

Pulso
ecológico

Calentamiento Global
y todo lo demás

José-Leonel Torres

Gobierno del Estado de Veracruz

Fidel Herrera Beltrán

Gobernador del Estado de Veracruz

Víctor A. Arredondo Álvarez

Secretario de Educación de Veracruz

Domingo Alberto Martínez Reséndiz

Subsecretario de Desarrollo Educativo y Cultural

Xóchitl A. Osorio Martínez

Subsecretaria de Educación Básica

Rafael Ortiz Castañeda

Subsecretario de Educación Media Superior y Superior

Édgar Spinoso Carrera

Oficial Mayor

Edna Laura Zamora Barragán

Coordinadora de Bibliotecas y Centros
de Información Documental

Andrés Valdivia Zúñiga

Coordinador para la Difusión y Optimización
de los Servicios Educativos



Pulso **ecológico**

Calentamiento Global
y todo lo demás

José-Leonel Torres

Departamento de Apoyo Editorial

Blanca E. Hernández García

Encargada del Departamento

Elizabeth Polanco Galindo

Responsable de Colecciones

Sergio Nochebuena Bautista

Enlace Administrativo

María de Lourdes Hernández Quiñones

Raquel Medina Silva

Gema Luz Morales Contreras

María Elena Fisher y Salazar

Apoyos Técnicos

Francisco Morales Hoil

José Armando Preciado Vargas

Ernesto Juárez Rechy

Corrección

Milena Gómez Castro

Diseño de Portada

Reyna Velasco López

Nubia A. Castañeda Moctezuma

Formación

Sara del Carmen Solís Arroyo

Captura

Primera edición: 2007

km 4.5 carretera federal Xalapa-Veracruz

C.P. 91190

Xalapa, Veracruz, México

ISBN: 970-670-160-5

Impreso en México

Pulso ecológico es un texto editado por la Secretaría de Educación de Veracruz del Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Toda correspondencia dirigirla al Departamento de Apoyo Editorial de la Coordinación de Bibliotecas y Centros de Información Documental de la sev, Av. Araucarias núm. 5, Edificio Orense II, tercer piso, Col. Esther Badillo, C.P. 91190. Tels. 01 (228) 813-98-61 y 813-99-44 (fax). Correos electrónicos: apoyoeditorialsec@secver.gob.mx y daesec05@yahoo.com.mx El contenido es responsabilidad de los autores. Se autoriza la reproducción parcial o total del contenido, siempre y cuando se cite la fuente.

ÍNDICE

Prólogo	7
Introducción	11
Ensayos cosmológicos	
¿Quiénes somos?	15
El gran basurero	20
Ecología cósmica	24
Ecología divina	28
Pequeño mundo	33
Energía nuclear	38
Especie en jaque	42
Extinción en perspectiva	46
Fósiles vivientes	50
Archivo genético	54
¿Quién vive?	58
Hongos y bacterias	63
Energía	67
Ecología de las radiaciones	72
Ambientalismo: ¿vivo o muerto?	76
Calentamiento global	79
Catástrofes	84
Riqueza genética	88
Inundaciones	93
Muerte sin fin	96
¿Agua para todos?	101
Desiertos	105
Migraciones	110
Humedales y manglares	114
Genética y destino	117
Paraíso perdido	120
Ensayos cotidianos	
Que no quede huella	127
No matarás...	131
Tecnología	134
Casanova en apuros	138
Ecología educativa	143
Ecología de la ciencia	147

Biólogos	151
Ecología de la lactancia	155
Ecología urbana	158
Perros y gatos	162
Ricos y felices	166
Papel	171
La sal	175
Azúcar	180
Hombres de maíz	185
Etanol	189
Plásticos	193
Buenos y malos	198
Por la boca	202
Manjares exóticos	206
Ecología de los vicios	210
Herencia de Colón	214
Creacionismo y darwinismo	218
Eldorado	222
Cazadores	227
Desarrollo insostenible	232
Askareles	236
Cómputo y ecología	240
Día mundial de las playas	243
Ecoturismo	246
Sordos y ciegos	250
Ecología del dolor	255
Medicina y ecología	259
Vida eterna	264
Ecología de la cacería	268
Ecología infantil	273
Ecología del aborto	277
Banco mundial de semillas	281
La buena vida	285
Tercera edad	288
Ecología de la soledad	292
Tiempo perdido	295
A toda máquina	298
Mercado negro	301
Jaikú	304
Poesía ecológica	307

PRÓLOGO

Para que la ciencia sea útil a la sociedad se requiere desarrollar cierta familiaridad con ella. El territorio extraño del conocimiento científico nos atrae y a la vez nos atemoriza. Confiamos en la ciencia como el instrumento de la humanidad que, con seguridad, nos ayudará a resolver nuestros problemas más graves. Al mismo tiempo, reconocemos en ella una fuerza capaz de destruir al planeta entero. Fascinación y desengaño, confianza y recelo, esperanza y fatalidad, son sentimientos que surgen comúnmente en torno a la ciencia. No cabe duda, para que la ciencia sea útil a la sociedad es necesario comprenderla. La ciencia es humana, con sus virtudes y defectos. La ciencia surge de todos nosotros a partir de creencias, escepticismos, aspiraciones y creatividad. La ciencia se hace con talento, disciplina, pasión y tenacidad. A veces la genialidad la ilumina, como cuando un relámpago nos permite ver por un instante una gran parte de un paisaje que de otra manera se oculta en las sombras. Pero la ciencia se hace, independientemente de nuestra agudeza, porque no podemos evitar formularnos preguntas sobre las cosas más terrenas o inverosímiles, arrastrados por nuestra insaciable sed de comprenderlo todo.

Por esta convicción de que la ciencia es entre otras cosas un acto social, la divulgación científica debe verse como una tarea medular, como un compromiso de las instituciones científicas ante la comunidad. Congruente con esta convicción, el Instituto de Ecología, A.C. (INECOL) tiene profundamente arraigado en su filosofía el reconocimiento de que la ciencia es para todos, que comprenderla nos ayuda a procurar mejores condiciones de vida, convivencia y desarrollo. Esta concepción es, además, consonante con los programas de vinculación con el entorno social de los organismos que norman la existencia del INECOL, especialmente el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y la Secretaría de Educación Pública.

Cuando el Dr. José-Leonel Torres manifestó su interés en escribir una página ecológica semanal en el *Diario de Xalapa*, el entusiasmo de una visión compartida en su propuesta resonó con el resto de las actividades y los proyectos de vinculación con la sociedad que hemos desarrollado para hacer un INECOL más cercano a la gente y más activo en el fomento de la cultura científica con la sociedad. Nació así *IN VIVO* como un canal de comunicación de nuestro instituto con la colectividad estatal.

A lo largo de dos años y medio, el Dr. Torres publicó más de cien artículos que examinaron los temas ecológicos de mayor actualidad, profundidad y urgencia por la magnitud de su impacto potencial sobre ecosistemas particulares o sobre el ecosistema global y, como todas las cosas en la vida, este esfuerzo cumplió su ciclo

y culminó una etapa de su desarrollo. Es así que nos comunicó su intención de organizar parte de ese material en un libro, que pusiera al alcance de los profesores y estudiantes de nivel medio en el sistema educativo veracruzano información científica en torno a problemas de actualidad. La iniciativa del autor, la gestión correspondiente del INECOL y la respuesta entusiasta de la Secretaría de Educación de Veracruz (SEV), hicieron posible la publicación de *Pulso ecológico (calentamiento global y todo lo demás)*, libro que el lector tiene ahora ante sus ojos.

Como todos los libros, éste es producto de un gran esfuerzo colectivo, de trabajo en equipo y de las ganas de compartir una mirada profunda a las entrañas del mundo que construimos en nuestras mentes y que esperamos nos ayude a comprendernos mejor y quizá, sólo quizá, nos permita cambiar una que otra actitud, de las que están profundamente arraigadas en nuestro ser, para intentar vivir mejor probando en nosotros mismos nuevas ideas. Ojalá también sirva para animar, sobre todo a los jóvenes lectores, a seguir el camino de la ciencia como forma de vida.

Le deseamos a *Pulso ecológico* una cálida recepción. El éxito de su propuesta comunicativa será, como siempre, proporcional a la avidez con la que sea leído. El cuidado, cariño y generosidad con que se ha preparado esta obra seguramente será retribuida con la luz de las almas que se recrearán al recorrer las hojas del libro que está en sus manos.

Miguel Equihua Zamora

Director General del Instituto de Ecología, A.C.

a Héctor,
quien al leer estos ensayos concluirá quizá que,
al menos en cuestiones ecológicas,
"cualquiera tiempo pasado fue mejor".

a Leonel y Consuelo,
que saben de estas cosas.

Introducción

Este libro contiene 72 ensayos sobre las consecuencias ecológicas producto de la capacidad, recientemente adquirida por nuestra especie, de controlar los principales flujos de materia y energía en la biosfera. Fueron publicados en una versión preliminar durante los pasados dos años y medio, en una página ecológica semanal titulada *IN VIVO*, que me encargó el INECOL, en Xalapa, dentro de la sección Cultura del *Diario de Xalapa*, periódico veracruzano de circulación estatal. Esto explica la sospechosa uniformidad en la extensión individual de los ensayos.

Las premisas del libro son las siguientes:

- Ciertas alteraciones cuantitativas, sistemáticas y desusadamente grandes, empiezan a vislumbrarse de manera inequívoca en la biosfera, en parámetros tan fundamentales como su temperatura promedio y el grado de acidez de los mares, así como en la tasa de extinción de especies.
- Tales cambios numéricos están asociados con una transición cualitativa en nuestra especie, de una arraigada percepción de infinitud de su entorno, a la convicción de ser un factor determinante en el comportamiento del ecosistema global.
- Esta transición puede ayudarnos a reorientar nuestros proyectos individuales y colectivos, en medida suficiente como para prevenir (o menguar al menos), la gran mortandad que se avecina si le dejamos la solución del problema al mecanismo desnudo de selección natural.
- Para ser efectiva, tal reorientación debe aflorar *de profundis* en cada individuo, al final de una introspección guiada por los mejores argumentos científicos y humanistas disponibles.
- Una manera eficiente de arribar a dichos argumentos consiste en empalmar el escenario cosmológico de nuestra especie con la experiencia cotidiana de sus individuos.
- Un libro como el presente puede ser de utilidad en esta tarea de supervivencia.

Los ensayos se ocupan entonces del calentamiento global y de “todo lo demás”, como corolario de la cohesión extraordinaria de la biosfera, que acopla lo grande y lo pequeño, lo serio y lo bufo, lo bueno y lo malo, tan estrechamente que no logramos palpar una flor “sin turbar con el mismo ademán a una estrella”.

Este nivel de cohesión dificultó el ordenamiento de los ensayos según un criterio diáfano y uniforme de optimización, y tras varios experimentos infructuosos

resultó el orden en que los presento aquí, basado en correlaciones temáticas a veces sutiles entre grupos de ensayos vecinos. Un efecto positivo de esta aparente falta de coherencia temática es que el libro puede ser abierto al azar con una alta probabilidad de hallar un tema cercano al corazón del lector.

En resonancia con su propósito, los ensayos pretenden ser conceptualmente sofisticados, pero técnicamente simples, excepto quizá por el primero, el cual considero, sin embargo, indispensable por cuestiones de contexto general y nomenclatura. Con todo, si su lectura ofrece dificultades técnicas desmesuradas —algo que juzgo improbable—, me parece que bastará con entender a fondo la figura 3 para seguir adelante con provecho y sin mayor sobresalto.

