas las monedas al tercer plato, observando las tres reglas siguientes:

1. Cada vez debe cambiarse de plato una sola moneda.
2. No se permite colocar una moneda mayor sobre otra menor.
3. Provisionalmente pueden colocarse monedas en el plato intermedio, observando las dos reglas anteriores, pero al final del juego, todas las monedas deben encontrarse en el tercer plato en el orden inicial.

-Como ves -me dijo-, las reglas no son complicadas. Y ahora manos a la obra.
Comencé a cambiar de plato las monedas. Coloqué la de 1 cm en el tercer plato, la de 1,5 en el intermedio y... me quedé cortado. ¿Dónde colocar la de 2 cm? Esta es mayor que la de 1 y 1,5 cm.

-No te apures -dijo mi hermano-. Coloca la de 1 cm en el plato del centro, encima de la de 1,5 cm. Entonces te queda libre el tercer plato para la de 2 cm.
Y así lo hice. Pero al continuar surgió otra nueva dificultad. ¿Dónde colocar la de 4 cm? Hay que reconocer que caí enseguida en la cuenta: primero pasé la de 1 cm al primer plato, después, la de 1,5 al tercero, y después, la de 1 también al tercero. Ahora ya se podía colocar la de 4 en el plato central vacío. A continuación, después de probar varias veces, conseguí trasladar la moneda de 8 cm del primer plato al tercero y reunir en este último toda la pila de monedas en el orden conveniente.

Solución

-¿Cuántos cambios de lugar has hecho? -preguntó mi hermano, aprobando mi trabajo.
-No los he contado.
-Vamos a comprobarlo. Es interesante saber de qué modo es posible alcanzar el fin propuesto efectuando el mínimo de permutaciones. Si la pila constara de dos monedas y no de cinco, una de 1,5 y otra de 10 cm, ¿cuántos cambios hubieras necesitado hacer?
-Tres: la de 1 cm al plato del centro, la de 1,5 al tercero y después la de 1 al tercero.
-Perfectamente. Ahora aumentemos una moneda de 2 cm, y contemos los cambios que se requieren para trasladar una pila compuesta de este número de monedas. Procedamos de la manera siguiente: primero, pasemos sucesivamente las dos monedas menores al plato intermedio. Para ello es preciso, como ya sabemos, efectuar tres cambios. Después, pasemos la de 2 cm al tercer plato vacío; un cambio más. Seguidamente, traslademos las dos monedas que se hallan en el plato intermedio al tercero, o sea, tres cambios más.
En resumen hemos hecho:

$$3 + 1 + 3 = 7 \text{ cambios.}$$

-Para el caso de cuatro monedas, permíteme a mí calcular el número de cambios que se requieren. Primero paso las tres monedas menores al plato intermedio, lo que supone siete cambios; después la de 4 cm la coloco en el tercero -un cambio más- y seguidamente trasladó las tres monedas menores al tercer plato; o sea, siete cambios más. En total:

$$7 + 1 + 7 = 15.$$

-Magnífico. ¿Y para 5 monedas?
Dije en el acto: 15 + 1 + 15 = 31.
-Exactamente, veo que has comprendido perfectamente el método de cálculo. Sin embargo, te voy a mostrar un método todavía más sencillo. Fíjate en que los números obtenidos, 3, 7, 15 y 31 son todos múltiples de dos a los que se ha restado una unidad. Mira.
Y mi hermano escribió la siguiente tabla:

$$3 = 2 \times 2 - 1$$
$$7 = 2 \times 2 \times 2 - 1$$
$$15 = 2 \times 2 \times 2 \times 2 - 1$$
$$31 = 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 - 1$$

-Comprendido: hay que tomar la cifra 2 como factor tantas veces como monedas se deben cambiar y después restar una unidad. Ahora, yo mismo puedo calcular el número de cambios necesarios para una pila de cualquier cantidad de monedas. Por ejemplo, para siete:

$$2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 - 1 \quad 128 - 1 = 127.$$

