

alberto rojo

el azar en la vida cotidiana



 **siglo veintiuno**
editores

colección
ciencia que ladra...

colección
ciencia que ladra...

Dirigida por Diego Golombek

alberto rojo
**el azar
en la vida
cotidiana**

siglo xxi editores, méxico

CEPRO DEL AGUA 248, ROMERO DE TERREROS
04310 MÉXICO, D.F.
www.sigloxxieditores.com.mx

siglo xxi editores, argentina

GUATEMALA 4824, C1425BJP
BUENOS AIRES, ARGENTINA
www.sigloxxieditores.com.ar

salto de página

ALMAGRO 38
28010 MADRID, ESPAÑA
www.saltodepagina.com

biblioteca nueva

ALMAGRO 38
28010 MADRID, ESPAÑA
www.bibliotecanueva.es

anthropos

DIPUTACIÓN 266, BAJOS
08007 BARCELONA, ESPAÑA
www.anthropos-editorial.com

Rojo, Alberto

El azar en la vida cotidiana. - 1ª ed.- Buenos Aires: Siglo Veintiuno Editores, 2012.

192 p.: il.; 19x14 cm. - (Ciencia que ladra... / dirigida por Diego Golombek)

ISBN 978-987-629-206-1

I. Probabilidades. I. Título

CDD 519.2

© 2012, Siglo Veintiuno Editores S.A.

Ilustración de cubierta: Mariana Nemitz

Diseño de cubierta: Claudio Puglia



ISBN 978-987-629-206-1

Impreso en Altuna Impresores // Doblas 1968, Buenos Aires
en el mes de abril de 2012

Hecho el depósito que marca la ley 11.723
Impreso en Argentina // Made in Argentina

Índice

Este libro (y esta colección)	7
Acerca del autor	10
Introducción al azar	13
 Lo coincidente y lo causal	17
Tira de coincidencias, 18. Bombas sobre Londres, 23. Creacionismo cotidiano, 25. El juego del caos, 29. La paradoja de los cumpleaños, 31. El jardín de las coincidencias de la física, 32. ¿Causalidad o coincidencia?, 37.	
 Lo normal y lo extraordinario	41
Soldados escoceses y astronomía, 42. Moneda al aire, 46. La altura de los hijos de Yao Ming y de Diego Buonanotte, 48. Las <i>baguettes</i> de Poincaré y una pequeña comedia de errores (normales), 54.	
 Lo frecuente y lo probable	59
Antiguos adivinadores, 61. Los tres dados de Galileo, 64. ¿Probabilidad de chaparrones?, 68.	
 Lo riguroso y lo intuitivo	73
Las reglas del juego de las probabilidades, 73. Sobre productos hay mucho escrito, 79. El aliento del César, 83. ¿Dilución o ilusión?, 85. A mí no me va a pasar, 88.	

 Lo directo y lo inverso	93
Falacias condicionales, 94. Paradojas porcentuales, 97. Casamiento en los Bayes, 99. Mamografías, 104. ¿Mellizos o gemelos?, 105. Dos recipientes, 107. El filtro de “spam” y los manuscritos federalistas, 110. Aprendí filosofía, 113. Horóscopos, 118. Números anómalos, 122. Derivación bayesiana de la Ley de Benford, 128.	
 Lo conjetural y lo estimable	133
Crear o encuestar, 133. ¿Cuántos garbanzos hay?, 137. El proyecto Coriolis, 139. Tanques alemanes y el "Argumentum Ornithologicum", 140. ¿Por qué tengo menos amigos que mis amigos y por qué siempre me toca la fila más lenta?, 145. El argumento del fin del mundo, 149. Cuánto duran los platos antes de romperse y el misterioso 37%, 155. Lluvia sobre el patio, 157. Proyecto Poisson o ¿cuántos de mis amigos de Facebook cumplen años hoy?, 160. La fórmula de monsieur Poisson para intrépidos, 165.	
Apéndice. Selección de cuentos sobre el azar, en orden aleatorio	171
Bibliografía comentada	177

Este libro (y esta colección)

Sueles encontrarme en cualquier lugar
y ya lo sabes, nada es casualidad.