Los temas de buena parte de los ensayos me fueron sugeridos (a grandes voces en ocasiones) por los ecosistemas asociados al Eje Volcánico, que he recorrido en autobús cada dos semanas durante varios años, siguiendo a mi corazón.

Las fotografías me fueron suministradas en su gran mayoría por mis colegas Philip Brewster (INECOL), y Leonel Torres (Instituto de Investigaciones Biológicas de la Universidad Veracruzana), a quienes agradezco su apoyo y generosidad.

Por último, una nota sobre nomenclatura. Utilicé en el texto biosfera en lugar de biósfera porque la mayoría de mis colegas cercanos lo hace así, y porque los correctores automáticos de texto más comunes marcan “error” cuando escribe uno biósfera. Sin embargo, fuera de ese ámbito un tanto *sui géneris* la mayoría de las personas parece decir biósfera. No está de más entonces mencionar que los lectores (y lectoras) de este libro pueden elegir a voluntad y sin temor alguno entre biósfera y biosfera, estratósfera y estratosfera, ionósfera e ionosfera, e incluso entre atmósfera y atmosfera. Su elección está respaldada por la regla de costumbre en el gremio biológico, por el Diccionario de la Real Academia Española en su edición más reciente, y por quién sabe cuántas más “autoridades” de la lengua.

Es un placer expresar mi agradecimiento a mis colegas del INECOL, que participaron en la génesis y en la evolución de la página ecológica *IN VIVO*, y enfatizar la contribución de los doctores Miguel Equihua, Jorge López-Portillo y Sonia Gallina. Me complace también destacar la sensibilidad ecológica y el profesionalismo de Celia Alvarez, encargada de la composición tipográfica de *IN VIVO* desde su alumbramiento. La contribución del Departamento de Apoyo Editorial de la Secretaría de Educación de Veracruz, que estuvo a cargo de la edición, fue relevante también en el ordenamiento del material y en la depuración del texto.

Xalapa, Veracruz, 2007

Ensayos Cosmológicos

¿Quiénes somos?

Dramatizando un poco: somos polvo de estrellas, animados por rayos del Sol y por calor proveniente de las profundidades de la Tierra. Compartimos esta identidad con el resto de los seres vivos. Cinco mil años de ciencia y humanismo fueron necesarios para arribar a esta conclusión.

Nomenclatura

Los seres vivos ocupan una fracción del planeta, la biosfera, que abarca unos diez kilómetros hacia arriba de la superficie terrestre y otros tantos hacia abajo. Llamamos comunidad al total de los seres vivos que ocupan una porción particular de la biosfera, y hábitat al sector físico de dicha porción (o sea, descontando a los seres vivos). Entre el hábitat y la comunidad, y entre los miembros de esta última, fluyen energía (luz, calor, etcétera), y materiales (agua, comida, polen, hormonas, cartas, microbios, entre otros). La suma de hábitat más comunidad más flujos constituye un ecosistema.

Polvo de estrellas

Sobre el polvo de estrellas: estamos hechos de hidrógeno y oxígeno (en forma de agua y otros compuestos), carbono, nitrógeno, fósforo, calcio, potasio, azufre, hierro y trazas de algunos otros minerales. Toda esta materia fue sintetizada en el núcleo de estrellas a partir de protones y expulsada al espacio circundante en explosiones que marcan el final de su ciclo de existencia.

El material del cosmos oscila interminablemente entre estos dos extremos: materia condensada (estrellas y planetas, por mencionar algunos) y materia dispersa, que forma grandes nubes con apariencia de polvo en las fotografías astronómicas. Una fracción de la materia se convierte además en radiación, como la que recibimos del Sol y de las demás estrellas.

La materia dispersa se condensa por su propia atracción gravitacional, se calienta al comprimirse y nace una estrella si la masa involucrada es suficiente para ello; de lo contrario, se forma un cuerpo condensado que se enfría gradualmente, resultando un objeto que no emite luz (un planeta, por ejemplo). Las estrellas no son eternas, y muchas de ellas señalan el fin de su existencia luminosa con una gran explosión que disemina una fracción o el total de su masa, originando una nueva nube de polvo estelar o incrementando una nube vecina.

La materia esparcida en la explosión, sin embargo, no es idéntica a la que constituyó a la estrella, sino que fue "enriquecida" al aumentar su contenido de

Pulso ecológico

carbono, oxígeno y las demás sustancias en la tabla periódica de los elementos químicos, sintetizadas en el núcleo de la estrella a partir de su dotación original de hidrógeno. El material disperso se condensa eventualmente y nace otra estrella, iniciando así una nueva recurrencia del ciclo. De esta manera se formaron la Tierra y el Sol, a partir de una nube de polvo cósmico que contenía los restos de estrellas previas.

Polvo animado

Usaremos las siguientes dos figuras para ilustrar el concepto del polvo animado por los rayos del Sol. En la Figura 1 aparece a la izquierda una maceta, llena con lodo esterilizado (por calentamiento quizá), proveniente de algún pantano. Si la esterilización fue completa y se aísla apropiadamente la maceta con la campana transparente que se indica, permanecerá sin cambio durante años o siglos. La misma maceta (colocada ahora a la derecha) se comporta de manera muy distinta si se introduce en ella la minúscula semilla de una orquídea, por ejemplo.

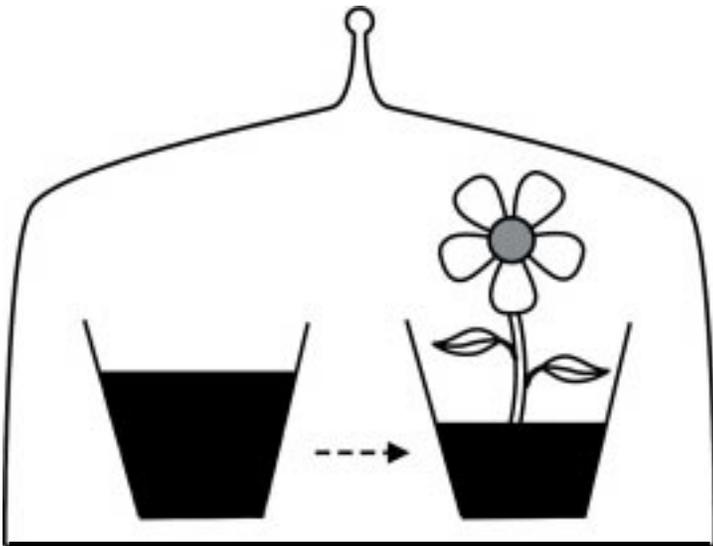


Figura 1

La diferencia más relevante entre estas dos configuraciones de la misma maceta, consiste en que el desorden del lodo en la maceta de la izquierda fue reemplazado

por una situación mucho más ordenada en la configuración derecha. Ciertos materiales fueron concentrados en regiones particulares, originando estructuras plenas de simetría (hojas, flores, etcétera). Si consideramos además el orden microscópico generado, en la forma de proteínas, ácidos nucleicos y muchas otras moléculas, se antoja extraordinario el contraste entre las dos configuraciones del mismo material (la campana transparente impidió la entrada y salida de otras sustancias).

¿Cuál fue el agente activo en este proceso? La intuición indica que la semilla resulta demasiado pequeña para producir por sí sola los flujos de materia requeridos. Por esta ocasión la intuición no nos falla, y en la Figura 2 se aclara el misterio: la imagen anterior estaba incompleta, pues faltaba añadir la radiación solar. La planta no existiría si la campana impidiera el paso de la luz a su interior. La luz incidió sobre la maceta con una configuración inicial distinta de aquella con la que fue reemitida. La luz solar incidente es unidireccional y contiene gran parte de su energía concentrada en frecuencias altas (la región visible y ultravioleta), mientras que la emitida por la maceta es difusa y distribuye buena parte de su energía en un amplio rango de frecuencias bajas (en la zona infrarroja, que resulta invisible para el ojo humano).

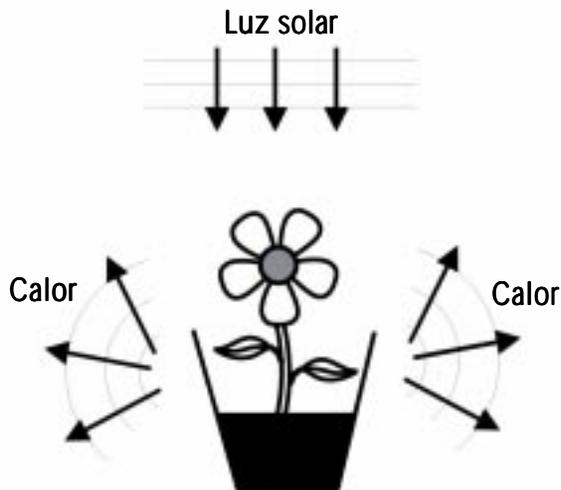


Figura 2

Esta redistribución de la energía es la clave de (casi) todo, pues implica que la radiación emitida está más desordenada que la incidente, según una definición de orden que no discutiremos en detalle aquí.

Requerimos ahora un resultado fundamental de la física, el cual indica que, cuando ocurren procesos que involucran cuerpos o entidades con muchos componentes (átomos, moléculas, ondas electromagnéticas, etcétera), el orden total en dichos cuerpos y entidades decrece si el conjunto puede considerarse (aproximadamente) aislado del resto del universo. En nuestro caso esto implica que el orden perdido por la luz solar al tornarse difusa y transferir su energía a un amplio intervalo de frecuencias más bajas, es mayor en magnitud que el orden ganado al construir la planta, de manera que resulta una pérdida neta de orden en el fenómeno global. El único ingrediente que nos falta en esta historia (y el motivo del “casi” en el primer renglón del párrafo anterior), es que la semilla resulta indispensable como iniciadora de todo el proceso, según un mecanismo cuyos detalles no son imprescindibles en nuestro argumento.

Los procesos físicos y biológicos implican flujos de materia y de energía, los cuales sólo pueden ocurrir cuando los cuerpos involucrados contienen “gradientes”, o sea, diferencias de temperatura o de concentración de materiales entre puntos distintos de dichos cuerpos. También pueden ocurrir tales flujos cuando la radiación electromagnética presente es capaz de aumentar su grado de desorden a través de una redistribución de su energía entre las frecuencias disponibles. Por ejemplo, lo que hacemos al comer es restaurar el orden perdido al realizar trabajo mecánico y químico. El desorden neto generado al llevar a cabo dicho trabajo lo eliminamos emitiendo radiación de baja frecuencia (en forma de calor) y expulsando materiales desordenados (y fétidos) por diversos orificios del cuerpo.

Completando el cuadro

Los gradientes fundamentales para la biosfera son ambos de temperatura, e involucran al Sol y al interior de nuestro planeta, respectivamente. La temperatura en la superficie del Sol es cercana a seis mil grados centígrados, un valor que se aproxima también a la temperatura en el centro de la Tierra. El gradiente de temperatura Sol–biosfera posibilita la fotosíntesis; el gradiente subsuelo–biosfera es responsable a su vez de los afloramientos de agua caliente cargada de nutrientes, tanto en las placas continentales como en los fondos marinos. Ambos gradientes de temperatura contribuyen al movimiento cíclico de los materiales en la biosfera (ciclo del carbono, ciclo del nitrógeno, entre otros) y a la síntesis de biomasa en cantidades quizá comparables en los dos casos (Figura 3). Todo parece indicar además que la comunidad global de la biosfera contribuye también de manera fundamental a dichos ciclos.