-Veo que has comprendido este antiguo juego. Sólo necesitas conocer una regla práctica más: si la pila tiene un número impar de monedas, la primera hay que trasladarla al tercer plato; si es par, entonces hay que pasarla primero al plato intermedio.
-Acabas de decir que es un juego antiguo. ¿Acaso no lo has inventado tú?
-No; yo solamente lo he aplicado. Este juego es antiquísimo y dicen que procede de la India. Existe una interesante leyenda acerca del mismo. En la ciudad de Benarés hay un templo,, en el cual, según cuenta la leyenda, el dios hindú Brahma, al crear el mundo, puso verticalmente tres palitos de diamantes, colocando en uno de ellos 64 anillos de oro: el más grande, en la parte inferior, y los demás por orden de tamaño uno encima del otro. Los sacerdotes del templo debían, trabajando noche y día sin descanso, trasladar todos los anillos de un palito a otro, utilizando el tercero como auxiliar, y observando las reglas de nuestro juego, o sea, cambiar cada vez sólo un anillo y no colocar un anillo de mayor diámetro sobre otro de menor. La leyenda dice que cuando los 64 anillos estuvieran trasladados llegaría el final del mundo.
-¡Oh!, esto significa, si diéramos crédito a esa leyenda, que el mundo hace ya tiempo que no existiría.
-¡Tú crees, al parecer, que el traslado de los 64 anillos no exige mucho tiempo!
-Naturalmente. Realizando un cambio cada segundo, en una hora pueden hacerse 3.600 traslados.
-¿Bueno y qué?
-Pues que en un día se harían cerca de cien mil. En diez días, un millón. Pienso que un millón de cambios es suficiente para cambiar incluso mil anillos.
-Te equivocas. Para trasladar los 64 anillos se necesitan 500.000 millones de años, en números redondos.
-¿Pero, por qué? El motivo de cambios es igual a la multiplicación sucesiva de 64 doses menos una unidad, y esto supone... Espera, ahora lo calculo.
-Perfectamente. Mientras tú verificas el cálculo, tengo tiempo de ir a resolver mis asuntos.
Marchóse mi hermano dejándome sumido en mis cálculos. Primero hice el producto de 16 doses, el resultado -65.536- lo multipliqué por sí mismo, y el número así obtenido lo volví a multiplicar por sí mismo. Por fin, no me olvidé de restar una unidad.
Obtuve el número siguiente:

18.446.744.073.709.551.615.

Evidentemente, mi hermano tenía razón.
Volver

58. La apuesta
En el comedor de una pensión, se inició durante la comida una conversación sobre el modo de calcular la probabilidad de los hechos. Un joven matemático, que se hallaba entre los presentes, sacó una moneda y dijo:
-Si arrojo la moneda sobre la mesa, ¿qué probabilidades existen de que caiga con el escudo hacia arriba?
-Ante todo, haga el favor de explicar lo que quiere usted decir con eso de las probabilidades -dijo una voz-. No está claro para todos.
-¡Muy sencillo! La moneda puede caer sobre la mesa de dos maneras, o bien con el escudo hacia arriba o hacia abajo. El número de casos posibles es igual a dos, de los cuales, para el hecho que nos interesa, es favorable sólo uno de ellos. De lo dicho se deduce la siguiente relación:

el número de casos favorables / el número de casos posibles =1/2

La fracción 1/2 expresa la probabilidad de que la moneda caiga con el escudo hacia arriba.