“El rito”, Gustavo Cerati (Soda Stereo)

Los números nos rodean: están en todos lados –como los extraterrestres–, en nuestras agendas, nuestros bancos, en las propagandas. El mundo parece organizarse según patrones precisos, que nos brindan la tentación de predecir el futuro y sus circunstancias. Así, armados de libretitas, calculadoras y mucho tiempo, seguro tiene que ser posible ganar la lotería, o la ruleta, o adivinar si una serie de monedas cae cara o ceca. ¿O no?

Uno de los ejemplos en que los números dicen más de lo que hablan es en la descripción de los tratamientos médicos: remedios que mejoran los síntomas en un 150%, tratamientos mágicos que curan cuando todo falla. Incluso nuestra percepción de la medicina cambia con la presentación de los números. Por ejemplo, si a la gente se le dice que una enfermedad mata a 1286 de cada 10 000 personas y otra a 24 de cada 100, sin pensarlo mucho varios dirán que la primera es más grave cuando en realidad la segunda parece ser el doble de letal. También se puede jugar *a piacere* con los porcentajes. Un caso muy típico es decir que tal estímulo (comer porquerías, por ejemplo) aumenta la chance de un tipo de cáncer en un 20%. Visto así, parece tremendo, pero si lo entendemos como un riesgo relativo y no absoluto la cosa cambia. Si la incidencia normal de ese tipo de cáncer es de,

digamos, el 5%, entonces el estímulo la aumenta a un 6%. Está bien, sigue siendo un efecto importante –y que no se diga que aquí promovemos la ingesta de porquerías–, pero convengamos en que suena muy diferente.

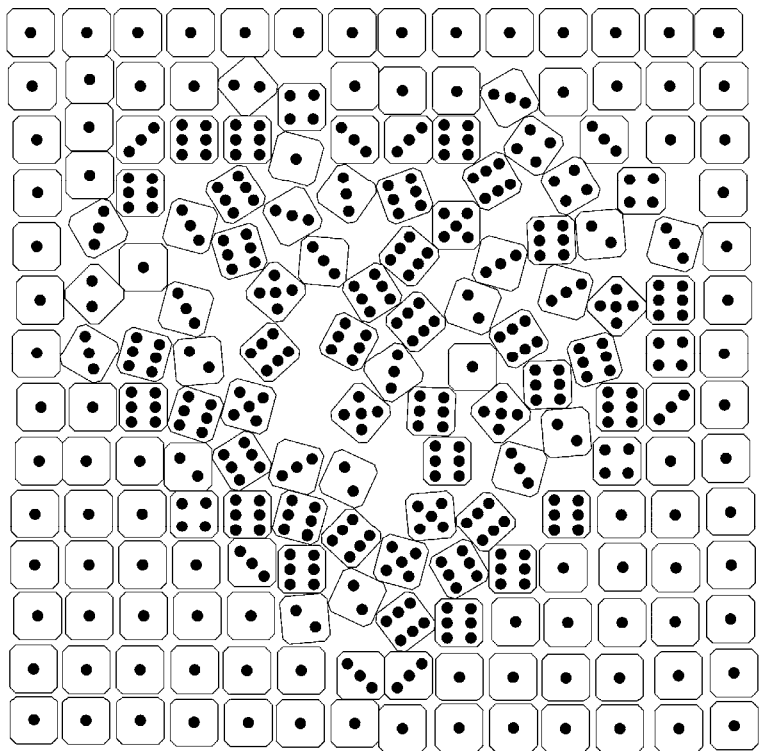
Otro tema en que nuestro cerebro está feliz de engañarnos una y otra vez tiene que ver con las casualidades: que no existen, que no hay dos sin tres, que esto-ocurre-una-sola-vez-en-la-vida. Es así: a nuestro cerebro le encanta creer y tejer historias, aunque muchas veces esas historias sean falsas o, por lo menos, estén reñidas con la lógica. En un mundo tan amplio y tan generoso en opciones, las coincidencias tienden a ocurrir mucho más de lo que pensamos (sí, aun el encontrarse cuatro veces el mismo día con la vecina del 4^{to} B en el ascensor. ¿Otra vez por aquí? ¡Pero qué casualidad!).