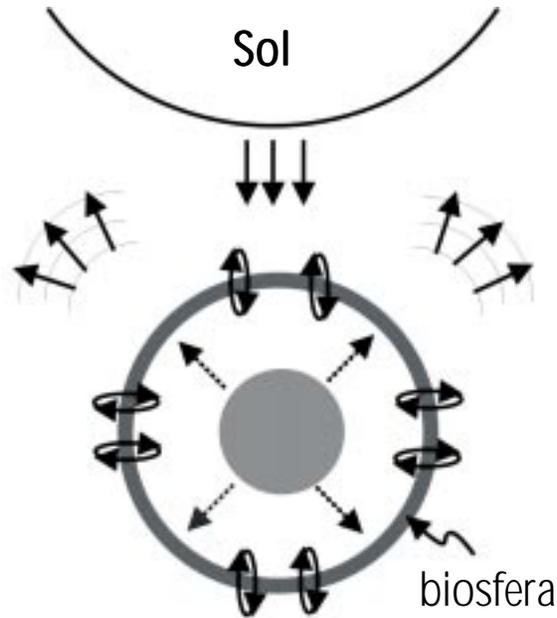


Figura 3. Flujos de materia y energía en la biosfera (diagrama esquemático). La temperatura promedio en la biosfera es de catorce grados centígrados; el disco sombreado es el núcleo terrestre, con una temperatura del orden de seis mil grados centígrados. Las diferencias de temperatura Sol-biosfera y núcleo-biosfera mantienen los grandes flujos cíclicos de materia indicados con pequeñas elipses (ciclo del carbono, ciclo del oxígeno, etcétera). Las flechas sólidas muestran flujos de radiación (relacionados con la fotosíntesis); las punteadas denotan flujo de calor del interior de la Tierra hacia la superficie (utilizado en la generación de biomasa tanto en el subsuelo como en los afloramientos de aguas termales ricas en nutrientes, en los lechos oceánicos). No se conoce aún con precisión la cantidad de biomasa que se produce por unidad de tiempo en el subsuelo y en los lechos marinos, pero hay indicaciones de que es comparable con la velocidad global de generación de biomasa por fotosíntesis.

El gran basurero

Una de las imágenes más preciadas de mi niñez consiste en unas chozas de palma y de zacate en una rancharía de Los Tuxtlas, al sur del estado de Veracruz, iluminadas por el Sol naciente y coronadas por columnas de humo, con su ofrenda de calor y aroma de tortillas recién hechas elevándose a los cielos, en el intento diario de agradar a unos dioses indiferentes y caprichosos.

Las chozas de palma ya no existen, ni su claro en la selva, ni la selva misma. Y aunque aquella realidad se hubiera detenido en el tiempo, no podría gozarla con el candor de antaño. La luz de la ciencia no se aplaude con el mismo entusiasmo en todos los rincones, y hay que admitir que no es bienvenida en ciertos reductos de la inocencia, donde “cualquiera tiempo pasado fue mejor”, según la copla suprema de Jorge Manrique.

Pérdida de inocencia

Resulta que ahora, tras gozar por un instante la imagen bucólica de la niñez, debo borrarla al punto. De lo contrario acabaría interpretándola. Comenzaría con el pésimo reparto de la riqueza, que eterniza un folclore de raquitismo, tétanos, disentería y bronquitis, encapsulado por generaciones en las chozas de palma y zacate. Proseguiría con los latifundios circundantes, y no dejaría un icono en pie con mi lógica de plomada. Transcurrido el incendio interior, arribaría por fin a los estratos profundos del asunto.

El humo tibio y perfumado transporta dos clases de basura: térmica y química. El montículo que complementa cada choza contiene materiales considerados inútiles y arrojados por encima del hombro, para sumarse eventualmente a su colina de atracción. El rincón secreto del matorral más cercano también tiene su historia de moscas y escarabajos, que crece con cada visita furtiva de los habitantes de la choza. La vaca que completa el cuadro contribuye al mismo flujo con el “pay” de cada día, y el puerco y los perros se suman también, con su propia repostería.

¿Cuál es el destino manifiesto de la basura que genera cada choza? A largo plazo existen tan sólo dos depósitos: la atmósfera y el mar. Puede uno acelerar el ritmo del proceso incinerando la basura, o retardarlo enterrando a sus muertos en ataúdes de bronce resguardados en catedrales para su descanso “eterno”, con la bendición papal y todo lo demás; sin embargo, tarde o temprano la erosión transportará al ataúd y su ocupante, catedral y todo, hasta el estero más cercano.

Extrapolar de una choza a toda la biosfera no requiere un gran golpe de audacia intelectual. Todos los procesos biológicos involucran en algún punto el

ordenamiento de materiales, para producir proteínas, edificios, computadoras, periódicos, etcétera. Este ordenamiento debe pagarse con una cantidad aún mayor de energía electromagnética y materiales desordenados en el proceso. La energía electromagnética desordenada, que se concentra en sus frecuencias bajas, se expulsa eventualmente hacia el espacio exterior, calentando los cuerpos que toca durante su tránsito por los mares, la tierra y la atmósfera. Los materiales desordenados recorren un trayecto más complicado.

La biomasa generada a partir del bióxido de carbono atmosférico inicia con la fotosíntesis su recorrido en la biosfera, y describe varios ciclos hindúes de muerte y reencarnación, de maíz a persona, a gusano y mariposa, a hongos, termitas y bacterias, desprendiendo metano y otros perfumes y devolviendo bióxido de carbono en cada eslabón del proceso. El hierro, fósforo, zinc y demás minerales vuelven directamente a la tierra con los restos de los animales y plantas que los albergaban, o con la lluvia, y alcanzan finalmente el mar por erosión, completando su ciclo millones de años más tarde, a través de erupciones volcánicas y procesos aún más lentos asociados con la evolución de los fondos marinos y las placas continentales (la “deriva de placas tectónicas”).

¿Qué es la basura?

La condición de basura no es intrínseca, sino que depende del contexto. El calor de baja temperatura (“basura” térmica) que los nórdicos y sureños de latitudes elevadas detestan en el verano, se torna en bendición durante el invierno. El “pay” de vaca que maldice el jardinero francés, constituye para el escarabajo pelotero una oportunidad. El DDT que infamamos en nombre del águila calva y tantas especies de aves en riesgo de extinción, seguramente salvó del paludismo y los alacranes a muchos habitantes de rancherías. Por supuesto hay que realizar grandes contorsiones lógicas para imaginar un contexto biológico que prospere gracias al cianuro o al plutonio, pero la vida es tan creativa que sería insensato afirmar *a priori* que no existe.

No podemos tampoco llegar al extremo opuesto, de considerar equivalentes a todas las sustancias en la biosfera. Sin embargo, sí es posible dejar de transmutar en basura todo aquello que de pronto nos estorba. El envase del Chanel No. 5 de Marilyn Monroe era un mismo objeto antes y después de que las manos de ella lo vaciaran y para esparcir el contenido a lo largo y lo ancho de su curvatura perfecta.

El secreto está entonces en buscarle a cada tipo de basura un contexto donde represente un recurso. Las botellas de plástico que arruinan el rostro de Venecia cuando entra la marea, por no mencionar las que han invadido tantas playas y esteros mexicanos, mejoran considerablemente su aspecto al ingresar comprimidas en pacas a una fábrica de plásticos. Los desperdicios orgánicos de la cocina elevan su estatus al transmutarse en composta y después en gardenias.

Reciclarse o morir

El reciclaje de la basura (sinónimo de cambio de contexto en nuestro argumento), ha sido practicado por la naturaleza viva desde siempre, dentro del proceso global de reciclaje de materiales. El chacal que se roba un cachorro de león es devorado por un león adulto. El maíz crece mejor en los panteones. Sin embargo, la naturaleza es incapaz de proveer todas las lecciones necesarias. Hemos introducido en el ambiente tal cantidad de novedades químicas, electromagnéticas, radiactivas, etcétera, que el estado viviente no ha tenido tiempo suficiente para aprender a aprovecharlas, o al menos a convivir con ellas. La emergencia de plásticos biodegradables (o sea, susceptibles de ser afectados por sustancias y procesos biológicos), señala un primer impulso en la dirección correcta. Otro concepto prometedor es el de los compuestos diseñados con un tiempo de existencia limitado, más allá del cual su estructura química se desintegra, produciendo sustancias biológicamente inocuas o biodegradables. En el caso de los desechos radiactivos generados por reactores nucleares, las estrategias propuestas de aislamiento (enterrarlos en el patio o país vecino, o enviarlos al espacio exterior), han sido poco creativas, y la papa caliente sigue creciendo en las manos enguantadas de muchos de los gobernantes que marcan el ritmo político del planeta.

La capacidad de reciclaje en la biosfera es tan grande, que concluimos desde nuestro inicio como especie que era infinita. Durante tres siglos, los mares han estado recibiendo y procesando los desechos generados por la Revolución Industrial, sin un colapso generalizado en su productividad global. Resulta aún posible sumergirse en la bahía de Acapulco y sobrevivir el trance, con ayuda quizá de un poco de suerte y algunas plegarias.

El viaje por tierra de Nueva Delhi a la ciudad de Agra (donde se halla el Taj Mahal), no está exento de sorpresas y enseñanzas. El tren rápido parte a las seis de la mañana, y la alborada revela que al pie de cada arbusto y chaparral en el trayecto, hay al menos una persona en cuclillas incrementando el nivel del terreno. La escena se repite durante horas, hasta donde alcanza la vista, y un somero cálculo indica que son millones las plantas y los matorrales involucrados. El cuadro se ha renovado diariamente con escasa variación, durante milenios, sin aumento aparente en el grosor local de la corteza terrestre, suministrando un ejemplo más del poder de reciclaje de la biosfera.

Nueva York se deshace de su basura sólida colocándola en barcasas y arrojándola al mar. Muchas otras ciudades y poblaciones construyen montañas artificiales con sus desperdicios, o simplemente los ignoran. Con todo, algunos programas de reciclaje de basura son alentadores. En Seattle, por ejemplo, reciclan casi la mitad de la basura producida. En ciertas ciudades suizas y escandinavas las cifras no son muy distintas. El mecanismo en todas ellas consiste en una labor de

convencimiento de la población, complementada con reglamentos claros y multas individuales que alcanzan los quinientos dólares en un segundo paso en falso. Podemos contrastar esta situación con el programa de separación y reciclaje de basura en Morelia, Michoacán. Se inició hace cerca de tres décadas, colocando grupos de tres contenedores metálicos etiquetados en puntos estratégicos de la ciudad, donde los vecinos vaciaban sus desperdicios separándolos en “vidrios y metales”, “plásticos” y “basura”. El impulso inicial se mantuvo durante un ciclo de la autoridad municipal, y decayó gradualmente después, hasta esfumarse. Los últimos contenedores en desaparecer fueron aquellos colocados junto a escuelas “activas” y otros centros adelantados a su tiempo y circunstancia social.

Basura térmica

Buena parte de la basura térmica (en forma de radiación electromagnética y vapores calientes) se lanza directamente a la atmósfera, a través del escape de motores y en las torres de enfriamiento de muchas industrias. Esto modifica el clima porque cambia la composición química de la atmósfera, retardando la emisión de radiación térmica hacia el espacio exterior, creando con ello el famoso efecto invernadero.