-Con la moneda es muy sencillo -añadió uno-. Veamos un caso más complicado, por ejemplo, con los dados.
-Bueno, vamos a examinarlo -aceptó el matemático-. Tenemos un dado, o sea, un cubo con distintas cifras en las caras. ¿Qué probabilidades hay de que al echar el dado sobre la mesa, quede con una cifra determinada hacia arriba, por ejemplo, el seis? ¿Cuántos son aquí los casos posibles? El dado puede quedar acostado sobre una cualquiera de las seis caras, lo que significa que son seis casos diferentes. De ellos solamente uno es favorable para nuestro propósito, o sea, cuando queda arriba el seis. Por consiguiente, la probabilidad se obtiene dividiendo uno por seis, es decir, se expresa con la fracción 116.
-¿Será posible que puedan determinarse las probabilidades en todos los casos? -preguntó una de las personas presentes-. Tomemos el siguiente ejemplo. Yo digo que el primer transeúnte que va a pasar por delante del balcón del comedor, será un hombre. ¿Qué probabilidades hay de que acierte?
-Evidentemente, la probabilidad es igual a 1/2, si convenimos en que en el mundo hay tantos hombres como mujeres y si todos los niños de más de un año los consideramos mayores.
-¿Qué probabilidades existen de que los dos primeros transeúntes sean ambos hombres? -preguntó otro de los contertulios.
-Este cálculo es algo más complicado. Enumeremos los casos que pueden presentarse. Primero: es posible que los dos transeúntes sean hombres. Segundo: que primero aparezca un hombre y después una mujer. Tercero: que primero aparezca una mujer y después un hombre. Y finalmente, el cuarto caso: que ambos transeúntes sean mujeres. Por consiguiente, el número de casos posibles es igual a 4; de ellos sólo uno, el primero, nos es favorable. La probabilidad vendrá expresada por la fracción 1/4. He aquí resuelto su problema.
-Comprendido. Pero puede hacerse también la pregunta respecto de tres hombres. ¿Cuáles serán las probabilidades de que los tres primeros transeúntes sean todos hombres?
-Bien, calculemos también este caso. Comencemos por hallar los casos posibles. Para dos transeúntes, el número de casos posibles, como ya sabemos, es igual a cuatro. Al aumentar un tercer transeúnte, el número de casos posibles se duplica, puesto que a cada grupo de los 4 enumerados compuesto de dos transeúntes, puede añadirse, bien un hombre, bien una mujer. En total, el número de casos posibles será 4 x 2 = 8. Evidentemente la probabilidad será igual a 1/8, porque tenemos sólo un caso favorable. De lo dicho dedúcese la -regla para efectuar el cálculo: en el caso de dos transeúntes, la probabilidad será 1/2 * 1/2 = 1/4; cuando se trata de tres 1/2 * 1/2 * 1/2 = 1/8; en el caso de cuatro, las probabilidades se obtendrán multiplicando cuatro veces consecutivas 1/2 y así sucesivamente. Como vemos, la magnitud de la -probabilidad va disminuyendo.
-¿Cuál será su valor, por ejemplo, para diez transeúntes?
-Seguramente, se refiere usted al caso de que los diez primeros transeúntes sean todos hombres. Tomando 1/2 como factor diez veces, obtendremos 1/1024 , o sea, menos de una milésima. Esto significa que si apuesta usted conmigo un duro a que eso ocurrirá, yo puedo jugar mil duros a que no sucederá así.
-¡Qué apuesta más ventajosa! -dijo uno-. De buen grado pondría yo un duro para tener la posibilidad de ganar mil.
-Pero tenga en cuenta que son mil probabilidades contra una. -¡Y qué! Arriesgaría con gusto un duro contra mil, incluso en el caso de que se exigiera que los cien primeros transeúntes fueran todos hombres.
-¿Pero se da usted cuenta de qué probabilidad tan ínfima existe de que suceda así? -preguntó el matemático.
-Seguramente una millonésima o algo así por el estilo.
-¡Muchísimo menos! Una millonésima resulta ya cuando se trata de veinte transeúntes. Para cien será... Permítame que lo calcule aproximadamente. Una billonésima, trillonésima, cuatrillonésima... ¡Oh! Un uno con treinta ceros.