Y quién mejor que los físicos para contarnos sobre cómo se mete este particular personaje, el azar, en nuestra vida cotidiana. Y quién si no Alberto Rojo entre los físicos (y los músicos, y los escritores, y los curiosos insaciables) para hacernos entender dónde se esconden la estadística y las probabilidades, allí donde ni siquiera lo sospechábamos. Lean, calculen, desafíen: les apuesto doble o nada a que no se van a arrepentir.

Esta colección de divulgación científica está escrita por científicos que creen que ya es hora de asomar la cabeza por fuera del laboratorio y contar las maravillas, grandezas y miserias de la profesión. Porque de eso se trata: de contar, de compartir un saber que, si sigue encerrado, puede volverse inútil.

Ciencia que ladra... no muerde, sólo da señales de que cabalga.

Diego Golombek
Director de la colección



Albert

Acerca del autor

Alberto G. Rojo

alberto@albertorojo.com

www.albertorojo.com

Alberto Rojo nació en la provincia de Tucumán (Argentina) y obtuvo su licenciatura y su doctorado en física en el Instituto Balseiro (Bariloche, Argentina); posteriormente desarrolló su vida profesional en los Estados Unidos, donde actualmente es profesor en el Departamento de Física de la Oakland University. Ha publicado numerosos trabajos de investigación en revistas de primera línea así como contribuciones sobre enseñanza de las ciencias y divulgación científica. Es autor de *La física en la vida cotidiana*, de esta misma serie, y creador y conductor de la serie *Artistas de la Ciencia*, que salió al aire por Canal Encuentro y ganó el premio ATVC por mejor programa cultural de 2011.

Junto con sus tareas como físico ha desarrollado una notable carrera como guitarrista y compositor. Ha participado en numerosos festivales y editado tres discos de su autoría (*De visita*, en la colección *Guitarras del Mundo*, *Para mi sombra y Tangentes*).

Agradecimientos

A Diego Golombek, por concederme un lugar en ese nuevo espacio de divulgación científica que creó en la Argentina. A Carlos Díaz, por su constante apoyo, por su estímulo, y por hacerme sentir de la casa cuando entro a las oficinas de Siglo.

A Gabriela Vigo, por su excelente trabajo de edición. A los amigos que leyeron el manuscrito y me hicieron valiosos comentarios: Pablo Amster (que me corrigió más de un error), Mariela Kogan, Susana Pedrosa (que además me auxilió en algunos ejemplos que requerían su habilidad computacional), Jorge Blunda, y a Guillermo Martínez, por sus minuciosas observaciones, capítulo por capítulo, en un café de Belgrano.

A los expertos que contestaron mis consultas: John Allen Paulos, Donald Simanek, Serge Smidtas, Jerry Grossman, Henk Tijms, Carlton Caves, Stephen Sigler, Steven Krantz, Bart Holland. A Gustavo Schwartz, y a Pablo de Santis por sus comentarios sobre el apéndice de cuentos.

A Laura Campagna, Ezequiel Martínez y los amigos de Facebook –de mi sitio y del de Ciencia que Ladra– que participaron en el Proyecto Poisson y en el Proyecto Coriolis.

A Fer, por ayudarme a contar garbanzos y por darme una mano con los experimentos.

A Andrea, por acompañarme siempre en los azares de la vida.

Introducción al azar

El azar y las estadísticas suelen confundirnos. Pienso en frases como:

“No veía a María José desde hacía dos años y hoy me la encontré dos veces por la calle. Esas casualidades vienen del cosmos, no me digas.”