Una fracción del desperdicio térmico se arroja a los ríos, lagos y mares, en forma de agua caliente que proviene de ciclos de enfriamiento, como el del reactor nuclear en Laguna Verde, en el Golfo de México. Aunque los cambios de temperatura resultantes no son numéricamente espectaculares, una elevación permanente de uno o dos grados centígrados resulta catastrófica para innumerables especies acuáticas. Esto ha convertido al método simplista de “enfriar con agua” en el foco de una intensa disputa en la historia de la conservación ecológica.

En resumen, una lección amarga de nuestra generación es que la atmósfera y los mares no son ilimitados como depósitos térmicos y químicos. Las consecuencias biológicas de su finitud empiezan apenas a vislumbrarse, y serán sin duda extraordinarias. Confrontarlas con alguna probabilidad de éxito requerirá un verdadero salto en nuestra comprensión científica del mundo y en nuestra herramienta ética para relacionarnos con él. Será una indigestión de ciencia, un festín bajo el árbol del bien y del mal que volverá imposible en el futuro destilar felicidad del cuadro de unas chozas de palma y zacate en un claro de la sierra de Los Tuxtlas, coronadas por columnas de humo que transportan al cielo el aroma y la santidad del pan de maíz. Como siempre, el coplero Manrique tenía razón.

Ecología cósmica

“¡La tierra es inteligente!”, exclamó Pitágoras hace 2 mil 500 años, y seguramente no fue el primero en concluir que la vida trasciende nuestro contexto cotidiano. Milenios antes que él, los sumerios colocaron dioses en el Sol, la Luna y las constelaciones, y aun a ellos se les adelantaron los magos de las cavernas neolíticas y quizá también los inventores de horóscopos. En este ensayo exploraremos los tipos de habitantes con que nuestra especie ha poblado el cosmos.

Transmigración

¿Cuáles son las fronteras de nuestro ecosistema? Seguramente los cascarones esféricos imaginarios 10 kilómetros arriba y 10 debajo de la superficie terrestre no representan el límite. Por ejemplo, hay semillas de orquídeas girando en la estratosfera en forma permanente, y es casi seguro que exista una gran cantidad de bacterias en la atmósfera que alcanzan alturas mucho mayores. En la otra dirección, las excavaciones de pozos experimentales profundos han detectado bacterias y materia orgánica a varios kilómetros de profundidad, por lo que resulta natural conjeturar que se hallará vida bajo los fondos marinos más profundos.

Los campeones en la labor de extensión de nuestro ecosistema son sin duda los hindúes. Su visión cosmológica es la de un universo oscilante entre extremos de orden y desorden. Cuando el cosmos entra en una etapa de ordenamiento, la materia se organiza a partir del caos en partes cada vez más estructuradas, generando sobre la marcha a los seres vivos y regenerando a los dioses. Edificamos entonces ciudades y reinos y otras construcciones complejas que mantienen su armonía a través de leyes apropiadas. Cuando llega a su fin este proceso ascendente, la diosa Kali inicia su temida danza de la destrucción y el universo recorre la misma trayectoria en sentido opuesto, hasta quedar reducido a una masa caótica de componentes minúsculos.

Esta percepción del mundo no le otorga a la vida terrestre un lugar especial, dada la envergadura del drama cósmico. Desde la perspectiva hindú, nuestro ecosistema es entonces el universo entero. Esta visión unitaria se refleja también en el concepto de transmigración: las almas de todos los seres vivientes constituyen el único aspecto permanente en la oscilación cósmica y transmigran de un ser a otro en el proceso de muerte y reencarnación, subiendo o bajando en el árbol genealógico y reencarnando como hormigas o como santos, según el balance de méritos y defectos del ente muerto.

La Biblia no concibe más vida que la terrestre para los seres creados en los seis días del génesis. Sin embargo, coloca en los cielos a Dios y a los ángeles buenos, y llena los abismos con demonios y ángeles caídos. La concepción pitagórica no es muy distinta, pues coloca al ecosistema humano en la esfera cósmica inferior

y puebla con almas y dioses las demás. La visión medieval concebía nuestro ecosistema dentro de una esfera sublunar, donde existen la muerte y la imperfección, en contraste con el ámbito supralunar, sitio de los inmortales y de la perfección matemática.

Panspermia

La extensión del ecosistema terrestre al cielo no es sólo metafórica, pues en un sentido práctico supone, además, que nuestra supervivencia depende en buena medida de invocaciones y conjuros del poder extraterrestre, que suministra sus dones y castigos a través de horóscopos y revelaciones. Esta visión del ecosistema extendido es la vigente en nuestra época, al menos para una amplia fracción de la cultura asociada con la tradición judeo cristiana.

¿Cuál es la actitud científica sobre el asunto? Según la propuesta darwiniana, la vida terrestre proviene de un ancestro común que vivió hace más de 1000 millones de años. Tal organismo habría sido el resultado de un largo proceso de evolución química. Por extraña coincidencia, el mismo año en que fue publicado *El origen de las especies* (1859), Pasteur mostró que no podían obtenerse entes vivos a partir de un "caldo de cultivo" esterilizado por medio de calor y concluyó, a partir de ello, que "la vida siempre proviene de la vida", o sea, que un ser viviente no puede generarse por un proceso puramente químico. Esta posición de Pasteur lo llevó a reaccionar con escepticismo ante la propuesta darwiniana.

A inicios del siglo pasado el físico y químico sueco Svante Arrhenius propuso que la vida es un fenómeno universal y que arribó a la tierra proveniente del espacio. Llamó panspermia a esta propuesta de propagación de la vida.

Durante los años setenta del siglo pasado el astrofísico inglés Fred Hoyle y un ayudante suyo estudiaron la composición de las nubes de polvo interestelar, a través de su perfil de absorción de la radiación electromagnética que las atraviesa. Después de intentar infructuosamente durante varios años diversos ajustes a la curva experimental de absorción, suponiendo la presencia en las nubes de silicatos y otros polvos inertes, obtuvieron ajustes casi perfectos bajo la hipótesis de que dichas nubes estaban formadas por bacterias parcialmente disecadas (o sea, en forma de esporas). Propusieron entonces que las esporas son ubicuas en el universo y que las bacterias en las nubes interestelares originaron la vida terrestre por colonización.

Más adelante sometieron esporas de bacterias terrestres a condiciones severas de radiación y bajas temperaturas y cuantificaron su grado de viabilidad tras diversos periodos de "tortura" de este tipo. Extrapolando sus resultados a los flujos de radiación en el espacio interestelar e intergaláctico (considerablemente más moderados), propusieron que la duración de sus experimentos en el laboratorio equivalía a tiempos de viabilidad de cientos de miles y aun de millones de años bajo las condiciones típicas en el espacio sideral.

Encuentros cercanos

Los resultados y propuestas de Hoyle y su colaborador legitimaron la búsqueda de vida en el espacio, ya sea enviando señales desde la Tierra (en la forma de haces de radiación electromagnética y de vehículos como las sondas espaciales Pioneer 1, lanzada en 1972, y Voyager 1, lanzada en 1977), o rastreando por medio de antenas apropiadas radiaciones sistemáticas (no azarosas) incidentes sobre la Tierra desde el espacio exterior. Con otros vehículos espaciales se han buscado vestigios de vida en Marte, Venus, algunas lunas de Júpiter y Saturno, y, recientemente, en asteroides y cometas.

La indagación de vida no es simple, pues requiere una definición correcta del estado viviente. La evidencia de Hoyle y su ayudante se basa sólo en el tamaño y estructura semitransparente de las partículas de polvo cósmico. Para llegar a un veredicto confiable se necesita información más definida. Esto se cumple también para los meteoritos que se analizan en el laboratorio, pues son contaminados muy pronto por la vida terrestre.

Por iniciativa del astrónomo Carl Sagan se colocó en la sonda espacial Pioneer 1 una pequeña placa con las siluetas desnudas de un hombre y de una mujer, junto a una de la nave. En el Voyager 1 se incluyó un disco de oro en el que se grabaron —con la tecnología de esa época— voces, imágenes y sonidos terrestres con saludos en muchas lenguas y el canto de aves y ballenas. En la cubierta protectora del disco se inscribieron instrucciones para tocarlo.

Las sondas que descendieron en Marte rastrearon (más allá del evento improbable de que un marciano se asomara a la lente de la cámara fotográfica), evidencia química de vida examinando el suelo circundante y la atmósfera, contrastando su mezcla de gases con la esperada en un ambiente químicamente en equilibrio y, por lo tanto, biológicamente inerte.

La búsqueda activa de vida inteligente incluye la emisión con antenas poderosas de ondas electromagnéticas, moduladas en intensidad y frecuencia, de manera que sobresalgan en el contexto electromagnético típico del espacio. Bajo la misma lógica, una estrategia pasiva consiste en rastrear, dentro de la maraña de ondas electromagnéticas provenientes del cosmos, patrones sistemáticos de amplitud y frecuencia que resalten sobre el “ruido de fondo”. Las señales se detectan con grandes antenas en observatorios astronómicos y aquellas potencialmente promisorias se registran, para ser analizadas con computadoras en busca de patrones interesantes.

Darwinismo cósmico

Si existe vida en el resto del cosmos, es muy probable que esté sujeta en alguna medida a la selección natural. Esto le añade un ingrediente de peligro a nuestra búsqueda, pues otras formas de vida podrían codiciar el ecosistema terrestre.

Esta posibilidad ha sido explorada en novelas y películas. Al finalizar la Primera Guerra Mundial, el novelista inglés H. G. Wells escribió su obra *La guerra de los mundos*, en la que explora un escenario de cooperación entre las potencias terrestres para enfrentar un enemigo común proveniente del espacio.

Se ha examinado además la posibilidad de que los habitantes del ecosistema universal tengan secretamente una relación cotidiana con nosotros, en películas como *Los hombres de negro* y en series televisivas como *Los expedientes X*. También se ha buscado la huella de extraterrestres en aquellos rastros humanos que se antojan superlativos como las pirámides de Egipto, las figuras gigantescas trazadas en el Valle de Nazca en Perú, las ruinas de Stonehenge en Inglaterra, etcétera.

Otra posibilidad inquietante es que estemos sujetos a una lluvia intermitente de bacterias provenientes del espacio exterior que explicarían, según varios investigadores, la emergencia súbita de algunas de las peores epidemias de la historia. El astrofísico Hoyle sugirió que la explosión de diversidad biológica a partir del periodo Cámbrico, que tuvo lugar hace cerca de 600 millones de años, y la evolución biológica subsecuente, provienen de un influjo bacteriano de este tipo.

Búsqueda

La concepción de un ecosistema universal ha cobrado gradualmente respetabilidad durante el pasado medio siglo, especialmente por la contribución de científicos como Fred Hoyle y de personajes como Carl Sagan. Las agencias que financian proyectos de investigación muestran cierta apertura hacia propuestas del género, y los principales observatorios astronómicos del mundo destinan parte de su tiempo de observación al registro y el análisis de radiación electromagnética, en busca de señales contenidas en ellas. Esta monitorización se ha extendido a todos los voluntarios que deseen contribuir al proyecto analizando datos electromagnéticos con sus computadoras. El domicilio electrónico para registrarse como voluntario y recibir datos y herramientas de análisis es: SETI@Home.

¿Qué ha buscado desde siempre nuestra especie más allá de su entorno terrestre? Una motivación práctica es que nuestro "patio trasero", el espacio circundante, es tan inmenso que simplemente no puede ignorarse, pues constituye una fuente potencial de oportunidades y peligros.

Empero, esta razón práctica de exploración es quizá el resultado de una razón pura, que nace de un sentimiento de soledad existencial ante la vastedad del cosmos, y ante el carácter impersonal e implacable del mecanismo de selección natural.