-¿Nada más?
-¿Le parecen a usted pocos ceros? Las gotas de agua que contiene el océano no llegan ni a la milésima parte de dicho número. -¡Qué cifra tan imponente! En ese caso, ¿cuánto apostaría usted contra mi duro?
-¡Ja, ja... ! ¡Todo! Todo lo que tengo.
-Eso es demasiado. Juéguese su moto. Estoy seguro de que no la apuesta.
-¿Por qué no? ¡Con mucho gusto! Venga, la moto si usted quiere. No arriesgo nada en la apuesta.
-Yo sí que no expongo nada; al fin y al cabo, un duro no es una gran suma, y sin embargo, tengo la posibilidad de ganar una moto, mientras que usted casi no puede ganar nada.
-Pero comprenda usted que es completamente seguro que va a perder. La motocicleta no será nunca suya, mientras que el duro, puede decirse que ya lo tengo en el bolsillo.
-¿Qué hace usted? -dijo al matemático uno de sus amigos, tratando de contenerle. Por un duro arriesga usted su moto. ¡Está usted loco!
-Al contrario -contestó el joven matemático-, la locura es apostar aunque sea un solo duro, en semejantes condiciones. Es seguro que gano. Es lo mismo que tirar el duro.
-De todos modos existe una probabilidad.
-¡Una gota de agua en el océano, mejor dicho, en diez océanos! Esa es la probabilidad: diez océanos de mi parte contra una gota. Que gano la apuesta es tan seguro como dos y dos son cuatro.
No se entusiasme usted tanto, querido joven -sonó la voz tranquila de un anciano, que durante todo el tiempo había escuchado en silencio la disputa-. No se entusiasme.
-¿Cómo, profesor, también usted razona así ... ?
-¿Ha pensado usted que en este asunto no todos los casos tienen las mismas probabilidades? El cálculo de probabilidades se cumple concretamente sólo en los casos de idéntica posibilidad, ¿no es verdad? En el ejemplo que examinamos..., sin ir más lejos -dijo el anciano prestando oído-, la propia realidad me parece que viene ahora mismo a demostrar su equivocación. ¿No oyen ustedes? Parece que suena una marcha militar, ¿verdad?
-¿Qué tiene que ver esa música ... ? -comenzó a decir el joven matemático, quedándose cortado de pronto. Su rostro se contrajo de susto. Saltó del asiento, corrió hacia la ventana y asomó la cabeza. -Así es! -exclamó con desaliento-. He perdido la apuesta. ¡Adiós mi moto!
Al cabo de un minuto quedó todo claro. Frente a la ventana pasó desfilando un batallón de soldados.
Volver

59. Números gigantes que nos rodean y que existen en nuestro organismo
No es preciso buscar casos excepcionales para tropezarse con números gigantes. Se encuentran en todas partes, en torno de nosotros, e incluso en el interior de nosotros mismos; únicamente hay que saberlos descubrir.
El cielo que se extiende sobre nuestras cabezas, la arena, bajo nuestros pies, el aire circulante, la sangre de nuestro cuerpo; todo encierra invisibles gigantes del mundo de los números.
Los números gigantes que aparecen cuando se habla de los espacios estelares no sorprenden a la mayoría de la gente. Es sabido que cuando surge la conversación sobre el número de estrellas del universo, sobre las distancias que las separan de nosotros y que existen entre ellas, sobre sus dimensiones, peso y edad, siempre hallamos números que superan, por su enormidad, los límites de nuestra imaginación. No en vano, la expresión número astronómico se ha hecho proverbial. Muchos, sin embargo, no saben que incluso los cuerpos celestes, con frecuencia llamados pequeños por los astrónomos, son verdaderos gigantes, si utilizamos para medirlos las unidades corrientes empleadas en Física. Existen en nuestro sistema solar planetas a los que debido a sus dimensiones insignificantes, los

astrónomos han dado la denominación de pequeños. Incluyen entre ellos los que tienen un diámetro de varios kilómetros. Para el astrónomo, acostumbrado a utilizar escalas gigantescas, estos planetas son tan pequeños, que cuando se refieren a ellos los llaman despectivamente minúsculos. Pero sólo son cuerpos minúsculos al compararlos con otros astros mucho más grandes. Para las unidades métricas empleadas de ordinario por el hombre, claro que no pueden ser considerados diminutos. Tomemos, por ejemplo, un planeta minúsculo de tres km de diámetro; un planeta así se ha descubierto recientemente. Aplicando las reglas geométricas, se calcula con facilidad que su superficie es de 28 km^2, 0 sea, 28.000.000 m^2. En un metro cuadrado caben siete personas colocadas de pie. Por tanto, en los 28 millones de metros cuadrados pueden colocarse 196 millones de personas.
La arena que pisamos nos conduce también al mundo de los gigantes numéricos. No en balde existe desde tiempo inmemorial la expresión incontables como las arenas del mar. Sin embargo, en la antigüedad, los hombres subestimaban el enorme número de granos de arena existentes, pues lo comparaban con el número de estrellas que veían en el cielo. En aquellos tiempos, no existían telescopios, y el número de estrellas que se ven a simple vista en el cielo, es aproximadamente de 3.500 (en un hemisferio). En la arena de las orillas del mar hay millones de veces más granos que estrellas visibles a simple vista. Un número gigante se oculta asimismo en el aire que respiramos. Cada centímetro cúbico, cada dedal de aire, contiene 27 trillones (o sea, el número 27 seguido de 18 ceros) de moléculas.
Es casi imposible representarse la inmensidad de esta cifra. Si existiera en el mundo tal número de personas, no habría sitio suficiente para todas ellas en nuestro planeta. En efecto, la superficie del globo terrestre, contando la tierra firme y los océanos, es igual a 500 millones de km^2, que expresados en metros Suponen:

$$500.000.000.000.000 \ m^2.$$

Dividiendo los 27 trillones por ese número, obtendremos 54.000, lo que significa que a cada metro cuadrado de superficie terrestre corresponderían más de 50.000 personas.
Anteriormente dijimos que los números gigantes se ocultan también en el interior del cuerpo humano. Vankos a demostrarlo tomando como ejemplo la sangre. Si observamos al microscopio una gota de sangre, veremos que en ella nada una multitud enorme de corpúsculos pequeñísimos de color rojo, que son los que dan ese color a la sangre. Esos corpúsculos sanguíneos, llamados glóbulos rojos, son de forma circular discoidea, o sea, oval aplanada, hundida en toda su parte central. En todas las personas, los glóbulos rojos son de dimensiones aproximadamente iguales, de 0,007 milímetros de diámetro y de 0,002 mm de grueso Pero su número es fantástico. Una gotita pequeñísima de sangre, de 1 mm cúbico, Contiene 5 millones de estos corpúsculos. ¿Cuál es su número total en nuestro cuerpo? Por término medio, hay en el cuerpo humano un número de litros de sangre 14 veces menor que el número de kilogramos que pesa la persona. Si pesa usted 40 kg, su cuerpo contiene aproximadamente 3 litros de sangre, 0 lo que es lo mismo, 3.000.000 de mm cúbicos. Dado que en cada milímetro cúbico hay 5 millones de glóbulos rojos, el número total de los mismos en su sangre será:

$$5.000.000 * 3.000.000 = 15.000.000.000.000$$

¡Quince billones de glóbulos rojos! ¿Qué longitud se obtendría si este ejército de glóbulos se dispusiera en línea recta, uno junto al otro? No es difícil calcular que la longitud de semejante fila alcanzaría 105.000 km. El hilo de glóbulos rojos, formado con los contenidos en su sangre, se extendería más de 100.000 km. Con él podría rodearse el globo terrestre por el Ecuador:

$$100.000: 40.000 = 2,5 \text{ veces},$$

y el hilo de glóbulos rojos de una persona adulta lo envolvería tres veces.
Expliquemos la importancia que tiene para nuestro organismo la existencia de dichos glóbulos rojos tan extremadamente divididos. Están destinados a transportar el oxígeno por todo el cuerpo.
Toman el oxígeno al pasar la sangre por los pulmones, y lo ceden cuando el torrente sanguíneo los lleva a los tejidos de nuestro cuerpo, a los rincones más distantes de los pulmones. El grado enorme de desmenuzamiento que representan estos glóbulos los capacita para cumplir su misión, puesto que cuanto menor sea su tamaño, siendo grandísimo su número, tanto mayor será su superficie, que es lo que interesa, ya que los glóbulos rojos pueden absorber y desprender oxígeno únicamente a través de su superficie.
El cálculo demuestra que su superficie total es machismo mayor que la del cuerpo humano e igual a 1.200 m^2. Esto viene a ser el área de un huerto grande de 40 m de largo y 30 de ancho.
Ahora comprenderán la importancia que tiene para la vida del organismo el que estos glóbulos estén tan desmenuzados y sean tan numerosos, pues en esta forma, pueden absorber y desprender el oxígeno en una superficie mil veces mayor que la superficie de nuestro cuerpo.
Con justicia puede llamarse gigante al número enorme obtenido al calcular la cantidad de productos de diverso género con los que se alimenta una persona, tomando 70 años como término me dio de duración de la vida. Se necesitaría un tren entero para poder transportar las toneladas de agua, pan, carne, aves, pescado, patatas y otras legumbres, miles de huevos, miles de litros de leche, etc., con que el hombre se nutre en toda su vida. A primera vista, parece imposible que pueda ser la persona semejante titán, que literalmente engulle, claro que no de una vez, la carga de un tren de mercancías entero.
Volver