“Sí, ya sé, la chance de ganar la lotería es de uno en muchos millones, pero alguien tiene que ganar, ¿no?”

“Dicen que el cigarrillo causa cáncer, pero mi tía Hortensia fumaba dos paquetes diarios y vivió hasta los noventa y tres.”

“Yo no uso el cinturón de seguridad. A mí no me va a pasar nada.”

“Probé con un montón de médicos y el dolor de espalda no se me iba. Al final consulté a un homeópata y me lo resolvió”.

“Estuvieron casados setenta y dos años. Él se murió en enero, y ella, a los pocos meses. Siempre pasa así: están tan acostumbrados a vivir juntos, que cuando uno muere el otro no tolera la soledad.”

“Anoche soñé que se moría el gato del vecino y hoy se murió.
¡Lo que es el destino!”

“Mi novia, que me escribía todos los días, hoy no me mandó
ningún mail. Si no me escribió, seguro que dejó de quererme.”

—Parecés un tipo impaciente. ¿De qué signo sos?

—De Escorpio.

—Obvio, tenías que ser escorpiano. Son todos impacientes.”

“Un verano, en Necochea, fui todas las noches al casino y es-
peraba la secuencia de siete negros para jugar rojo. Así pude
sobrevivir unas vacaciones pagadas por el casino.”

“¿Por qué será que siempre me toca la fila más lenta?”

Cada una de las frases, tomadas de situaciones reales, contiene una falacia estadística o una comprensión errónea del azar y de las probabilidades. Ante equívocos semejantes, mi tentación de corregirlos o, al menos, de dar cuenta de ellos suele ser irresistible. Por eso decidí escribir este libro.

Una vez tomada esa decisión surgieron otras, como qué incluir y qué dejar fuera, cuáles historias contar con detalle y cuáles mencionar al pasar, cuántas ecuaciones consignar.

La elección de temas y de historias germinó a partir de mi gusto personal, condicionado a su vez por la lista de frases que mostré arriba. Traté de evitar las ecuaciones, fiel al espíritu de esta serie. Pero incluí algunas, ya que el poder de concisión de la nomenclatura matemática es a veces insuperable. El primer capítulo trata sobre las coincidencias y la manera irrevocable en que están dadas a ocurrir. (El que entienda esta idea, entre otras cosas, dejará de darles importancia a los sueños premonitorios.) El segundo trata sobre la idea de algo “normal”, y el modo en que esa noción entra al lenguaje popular imbricada con la historia de la estadística. En el tercero me pongo un poco más cuantitativo y presento la conexión entre probabilidades y

frecuencias con las que aparece un fenómeno. (Quien entienda estas ideas dejará de recurrir a la homeopatía.) En el cuarto capítulo presento las reglas del juego de las probabilidades, a la manera de los axiomas de Euclides de la geometría. En el quinto, presento una de las ideas más importantes del cálculo de probabilidades y la estadística, la de una probabilidad inversa o, lo que es lo mismo, la averiguación probabilística de una causa dado un efecto. (Quien entienda bien esta idea no se preocupará tanto si su novia deja de mandarle mails.) En el sexto capítulo muestro una selección de aplicaciones estadísticas a las elecciones presidenciales, un ejemplo de cómo los aliados ganaron la guerra usando estadística elemental y un experimento con los amigos de Facebook del sitio de Ciencia que Ladra que ilustra un fenómeno de muchísimas aplicaciones prácticas.

El propósito de este libro se reduce entonces a que, después de leerlo, tengan una renovada apreciación del azar, las estadísticas y de frases como las de la lista. No sé si lo lograré, pero recibo apuestas.



Lo coincidente y lo causal

La más sorprendente de las coincidencias imaginables sería la ausencia completa de coincidencias.

John Allen Paulos

“Crear o reventar, las coincidencias argentinas entre México 86 y Sudáfrica 2010 sorprenden. Argentina se clasificó a Sudáfrica con un triunfo 2-1 ante Perú, y en el 86 empató 2-2 con Perú para clasificarse. En ambos mundiales la nación anfitriona estuvo a punto de perder la localía (por el terremoto de México y por demoras de construcción en Sudáfrica). En pocos días Argentina se medirá con Corea del Sur, como en México 86.”