La indagación no será simple. Aun el inocente mensaje de Carl Sagan en la sonda Pioneer 1 provocó protestas en varias partes del mundo, porque sus siluetas humanas incluían los genitales. Algún periódico publicó las siluetas cubriendo su "impudicia", y otro más acusó a Sagan de desperdiciar recursos públicos enviando "obscenidades" al espacio.

Ecología divina

“Hay más cosas en el cielo y en la tierra [...] de las que sueñan en tu filosofía”, le dice Hamlet a su amigo Horacio con un dejo teatral (literalmente). En realidad no se requiere la autoridad de Shakespeare para convencernos de ello, como veremos a continuación.

Muchos de los habitantes del cielo y del abismo (y de otros sitios que habrían sorprendido al mismo Shakespeare) son tomados en serio por la mayoría de las personas. Por ello restringiremos nuestro censo a aquellos casos en los que resulte posible identificar sin dificultad los tres componentes de un ecosistema darwiniano: un ambiente, sus habitantes y el filtro de selección que deben superar continuamente para prolongar su existencia.

Grosso modo, el ecosistema total incorpora a todo el cosmos “y más allá”, como diría un popular cosmonauta de película. Sus habitantes incluyen a los que ocupan la biosfera y a los que pueblan el cielo (en su concepción cósmica); en el pasado se colocaban también residentes en el subsuelo, como en los casos del Tártaro y el Hades griegos y del Niflheim vikingo.

En realidad, como muchos de los habitantes extraterrestres no cumplen las leyes de la física, debemos suponer que ocupan un universo paralelo al nuestro y tomar en serio al “más allá”. De hecho, según una tradición esotérica egipcia (la tradición hermética o de Hermes Trismegistus), el cosmos es un sueño de la divinidad, de modo que no resulta sencillo precisar su ubicación.

Jerarquía

Este gran ecosistema extendido está jerarquizado, aunque de una manera imperfecta, a juzgar por los perennes conflictos entre sus habitantes. En los estratos superiores se halla un dios, o varios, según la cultura que elijamos para ilustrar el concepto. En nuestro nivel se encuentran los habitantes de la biosfera tradicional (o sea, la capa terrestre que contiene seres vivos). En el subsuelo profundo tradicionalmente se han colocado habitantes considerados dañinos para nuestra especie (demonios de varios tipos, gigantes en la mitología griega, etcétera).

En general, los habitantes de los estratos superiores de esta jerarquía son los más poderosos y se les concibe omnipotentes en muchas religiones, aunque siempre resulta difícil caracterizar su omnipotencia con ejemplos libres de contradicción. Los seres del subsuelo profundo se identifican también como muy poderosos —al grado de mantener una condición de rebeldía en relación con sus contrapartes de los estratos superiores—, y los más débiles son los habitantes de la biosfera, entre quienes sobresalimos nosotros como botín o pera de boxeo de nuestros “hermanos mayores”.

Comunicación

El ecosistema extendido adquiere cohesión a través de eventos recurrentes de comunicación e interferencia entre los habitantes de sus diversos estratos. Su comunicación con la biosfera se logra por medio de emisarios (ángeles, dioses menores, demonios, etcétera) pues, en general, la potencia de las deidades superiores se considera excesiva para los humanos y demás habitantes de la biosfera, lo cual imposibilita el contacto directo.

Los humanos, a su vez, son capaces de comunicarse con los niveles extraterrestres por medio de señales de humo (en los altares), y de actos rituales que incluyen alabanzas y plegarias, sin faltar sacrificios sangrientos o imitaciones simbólicas de ellos.

Comunidad griega

Cada cultura ha creado su propia comunidad para poblar el ecosistema extendido. La comunidad griega de la antigüedad colocó en el Monte Olimpo a sus dioses cimeros, con Zeus a la cabeza. Los habitantes del Olimpo estaban organizados como una gran familia, indistinguible de una familia terrestre típica en sus aspiraciones, triunfos y desencantos, por no mencionar sus conflictos, amoríos e infidelidades.

Los gigantes, que eran dioses vencidos por la hueste olímpica, habían sido confinados en un abismo subterráneo, el Tártaro, y las almas de los difuntos humanos tenían como destino Hades, un sitio lóbrego y poco amigable en algún otro nivel del subsuelo.

Los dioses griegos no hallaban nada extraño en comunicarse con los humanos directamente y esto condujo (al menos en las leyendas) a una situación de promiscuidad. Zeus tenía una afición desmedida por las mujeres hermosas y sedujo a muchas, llegando a violarlas cuando ofrecían resistencia. Hércules, Aquiles y buena parte de los demás héroes míticos eran seres híbridos concebidos por dioses con mujeres atractivas, o por diosas con hombres destacados.

Los humanos tenían asociado además un espíritu individual o alma, que se refugiaba en el Hades al morir su contraparte material, desintegrándose eventualmente según algunas versiones mitológicas.

Comunidad bíblica

El dios bíblico seguramente se habría escandalizado con las escapadas nocturnas de Zeus por las alcobas humanas. En el *Génesis* todavía habla directamente con Adán y Eva en el Jardín del Edén, pero más adelante se comunica con los descendientes de ellos sólo a través de emisarios o ángeles, cuya naturaleza no resulta suficientemente

clara en *La Biblia*. Inclusive Moisés debe ajustarse a este trato indirecto, que lleva a Dios a manifestarse ya sea a través de un ángel o de artilugios como un matorral en llamas.

Según la interpretación vigente de *La Biblia*, los ángeles son “emanaciones” de Dios que utiliza como vehículo para transmitir sus mensajes destinados al ámbito humano. El número de ellos varía según el capítulo de *La Biblia* que se trate, pero es claro que constituyen una multitud casi incontable. Su anatomía también es un misterio, pues se ha discutido mucho, por ejemplo, si poseen un ombligo. Sin embargo, se acepta por consenso que no sudan ni parpadean.

Entre los habitantes del ecosistema extendido están también Satán, el ángel rebelde, y la gran multitud de sus partidarios. Se les asocia generalmente con el subsuelo y la oscuridad, aunque pueden habitar muchos otros nichos en la biosfera tradicional. Estos demonios, o ángeles caídos, perturban frecuentemente a los humanos y llegan a “poseerlos” de manera grotesca y en ocasiones obscena, haciendo necesario expulsarlos del cuerpo de sus víctimas por medio de exorcismos. Igual que en el caso griego los humanos tienen asociada un alma que persiste más allá de la muerte de su cuerpo material.

La omnipotencia divina es un concepto difícil de explicar y utilizar de manera consistente. Conduce fácilmente a paradojas, como la relativa a la facultad de Dios para crear cualquier cosa, incluyendo “una piedra tan grande que le resulte imposible levantarla” y acertijos del género, que les son familiares a los estudiosos de lógica y teoría matemática de conjuntos. La preocupación divina por el destino humano tampoco es fácil de reconciliar con nuestra minúscula escala. “¿Qué es el hombre, que te preocupas por él?”, le pregunta perplejo David a su dios en uno de los salmos.

Comunidad hindú

La comunidad hindú en el ecosistema extendido es la más complicada que conozco. Además de los habitantes de la biosfera incluye dioses prácticamente inefables por su nivel tan remoto del contexto humano, y vastas multitudes de seres que llenan todos los estratos imaginables entre estos dos extremos. Asimismo, varios de los dioses mayores tienen personalidades (avatares) múltiples, esto es, para muchos hindúes Krishna es el octavo avatar de Vishnú y Buda el noveno.

Para colmo, esta comunidad se enriquece constantemente con nuevos miembros. Por ejemplo, más de un gurú es venerado en vida como un dios en numerosos hogares. En un gran altar que admiré en una ciudad al sur de la India la jerarquía divina se reflejaba en el tamaño de la escultura dedicada a cada personaje. Shiva era enorme, Ganesha un poco menor y así sucesivamente, hasta llegar a esculturas de unos diez centímetros de altura, entre las cuales descubrí a Gandhi. En

otro altar también hallé a Gandhi, y entre las figuras más pequeñas que la suya reconocí por su gorro de dos picos a Nehru. Supongo que de seguir así dentro de algunos siglos ambos se habrán convertido en deidades “de media tabla” en los altares correspondientes.

En el sistema hindú no solamente los humanos tienen asociada un alma, sino que lo mismo se cumple para todos los demás habitantes de la biosfera y del cosmos, incluyendo a los dioses.

Evolución

Según el esquema darwiniano las comunidades evolucionan por selección natural, a través del filtro que representa el ambiente para todos sus habitantes, permitiendo la supervivencia y reproducción tan sólo de los individuos mejor adaptados.

En el ecosistema griego los dioses son inmortales; los humanos y los semidioses (hijos de humano y dios) son perecederos, al menos en su aspecto material, pues sus almas persisten eternamente en Hades de acuerdo con la versión predominante.

En el ámbito bíblico, el único estrato mortal es el nuestro. Existe además un doble filtro de carácter darwiniano, uno para el cuerpo (según su interacción con el ambiente, regida por las leyes naturales, quebrantadas de vez en cuando a través de milagros) y otro para las almas, que deben confrontar eventualmente un “juicio final”, de cuyo veredicto depende que se sumen para siempre, sea al estrato divino en el cielo, sea a la hueste satánica en el infierno.

El ecosistema hindú es más complejo, pues las almas son inmortales y transitan toda la escala de la comunidad, desde los microbios y los alacranes hasta los dioses. Este proceso de transmigración comprende dos filtros darwinianos: el primero de ellos afecta el cuerpo material y conduce a su muerte cuando la sintonía del individuo involucrado con su ambiente resulta inadecuada. El segundo filtro se le aplica al alma correspondiente, que reencarna en un cuerpo acorde con su *karma*, una especie de currículo moral que incluye un balance de sus actos en todas las vidas previas.

Moksa

Un buen currículo permite renacer como un brahmán o un dios, mientras que uno despreciable obliga al alma respectiva a renacer como un alacrán o algún otro bicho conmensurable con la mediocridad del karma involucrado. Este vaivén por la escala del mérito no es necesariamente eterno, pues un karma excelso conduce a la liberación (*moksa*) del alma correspondiente, la cual trasciende así al ciclo de transmigraciones e ingresa al nirvana, que es una condición de beatitud más que un sitio geográfico o cósmico.

Además de gobernar el tamiz espiritual, los dioses interfieren con el filtro material de manera por demás arbitraria. La guerra de Troya, por ejemplo, fue en el fondo un conflicto entre los dioses olímpicos que se hallaban divididos en su predilección, ya sea por Troya o por la hueste helénica. En las mitologías hinduista y bíblica, la interferencia divina se manifiesta en los milagros.

¿Cuál es la moraleja de este recuento? Quizá la única válida sea que, por grande que resulte la biosfera, se ve continuamente rebasada por las concepciones y las añoranzas de nuestra mente, que precisa extender su hábitat natural para otorgarle sentido a la lucha por la existencia.

Pequeño mundo

En 1967 el sociólogo estadounidense Stanley Milgrom le otorgó un sentido cuantitativo a la frase “Qué pequeño es el mundo”, que utilizamos cada vez que dos o más personas, a primera vista ajenas entre sí, resultan compartir un amigo, un sitio o una situación improbable *a priori*.