El párrafo está tomado de un suplemento del diario *La Gaceta de Tucumán*, publicado días antes del comienzo del Mundial 2010, y continúa con una larga lista de analogías entre Messi y Maradona (“¿Dos gotas de agua?”). Entre esas analogías figuran las siguientes: los dos se iniciaron en la Selección en un partido contra Hungría; los dos habían ganado un Mundial juvenil cinco años antes de ingresar a la Selección; Sudáfrica 2010 fue el segundo Mundial para Messi, como lo había sido México 86 para Maradona; ambos vieron el Mundial anterior desde el banco.

Digamos que elijo no reventar; entonces, ¿qué debo creer? ¿Que las coincidencias implicaban un triunfo argentino? Quizás no tanto, pero ciertamente este artículo es un caso, entre muchos, de atribución de significado a las coincidencias. Y si bien

no queda del todo claro cuál es ese significado que se les atribuye, existe una tendencia a mitificar nuestra sorpresa ante lo improbable, a pensar que esas sincronicidades accidentales son las ramas visibles de una red de causas mágicas y no un mero resultado del azar.

Dentro del bosque de coincidencias, un ejemplo muy citado –publicado en la revista *Time* en 1964¹ es el de los presidentes norteamericanos John F. Kennedy y Abraham Lincoln: Kennedy fue elegido en 1960 y Lincoln en 1860. Sus dos esposas perdieron hijos mientras vivían en la Casa Blanca. Ambos fueron asesinados un viernes, Lincoln en el teatro Ford y Kennedy en un automóvil fabricado por la empresa Ford. Los dos recibieron un disparo en la cabeza. Los dos sucesores se llamaban Johnson: Andrew Johnson, nacido en 1808, y Lyndon Johnson, nacido en 1908. Los dos magnicidas fueron asesinados antes del juicio.

¿Qué significan estas coincidencias? Nada. De eso quisiera convencerlos en este capítulo.

Comenzaré con un experimento que ilustra lo peculiar de estas casualidades estadísticas: el hecho de que son improbables, pero, a la vez, inevitables. Y concluiré contándoles una historia cuyo protagonista no es otro que el superfamoso jugador argentino de fútbol Lionel Messi.

Tira de coincidencias

El experimento funciona bien con muchas personas; por ejemplo, consideremos un aula llena de estudiantes.

Dividimos a los alumnos en dos grupos y los distribuimos en dos aulas separadas. Mientras tanto, el evaluador del experimento permanece fuera de las aulas. Ahora les pedimos a los miembros

1 Disponible en <www.time.com/time/magazine/article/0,9171,876021,00.html>.

del primer grupo que, en orden, vayan lanzando monedas, de a una por vez, hasta completar 100, y anotando cada resultado hasta completar una tira: si sale cara pone un 1 y si sale cruz, pone un 0. Mientras tanto, el otro grupo hará lo mismo, pero, en lugar de lanzar monedas verdaderas, cada estudiante irá anotando lo que *cree* que saldría si tirara una moneda. (Si los grupos son reducidos habrá que realizar varias vueltas hasta completar 100.) Un punto importante del experimento es que cada participante, cuando le toque el turno, debe ver los resultados que van saliendo. Al concluir el experimento, mirando cada una de las dos tiras, el evaluador tiene que decidir cuál es cuál.

En la siguiente serie muestro lo que obtuve con un grupo de asistentes al foro de ciencias de la Feria del Libro de 2010 en Buenos Aires.

1011100101001001100100010111101000111100101011010001001101101001000100100111110100110110101010101101

A

011111110001100101010000000010000100111000100001000010100001111100110001110110111010001110000100111

B

¿Cuál de las dos tiras corresponde a los resultados reales y cuál a los imaginados?