Milgrom realizó para ello un ingenioso experimento que consistió en enviar cartas por correo a centenares de personas en Estados Unidos de América (EUA), escribiendo en el sobre una dirección postal válida elegida al azar, junto con la instrucción, a quien recibiera una misiva, de remitirla a su vez y en el mismo sobre a un conocido suyo que pudiera estar más cerca del destinatario correcto. Dentro de la carta iba una nota para este último, con la petición de devolvérsela a Milgrom, quien pudo así contar el número de pasos necesarios para el tránsito de cada misiva en los casos exitosos. Su resultado fue sorprendente: aunque no hubiera en principio ninguna relación directa entre el primer eslabón de la cadena y el último, en promedio cada carta arribó a su destino después de unos seis pasos intermedios. Su conclusión fue que la cohesión de la red social que integran los habitantes del mundo es extremadamente alta.

Este resultado pronto trascendió los límites académicos y manifestó su influencia de muy diversas maneras. Alcanzaron fama obras de teatro con títulos como “A seis pasos de ti”, sobre la máxima distancia que pueden poner entre sí dos personas divorciadas. Un café neoyorquino se volvió exitoso gracias en buena medida a su nombre, “A seis pasos de Marlon Brando”, diseñado para recordarles a las mujeres susceptibles qué tan cerca se hallaban de la cama de ese artista.

Fenómenos globales

El mundo nos resulta pequeño actualmente en muchos sentidos. Aunque el viaje de Magallanes tomó tres años, enfermedades como la sífilis (proveniente con gran probabilidad de América), volvieron cotidiana la finitud del planeta desde el siglo XVI. Para los italianos era “la enfermedad francesa”; para los franceses, “la enfermedad española”; para los españoles, “la enfermedad italiana”, y así sucesivamente. En China la epidemia fue devastadora, matando quizá unos 10 millones de personas, quienes no tuvieron el consuelo de identificar al causante de su desgracia.

El imperio español y el portugués se tornaron globales en el siglo XVI, y un siglo y medio más tarde se les unió el imperio inglés. Sin embargo, el mundo aún no podía considerarse pequeño en esa época, pues las comunicaciones de un extremo a otro de tales imperios tardaban varios meses. Esto cambió radicalmente con la invención del telégrafo y del teléfono y, sobre todo, con la monitorización en “tiempo

real" que hicieron posible los satélites artificiales a partir de 1957, año del lanzamiento del Sputnik.

En 1957-1958 transcurrieron las actividades de un gran evento científico mundial, el Año Geofísico Internacional, dedicado a la identificación de fenómenos globales con las nuevas herramientas de observación y comunicación disponibles. Un resultado de esta labor fue el descubrimiento de grandes zonas del espacio circundante de nuestro planeta, con un alto contenido de partículas cargadas eléctricamente (los Cinturones de Radiación Van Allen). Se detectó además que en los lechos oceánicos existen cordilleras que circundan una gran fracción del globo, y que la Antártida contiene tanta agua, que si se fundiera completamente aumentaría el nivel de los mares en varias decenas de metros.

Fenómenos atmosféricos

Las exploraciones marítimas europeas demostraron antes del viaje de Colón que existen ciertos patrones de vientos muy extensos y estables (vientos alisios, contralisios, etcétera). Los pilotos estadounidenses que inauguraron los bombardeos de Japón durante la Segunda Guerra Mundial se sorprendieron de la rapidez con que arribaron a su destino y el bajo consumo de combustible involucrado. Habían descubierto sin proponérselo un aliado fortuito, la llamada *corriente de chorro* (*jet stream*, en inglés), un patrón muy estable de vientos a gran altura.

Las grandes tolvaneras constituyen otro fenómeno global de la atmósfera. Sus dos focos principales son el desierto del Sahara y el de Gobi, este último al noroeste de China. Las tolvaneras del Sahara cruzan el Océano Atlántico varias veces al año, depositando en las islas caribeñas y zonas aledañas de Norte y Sudamérica millones de toneladas de material. Éste incluye polvo, polen, bacterias patógenas, hongos y hasta grillos, provenientes de África. Buena parte del mismo cae al mar, modificando su composición química de manera apreciable y afectando con ello a su flora y fauna. El polvo que cae al agua alcanza eventualmente el fondo marino y se acumula en finos estratos; esto permite que muestras cilíndricas del mismo puedan transportarse a la superficie y estudiarse químicamente. Es posible además asignarle fechas a dichos estratos y arribar así a la conclusión de que hace unos cinco mil años la velocidad de acumulación de polvo en el lecho marino aumentó rápidamente en cerca de cincuenta por ciento. Esto condujo a la inferencia de que antes de esa época el Sahara tenía vegetación, y que se desertificó en un tiempo más o menos corto, incrementando con ello la cantidad de polvo disponible para las tolvaneras.

Entre los contaminantes que transportan las tolvaneras africanas se hallan ciertos pesticidas prohibidos en EUA y otros países industrializados, que sin embargo siguen vendiéndose en el Tercer Mundo. Su retorno al foco de origen por la puerta trasera le confiere cierto resabio de justicia al fenómeno.

Las tolvaneras provenientes del desierto de Gobi se mueven preferentemente hacia el este, afectando a Japón y alcanzando finalmente a Norteamérica, donde depositan gran cantidad de polvo y contaminantes. Se estima que la mitad de la contaminación por mercurio en Estados Unidos proviene de esas tolvaneras asiáticas.

La atmósfera responde también globalmente ante perturbaciones suficientemente fuertes. En 1883 hizo erupción el volcán Krakatoa en el archipiélago indonesio. El fenómeno fue explosivo y tan violento que horas más tarde se registraron en Inglaterra, al otro lado del mundo, oscilaciones periódicas de la presión barométrica, pues la atmósfera entera estaba oscilando como una gran membrana.

Fenómenos marinos

Existen corrientes marinas de gran envergadura y extremadamente estables. Una de ellas es la Corriente del Golfo, que transporta agua tibia de la zona del Golfo de México paralelamente a la costa atlántica, describiendo después un gran arco hacia el este que la lleva a las islas británicas y la región aledaña. La infusión resultante de calor y humedad determina en gran medida el verdor de Inglaterra y buena parte de Europa occidental, que en ausencia de tal corriente tendrían un clima parecido al del norte de Canadá, si nos atenemos a su latitud.

Otro patrón de movimiento marino es la corriente de Humboldt, que transporta agua fría de la Antártida paralelamente a la costa occidental de América del Sur. La baja temperatura del agua impide la formación de vapor y genera desiertos a lo largo de dicha costa, de la misma manera que una corriente de agua fría proveniente de Alaska lo hace en la península de Baja California.

Un fenómeno de alcance mundial que ha recibido gran atención en décadas recientes es El Niño, llamado así "en honor" al Niño Jesús, porque en Perú usualmente se perciben sus primeras manifestaciones en fechas cercanas a la Navidad. Este fenómeno climático modifica de manera significativa los patrones de vientos atmosféricos y corrientes marinas, y la distribución de temperaturas de la superficie marina en parte importante del Océano Pacífico. Se inicia con un alejamiento de la corriente fría de Humboldt respecto a la costa sudamericana, que provoca una elevada mortandad de fauna marina al escasear los nutrientes que transportaba dicha corriente. Sus efectos incluyen lluvias torrenciales en extensas zonas del continente americano, que coinciden con terribles sequías en África y la región del Océano Índico, y viceversa, pues el fenómeno describe una oscilación completa que tarda uno o varios años.

Corolarios ecológicos

Las consecuencias biológicas de las corrientes globales atmosféricas y marinas son fundamentales, pues determinan en un alto porcentaje el clima del planeta. Estas

corrientes sufren variaciones estacionales, más evidentes en las atmosféricas porque involucran una masa menor. La transición de un patrón de corrientes a otro provoca el “febrero loco” y otras inestabilidades periódicas del clima.

Los cambios no estacionales pueden ser duraderos. La modificación de la corriente de Humboldt asociada con El Niño puede durar años. Seguramente existen transformaciones más prolongadas que no hemos detectado aún, por la ausencia de datos históricos suficientes. Uno de los peligros potenciales asociados con el calentamiento reciente del planeta es que conduzca a la desintegración de los hielos árticos, pues la presencia del agua fría resultante podría alterar de manera drástica y quizá permanente el flujo y la geometría de la Corriente del Golfo, tan importante para el clima de Norteamérica y de Europa.

Flujos biológicos

Son numerosos los flujos biológicos de alcance continental y aun global. En la atmósfera viajan aves e insectos en sus migraciones periódicas. Estos animales frecuentemente llevan semillas viables en sus estómagos, transportándolas a grandes distancias de su origen. Semillas diminutas de ciertas orquídeas alcanzan la estratosfera y se mantienen flotando en sus corrientes durante meses o años, antes de aterrizar sin mayor daño en algún punto del planeta. Las tolvaneras transoceánicas acarrear desde microorganismos hasta saltamontes.

Los océanos son transitados frecuentemente por semillas flotantes. Este mecanismo de dispersión mereció la atención de Darwin, quien realizó numerosos experimentos para determinar el intervalo de viabilidad de semillas en el agua marina, ya sea flotando individualmente o en las ramas o intersticios de troncos. El fenómeno es importante en su teoría del origen de nuevas especies por selección natural, pues las plantas que colonizan un hábitat separado del original por un océano están genéticamente aisladas de sus progenitoras. Esto conduce a divergencias morfológicas y genéticas entre los dos tipos de plantas, hasta desembocar en la emergencia de una especie nueva, según el argumento darwiniano.

Un flujo biológico extremadamente importante para nuestra especie es el de virus y bacterias patógenas que transitan la red de relaciones humanas, viajando en avión y con frecuencia en primera clase. La epidemia de sífilis del siglo XVI recorrió la mayor parte del mundo, por la gracia y los apetitos de marineros que la esparcieron de puerto en puerto. La gran epidemia de gripe asiática de 1918 mató a unos 50 millones de personas (más que la Segunda Guerra Mundial) en todos los continentes, e infectó a la mitad de la población del planeta. El SIDA es una amenaza mundial vigente y no faltan amagos recurrentes y serios como el SARS (Síndrome de Deficiencia Respiratoria Aguda), y otros asociados con virus de nombres exóticos como ébola y marburg.

Moraleja

La ligazón física y —sobre todo— biológica de la biosfera que revelan nuestras investigaciones del pasado medio siglo seguramente es sólo una primera aproximación a su nivel efectivo de coherencia, lo que la convierte en una verdadera placenta cósmica para nosotros y nuestros compañeros de viaje, incluyendo a los quetzales y las viudas negras. Esto resulta reconfortante por un lado, al atisbar las consecuencias de más de 1000 millones de años de continuidad de la vida terrestre. Sin embargo, es evidente también que en esta increíble saga no ha habido actores ni actrices “principales”, pues los individuos y sus especies han cumplido fugazmente su papel y se han esfumado del gran teatro del mundo, dejando apenas huella de su paso en el libreto de los fósiles. Nuestra salida al escenario como especie no será diferente.

Energía nuclear

Por el pecado de otorgarles el fuego a los humanos, Prometeo fue encadenado a un risco, donde cada noche se presentaba un águila para devorarle el hígado, el cual se restituía espontáneamente durante el día, de manera que pudiera continuar el tormento.

La saña de Zeus al castigar a Prometeo da una idea de la magnitud de su trasgresión, que significaba en el fondo transferirnos un atributo de la divinidad. Por supuesto, el mismo Zeus no se mantenía demasiado distante de los hombres (y menos aún de las mujeres), como lo demuestran Hércules y los demás semidioses que dejó en sus escapadas por el mundo. Sin embargo, otorgarnos el fuego fue algo que consideró especialmente peligroso, a juzgar por la violencia de su reacción contra Prometeo.

Leña y carbón

Hasta hace unos cinco siglos prácticamente la única fuente de energía para cocinar, alumbrarnos y sobrevivir al frío y al ataque de las fieras fue la leña. Se le ha utilizado también en forma intensiva desde hace milenios en industrias como la alfarería y la metalurgia.

Desde siempre una actividad cotidiana esencial en las poblaciones rurales ha sido la recolección de leña, en zonas boscosas es una tarea sencilla, pero en lugares yermos consume una fracción considerable del tiempo y la energía de las personas.

En zonas semidesérticas como el Sahel (al sur del Sahara), por ejemplo, la búsqueda diaria de combustible en la forma de ramas, hierbas, hojas secas y aun excremento de vacas, toma usualmente varias horas de labor, sobre todo de las mujeres y los niños. Si a esto le sumamos las horas utilizadas para conseguir el agua diaria, queda poco tiempo del día para dedicarlo a las demás tareas. En las latitudes polares los habitantes queman aceites y huesos de animales.

Una manera de almacenar la leña es quemándola parcialmente para eliminar el agua que contiene. El carbón resultante es un combustible apreciado en casi todo el mundo, por su poco peso y por la mejor combustión que se obtiene del tejido leñoso, despojada de su corteza durante la carbonización.

Carbón mineral

Hacia el final de la Edad Media Europa sufrió una crisis energética que se agudizó particularmente en Inglaterra, donde una fracción considerable de los grandes bosques de antaño había sido talada en pos de leña, específicamente para calefacción.

La búsqueda de nuevas fuentes de energía condujo eventualmente a las enormes vetas de carbón en el subsuelo de esa isla, que comenzaron a explotarse aceleradamente al multiplicarse las necesidades energéticas por la emergencia de la Revolución Industrial. Actualmente el carbón mineral suministra la cuarta parte de la energía primaria que se consume en el mundo, incluyendo más de 40% de la electricidad.

Hacia el siglo XVIII, el subsuelo inglés presentaba grandes riquezas resultantes de la minería de carbón. Una fracción considerable de la población trabajaba en las minas, bajo las pésimas condiciones de higiene y seguridad que marcaron el surgimiento en gran escala del capitalismo. El precio que pagaron los ingleses por su liderazgo industrial y económico en ese siglo y en el siguiente fue enorme, en términos de contaminación ambiental, manifiesta en los cielos ciudadanos oscurecidos al mediodía por el smog y en el alto índice de muerte por enfermedades respiratorias entre la población.

El resto de Europa contaba también con importantes yacimientos de carbón, que suministraron la energía (y la contaminación atmosférica) para el despegue industrial de Alemania y de otros países. Las vetas de carbón de EUA resultaron ser muy considerables y la minería del carbón ha sido relevante en ese país durante casi tres siglos. Actualmente el principal productor y consumidor mundial de este mineral es China.

Petróleo y gas natural

Marco Polo menciona en el libro sobre sus andanzas un aceite oscuro y espeso empleado como combustible en alguna parte de Asia. Se trataba seguramente de una afloración de petróleo (literalmente, “aceite de piedra”), un combustible que empezó a utilizarse en forma industrial en EUA hacia finales del siglo XIX y se convirtió gradualmente en el principal sostén energético y químico de nuestra civilización.

El gas natural es un combustible asociado también con los campos petroleros. Su importancia económica e industrial ha crecido en décadas recientes y si esa tendencia se mantiene suplantará dentro de algunos años al petróleo como combustible principal y fuente de insumos para la petroquímica (o gasoquímica).

Energía solar

Usualmente este término evoca el uso de la radiación solar para calentar agua y producir electricidad a través de celdas. Sin embargo, casi la totalidad de la energía que utilizamos —al día de hoy— y una buena parte de los insumos de nuestra industria química son en el fondo de origen solar.

La radiación solar evapora el agua y la eleva literalmente “por las nubes”, suministrando así la energía de los ríos, que utilizamos para producir electricidad en plantas hidroeléctricas. Agita también la atmósfera y genera vientos, que aprovechamos como fuente de energía eléctrica a través de turbinas con aspas gigantescas.

Los combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural) provienen de plantas que existieron hace muchos millones de años (especialmente en el periodo Carbonífero, que duró unos 60 millones de años y terminó hace cerca de 300 millones de años). La energía química que contienen dichos combustibles fue generada entonces por fotosíntesis, a partir del flujo de radiación solar de aquella época.

Glucosa

La fotosíntesis consiste en sintetizar glucosa (un anillo de 6 átomos de carbono con átomos de hidrógeno y oxígeno a sus lados), a partir de moléculas de bióxido de carbono (CO_2) y de agua (H_2O). A través de un conjunto complicado de reacciones químicas, la molécula de agua es rota en el proceso, suministrando un protón (H^+) y un radical oxidrilo (OH^+). La molécula de CO_2 es parcialmente desintegrada a su vez, liberando oxígeno. Por supuesto este complicado proceso requiere energía, que es provista por la radiación solar, la cual inicia esta historia transfiriéndole su energía a un electrón que libera en la molécula de clorofila. El resto consiste en utilizar apropiadamente la energía resultante en el "retorno" del electrón a su nivel de origen, un proceso que involucra muchas otras reacciones químicas intermedias.

La glucosa es entonces la fuente primordial de energía química en nuestro planeta. Las plantas la almacenan en dos tipos de polímeros (cadenas de moléculas): almidones (que acumulan usualmente en sus semillas), y celulosa (que depositan en el tronco y demás partes leñosas). Moléculas muy parecidas a la glucosa (y obtenidas de ella) son almacenadas por las plantas en sus frutos (fructosa), y en sus tallos o raíces (sacarosa en el tallo de la caña de azúcar y en las raíces de la remolacha).

Los dos grandes depósitos disponibles de energía fotosintética son entonces los granos y el cuerpo (tronco) de las plantas. Los granos de maíz se utilizan para fabricar alcohol (etanol), que se usa a su vez como aditivo de la gasolina. No existen aún procesos industriales económicamente satisfactorios para producir combustibles a partir de la celulosa, pero la actividad en esa dirección es intensa, dada la magnitud de ese recurso potencial acumulado en las plantas.

Energía nuclear

La primera imagen que evoca la energía nuclear es, en el mejor de los casos, la de un reactor atómico de fisión de átomos pesados, con gigantescas chimeneas de enfriamiento y junto a un cuerpo de agua (un río o el mar), para asistir en la labor de disipación del calor que no pudo ser convertido en electricidad. La eficiencia de los mejores reactores nucleares actuales no llega a 40%, y esto implica que más de la mitad de la energía obtenida en una planta nuclear debe ser emitida hacia el ambiente. En el peor de los casos la imagen que viene a la mente ante la frase "energía nuclear" es la del hongo de una explosión atómica.

Otro avatar de este tipo de energía es la fusión de átomos ligeros que hemos logrado realizar, tan sólo de manera explosiva, en bombas de hidrógeno. Los reactores de fusión controlada proyectados hasta ahora resultan gigantescos comparados con un reactor tradicional de fisión, y sugieren peligros ambientales conmensurables con su tamaño.

Padre Sol

Desde el punto de vista energético, el Sol es un gigantesco reactor de fusión nuclear, en el que varios millones de toneladas de materia se convierten cada segundo en energía a través de un complicado conjunto de reacciones individuales cuyo efecto neto es la síntesis de un núcleo de helio a partir de cuatro protones.

Además de energía para nosotros, el Sol construye en su interior elementos químicos más pesados que el hidrógeno, entre ellos los indispensables para la vida (carbono, oxígeno, nitrógeno, fósforo, etcétera). Estos materiales serán esparcidos por el universo cuando el Sol explote más adelante en su evolución, incrementando así la base química para futuros brotes de vida en otros sitios.

Los compuestos químicos de nuestro cuerpo provienen de estrellas que completaron su ciclo evolutivo antes que el Sol, y esto nos lleva a la conclusión de que todo se lo debemos a la energía nuclear, que suministró nuestra propia sustancia por medio de la síntesis de núcleos pesados por fusión nuclear en estrellas antiguas, y nos provee además la energía que utilizamos, tanto por fotosíntesis y formación de nubes, como a través de los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) que preservan la energía solar adquirida por sus plantas precursoras hace cientos de millones de años.

Esta nueva perspectiva quizá nos ayude a comprender la severidad de Zeus al castigar a Prometeo. Cualquiera que haya sido el tipo de fuego que él les otorgó a los primeros hombres y mujeres, tenía un origen nuclear, igual que los rayos del tirano olímpico.

Especie en jaque

Según el *Popol Vuh* nosotros, los hombres y mujeres de maíz, somos fruto del tercer intento que realizaron los dioses de poblar la Tierra con seres capaces de percibir y honrar la presencia divina. Las dos versiones previas acabaron de manera catastrófica. Los primeros humanos fueron hechos de lodo pero resultaron blandos y faltos de carácter; “su boca se les iba de lado y no tenían juicio”, según la escritura sagrada. Fueron destruidos por una gran lluvia. En el segundo intento los dioses fabricaron hombres y mujeres de palo. Eran fuertes y trabajadores pero no sabían sonreír y fueron aniquilados por sus propias ollas, azadones y demás utensilios.

La Biblia narra también al menos un intento divino de acabar con nuestra especie, “para castigar sus vicios y su iniquidad”. En este caso el agente devastador fue una gran inundación, de la que se salvaron sólo Noé y su familia, más una pareja de cada especie animal (y suponemos que también al menos una semilla de cada planta, una espora de cada hongo y un ejemplar de cada bacteria).

Amenazas

Vivimos en un mundo azaroso. La evidencia geológica indica que se han extinguido en el pasado muchas más especies que las actuales. La permanencia promedio de cada especie es del orden de unos 5 millones de años (en el caso al menos de aquellas que son conspicuas por su abundancia de fósiles), un intervalo muy pequeño comparado con los 3000 millones de años de vida en la Tierra.

El ser humano no es diferente en este sentido, y a juzgar por las crisis y peligros que lo acechan actualmente, es muy probable que no complete siquiera su primer millón de años de edad (*Homo sapiens* lleva menos de doscientos mil años de existencia).

Desde arriba

Una amenaza latente y grave para la continuidad de nuestra especie y de muchas otras son los meteoritos, los cuales continuamente golpean la Tierra pues, por desgracia, nuestro planeta los atrae gravitacionalmente. La fuente principal de peligro es una gran concentración de asteroides entre las órbitas de Marte y Júpiter, que frecuentemente arroja objetos de todos los tamaños que cruzan la órbita de nuestro planeta.

Los meteoritos resultantes pueden observarse en una noche despejada y son en su mayoría minúsculos. Sin embargo, los impactos producidos por grandes objetos de este tipo (y por cometas con órbitas muy largas y excéntricas), no han sido raros en nuestro pasado geológico, a juzgar por cráteres como el del Meteoro en Arizona, de aproximadamente mil metros de diámetro y doscientos de profundidad,

producido hace cincuenta mil años por el impacto de un meteorito metálico de unos cincuenta metros de diámetro. Los grandes cráteres en la superficie de la Luna son un recordatorio diario del poder de los meteoritos.

Uno de tales objetos pudo haber contribuido decisivamente a la extinción de los dinosaurios hace unos 65 millones de años, según la evidencia disponible. El peligro de impactos de este tipo es sustancial, al grado de que uno de los mandatos oficiales de la NASA (proveniente del Congreso de EUA), es que se deben monitorizar todos los asteroides y cometas mayores de un kilómetro en extensión, con órbitas que los acerquen peligrosamente a la Tierra.