Si bien a primera vista los dos parecen bastante azarosos, existen varias diferencias. Por ejemplo, A es un poco más uniforme que B. Otra diferencia cuantitativa es que B presenta una secuencia de 8 cruces y otra de 7 caras, en tanto que en A no hay una secuencia tan larga de caras o cruces seguidas. La más extensa es una de 5 caras. Esto es una clara indicación de que B es el resultado verdadero y A el imaginado.

Esto quizás les parezca extraño ya que, si uno lanza 7 veces una moneda, existe una probabilidad muy baja (menos del 1%) de que las 7 veces caiga cara. Sin embargo, en una secuencia de 100 monedas, como la del experimento, hay un 33% de probabilidades de que *en algún punto de la secuencia* haya 7 caras consecutivas (y un 53% de que haya 6). De modo que hay una probabilidad

mayor al 50% de que salgan 7 tiros consecutivos iguales, ya que puede haber 7 caras seguidas o 7 cruces seguidas. En otras palabras, en cien tiros es más probable que ocurra una racha de 7, que no ocurra.

En un bar de Buenos Aires, el personaje de la novela *La muerte lenta de Luciana B.*, de Guillermo Martínez, lanza una moneda al aire 100 veces, anota los resultados en una servilleta, subraya las rachas y encuentra que hay “rachas de 5, de 6 y hasta de 7 signos repetidos”. Y luego agrega “aún la ciega moneda parecía tener nostalgia de repetición, de forma, de figura”. Esas rachas son inevitables por una simple razón probabilística. La razón por la cual en la serie imaginada en el experimento de la Feria del Libro no se producen 6 o 7 resultados consecutivos iguales es que uno tiende a pensar que, si ya salieron 5 caras, sería “demasiada casualidad” que la siguiente fuera también cara, y entonces elige cruz.

Este simple experimento indica que las casualidades pueden, de hecho, ocurrir: no es lo mismo 7 caras seguidas en un experimento aislado que en algún tramo de una secuencia más larga. A menudo ignoramos este tipo de diferencias y nos sorprendemos ante las coincidencias, que en verdad son parte de un entramado de sucesos que consideramos normales y que pasamos por alto, pero que en rigor ¡son igualmente coincidentes! Sucesos que, en forma aislada, tienen una baja probabilidad de manifestarse, en una secuencia larga, por el contrario, tienen una alta probabilidad de ocurrir. Así, la acumulación de un gran número de incertidumbres puede originar una certidumbre. Por ejemplo, ganar la lotería obviamente es muy improbable, “sin embargo” hay casos documentados de gente que ganó dos y hasta tres veces a lo largo de su vida. Varios de los ganadores consideraron que se trató de un milagro o del “destino”. Pero eso no es cierto: en el mundo hay tantos jugadores de lotería que en, digamos, cincuenta años no es improbable que alguien acierte los resultados más de una vez.

Lo que para el doble ganador de la lotería es el destino, o la “racha”, para el jugador que emboca ocho tiros libres seguidos, o

una “señal” para quien se cruza por la calle, dos veces en el mismo día, con alguien que no veía hacía años, son sólo circunstancias fortuitas en un mar de variaciones, de cuyo oleaje aleatorio cada tanto emerge, de pura casualidad, una perfecta magnolia de espuma. En su ensayo “La Biblioteca total”, antecesor de su cuento más famoso, “La Biblioteca de Babel”, Borges enumera apariciones literarias de estas ocurrencias fortuitas y cita el ejemplo de la media docena de monos que, “provistos de máquinas de escribir, producirán en unas cuantas eternidades todos los libros que contiene el British Museum”, y en una nota al pie agrega: “Bastaría, en rigor, con un solo mono inmortal”.

Hace poco, mi amiga Fortunata me llamó por teléfono y me dijo: “Esta mañana me crucé por la calle con un ex compañero del colegio al que no veía desde hacía muchos años. Después, a la noche, cuando fui a cenar, volví a encontrarlo en el restaurante. Eso es increíble”. Conociendo mi escepticismo respecto de la mística de las coincidencias, agregé en tono de desafío: “Explicate eso”.

La explicación es muy sencilla. Durante los años posteriores a su egreso del colegio es probable que Fortunata se haya encontrado con otros compañeros por la calle pero esos encuentros no tuvieron nada de especial o sorprendente para ella y los ignoró. Ahora, dos encuentros casuales con la misma persona en el mismo día es una situación mucho más improbable, como las 7 caras seguidas. Sin embargo, a lo largo de años, como en la secuencia de las 100 monedas, es probable que alguna vez ocurra. La probabilidad de que hoy nos encontremos dos veces con la misma persona es baja, pero si en lugar de “hoy” digo “alguna vez” la situación se torna más probable.

A diario, nuestra valoración de las coincidencias es producto de una visión selectiva de los hechos, de una construcción mental de regularidades: vemos dragones en las nubes,² conejos en

2 Como Antonio en *Antonio y Cleopatra*, de Shakespeare:

“Sometimes we see a cloud that’s dragonish, / A vapor sometime like a bear or lion, / A towered citadel, a pendant rock, / A

la Luna³ y mujeres en la borra del café.⁴ Y como esos seres no aparecen sólo por azar, invertimos el razonamiento y pensamos que lo azaroso carece de formas y no admite patrones parciales.

Por ejemplo, en la tira A uno tiende a pensar que raramente habrá “rachas” de 7 caras seguidas, y que las caras y cruces van a alternarse más de lo que lo hacen en realidad. Por eso la distribución de caras y cruces que eligieron los estudiantes es más homogénea que la real, como en algunas películas que muestran cielos artificiales –escena nocturna, hundimiento del *Titanic*, Leonardo y Kate corriendo por la cubierta, el barco ya oblicuo sobre el agua–, donde las estrellas están distribuidas más o menos uniformemente, sin los huecos típicos del cielo real.

¿Cuál es el “error”
de este cuadro?
Las estrellas están
pintadas muy uniformes;
no están distribuidas
al azar, como en
un cielo verdadero.



Jirafas en Karlsruhe, de Mike Smith.

forked mountain, or blue promontory / With trees upon 't that
nod unto the world / And mock our eyes with air. Thou hast
seen these signs. / They are black vesper's pageants" (acto IV,
escena 14).

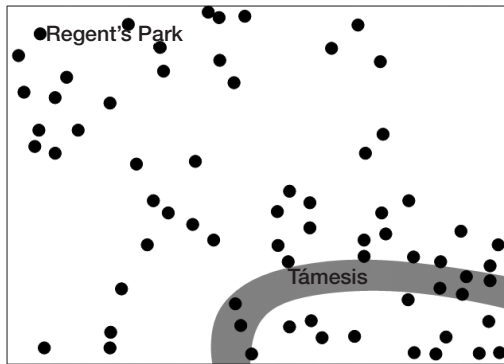
3 Como en la leyenda maya.

4 Como Claudio en *La borra del café*, de Mario Benedetti.

Más aún, si se fijan al final de la tira A, hay una secuencia alternada de largo 11 (6 caras y 5 cruces). Esa secuencia (que en el fondo es como cualquier otra) tiene una baja probabilidad de aparición, del 2%. Sin embargo, los participantes la dispusieron así muy probablemente por una equiparación errónea entre uniformidad y azar: las rachas están dadas a ocurrir, al menos en experimentos en los que un suceso es independiente del anterior, como ocurre al lanzar una moneda. Y esta conclusión nos conduce al segundo experimento.

Bombas sobre Londres

Durante la Segunda Guerra Mundial, más de 500 bombas alemanas cayeron sobre Londres. En la siguiente figura se reproducen los puntos de impacto en un sector de la ciudad.



Bombas sobre Londres

Como ven, hay una acumulación alrededor del Regent's Park, mientras que otras zonas salieron casi indemnes. Esta distribución desigual motivó la creencia popular de que las bombas caían en