Otra posibilidad, un tanto remota pero no despreciable del todo, es que recibamos continuamente del espacio una tenue "lluvia" de virus y de bacterias patógenas, capaces de desencadenar grandes epidemias. Ciertas bacterias, en forma de esporas (o sea, protegidas por una membrana dura e impermeable creada por ellas mismas), podrían mantenerse vivas durante millones de años en el espacio sideral, de acuerdo con las pruebas de resistencia a perturbaciones térmicas y radiaciones a las que han sido sometidas en laboratorios terrestres.

Desde abajo

El peligro mayor que nos acecha desde el subsuelo son las erupciones volcánicas. Aunque el daño mecánico y térmico que provocan es usualmente de carácter local y, por lo tanto, limitado (aun contando los tsunamis que generan en ocasiones), su potencial para alterar el clima es muy grande y su ceniza podría ser capaz de bloquear parcialmente y durante meses la radiación solar en todo el mundo. También son peligrosos en este sentido los gases carbónicos y sulfurosos que inyectan a la atmósfera, tanto por la lluvia ácida que producen —ruinosa para la vida en tierras y mares—, como por el efecto invernadero, capaz de elevar en varios grados la temperatura promedio del planeta, alterando el clima de manera catastrófica para la mayoría de los ecosistemas.

En 1815 el volcán Tambora hizo erupción en el archipiélago indonesio, arrojando suficiente ceniza como para bloquear parcialmente la luz del Sol y enfriar la atmósfera a tal grado que 1816 fue un "año sin verano" en el Hemisferio Norte. La nieve invernal nunca se derritió del todo en latitudes elevadas y la estación de cultivo se redujo a la mitad, o menos, en grandes zonas del norte de EUA y de Canadá. La pérdida de cosechas resultante y la mortandad de ganado condujeron a la peor hambruna del siglo XIX.

Supervolcanes

Un peligro mayor lo constituyen los "supervolcanes", tan grandes que dejan calderas (no conos elevados) como vestigio de su violencia, y que a intervalos del orden de unos cien mil años producen erupciones gigantescas.

La mega erupción más reciente de este tipo ocurrió en la isla de Sumatra, en el archipiélago indonesio, hace cerca de setenta y cinco mil años, y arrojó casi tres mil kilómetros cúbicos de lava, ceniza y gases sulfurosos y de invernadero. Su vestigio visible es el Lago Toba, una caldera de cien kilómetros de largo por treinta de ancho. La escala de ese cataclismo puede discernirse al considerar que la erupción del Monte Santa Elena en EUA arrojó “apenas” un kilómetro cúbico de material ígneo, y que la erupción del Monte Tambora en 1815 expulsó “tan sólo” cien kilómetros cúbicos de material.

La Erupción de Toba duró unas dos semanas, pero la ceniza emitida bloqueó la luz del Sol lo suficiente como para provocar un descenso en la temperatura global de al menos tres grados centígrados, acarreado con ello una gran mortandad en todos los continentes.

Este evento mayúsculo estuvo muy cerca de provocar la extinción de nuestra especie, según se desprende de la diversidad genética anormalmente baja del genoma humano, en relación con lo que uno esperaría estadísticamente a partir de su antigüedad. Una manera de explicar esta anomalía es suponer que hubo una mortandad coincidente con el evento de Toba, la cual redujo nuestra base genética mundial a unos cuantos miles de personas, esfumándose así la diversidad genética acumulada en la fracción de la especie que murió.

Nuestra propia cosecha

Las epidemias continúan representando un riesgo muy alto para nuestra especie, incluso en esta era de los antibióticos y las vacunas. La epidemia de gripe de 1918 mató más personas que la Segunda Guerra Mundial. La mortandad asociada con la epidemia de SIDA resulta comparable con aquella calamidad en cuanto al número de muertes involucrado, y cada año tenemos amagos como el de la gripe aviar, vinculados con virus potencialmente tan peligrosos como el que provocó la catástrofe de 1918.

Por supuesto, nosotros mismos no hemos permanecido inactivos en esta labor de torear al destino. Nuestras guerras han crecido en extensión e intensidad tan aceleradamente como lo ha hecho nuestra dispersión por todo el planeta. En la actualidad, existen armas nucleares suficientes para desarticular las actividades productivas en todo el mundo y cambiar el clima por varios meses o algunos años, provocando con ello la muerte directa o indirecta de miles de millones de seres.

Calentamiento global

La muestra más reciente y conspicua de nuestro lado oscuro como especie es la producción acelerada de bióxido de carbono y otros gases de invernadero, resultado de un estilo de vida incompatible con los recursos del planeta. El problema se agrava además por nuestra incapacidad para aceptar los indicios de cambio climático y tomar acciones concertadas para revertir, aunque sea parcialmente, el proceso global de calentamiento.

Las consecuencias de una elevación de varios grados en la temperatura promedio de la Tierra son de tal envergadura que ponen en entredicho nuestro futuro como especie. Una atmósfera turbulenta y sobrecalentada modificará el patrón climático y generará huracanes y tifones tan violentos que resulta difícil compararlos con los que hemos conocido hasta ahora.

Un océano acidificado —en un periodo de algunas décadas— por el ácido carbónico y los carbonatos provenientes de un exceso de CO_2 en la atmósfera, provocará la extinción de muchas de las especies que alberga, privándonos de una fuente vital de alimento. La desaparición del hielo en el Polo Norte modificará las corrientes marinas y el clima en todos los continentes.

La letanía de peligros es larga y, desgraciadamente, muy incompleta aún, pues nuestro conocimiento de la dinámica del clima mundial es todavía rudimentario.

Extinción en perspectiva

En la gran obra teatral *Edipo Rey*, el protagonista consulta a un vidente sobre el origen de una epidemia que asolaba a su reino. *Tiresias*, el vidente, se niega inicialmente a hablar del asunto, hasta que, acorralado por Edipo le revela que la peste es un castigo de los dioses, que continuará mientras el reino no expulse al pecador que lo gobierna, quien asesinó a su padre, se casó con su madre y procreó con ella. Ante esta terrible e inesperada revelación, Edipo intenta contradecir al vidente y convoca a algunos personajes clave como testigos de su inocencia, no logrando con ello más que acelerar su caída. Al final de aquel drama se revienta los ojos con un broche para no contemplar el espectáculo de su infortunio y se exilia, guiado por una de sus hijas y dejando atrás a una esposa–madre colgando de un lazo. El ciclo de su estirpe se cierra en la siguiente generación, con fratricidios y profecías ominosas marcando la conclusión de aquel experimento infausto de la vida.

Barruntos

No es imposible que nuestra especie esté en proceso de montar su propia versión de Edipo en el gran teatro del mundo, como “soberana” de la comunidad biológica del ecosistema global. Los indicios se acumulan y apuntan en el mismo sentido: hemos pecado y nuestra iniquidad será expiada a lo largo de un drama en el que, como protagonistas, muy posiblemente perezcamos en el primer acto, sin dejar más huella que algunos ejemplares nuestros en minúsculas colonias en la Luna, Marte o alguna estación espacial, quienes se extinguirán eventualmente clausurando así nuestro ciclo darwiniano.

Los barruntos del porvenir seguramente recorren ya el escenario en forma de glaciares que se esfuman y casquetes polares que se encogen. Lo transitan con el aspecto de selvas en llamas y de mares embravecidos que incuban tormentas monstruosas, inundaciones y sequías que se suceden erráticamente. Lo hacen en forma de ríos, lagos y mares escasos de oxígeno y vida, incapaces de reciclar por más tiempo su influjo contaminante. Se materializan en reportes científicos sobre una elevación sistemática y global de la temperatura de la biosfera, que muchos personajes influyentes en el contexto mundial se obstinan en contradecir o, al menos, en ignorar. Y para colmo, nuestro Tiresias se tarda en llegar.

Perspectiva geológica

De acuerdo con los mejores modelos climáticos disponibles, el calentamiento global en curso proseguirá durante varios siglos y provocará un incremento de cinco a ocho

grados centígrados en la temperatura promedio de la biosfera. A primera vista esta cifra no se antoja extraordinaria, tomando en cuenta que, según la evidencia geológica de los pasados dos millones de años, el clima terrestre ha fluctuado cíclicamente en un rango similar de temperaturas, con una periodicidad cercana a cien mil años. Además, los ciclos largos incluyen ciclos menores del mismo tipo, con periodicidades cercanas a veinte mil años.

Esto ha acarreado oscilaciones de la biosfera, marcadas por grandes variaciones en la extensión de los casquetes polares, con tal cantidad de agua involucrada en el proceso que se generan fluctuaciones recíprocas en el nivel de los mares, del orden de un centenar de metros entre los niveles máximo y mínimo alcanzados.

Tales fluctuaciones climáticas provocan a su vez variaciones significativas en la abundancia y diversidad de las especies que componen la comunidad global, con marcados descensos de las mismas durante las épocas de mínima temperatura promedio, en parte porque una fracción importante de la superficie terrestre queda sepultada bajo los glaciares resultantes.

A largo plazo

Revisando el pasado geológico terrestre, hallamos evidencia de variaciones de temperatura más marcadas, con duraciones individuales de muchos millones de años. Estas fluctuaciones incluyen una larga época glacial que ocurrió hace cerca de 600 millones de años (en el periodo Cámbrico), y un acentuado calentamiento global hace unos 300 millones de años (en el periodo Carbonífero), con una elevación de la temperatura promedio superior a diez grados centígrados y una duración de varias decenas de millones de años.

La temperatura promedio de la biosfera ha bajado gradualmente a partir del final del Carbonífero, aunque esta tendencia esconde multitud de cambios sobrepuestos, como los ocurridos durante los pasados 2 millones de años.

En el largo periodo Carbonífero existieron enormes bosques y pantanos poblados por dinosaurios y criaturas similares, donde se gestaron por oxidación parcial de la materia orgánica los principales yacimientos de carbón y de petróleo que actualmente explotamos como fuentes de combustible.

Durante los pasados 600 millones de años se han registrado también cinco episodios en los cuales ocurrieron disminuciones significativas en la abundancia y la variedad de los seres vivos, según la evidencia suministrada por los fósiles. El más famoso y extremo evento de extinción ocurrió hace poco más de 200 millones de años, y condujo a la desaparición de la mitad de la vida marina (al menos de aquella que dejaba fósiles como vestigio), y quizá de las tres cuartas partes de la vida terrestre. Algunas de las calamidades de este tipo han sido asociadas tentativamente con impactos de meteoritos y otros fenómenos catastróficos.

La escala humana

La llamada Pequeña Edad Glacial del siglo xvii fue causada por una fluctuación en la luminosidad solar, que decreció en cerca de 1% durante esa época por razones que no conocemos, manifestándose además como una disminución notable en el número de manchas solares, constatada a partir de 1645 usando los telescopios recién perfeccionados por Galileo y otros científicos de la época.

El efecto más nocivo de estos cambios climáticos sobre la economía europea fue una sucesión de inviernos muy fríos y veranos muy húmedos, que redujeron en tres semanas (en promedio) la duración de la temporada agrícola anual.

En realidad sufrió toda Europa, pues el régimen de lluvias se tornó también errático. En el centro y el sur de España, por ejemplo, las heladas destruyeron las cosechas de trigo, uvas y aceitunas, generándose una emigración masiva hacia tierras americanas y otras partes del imperio español. En 1683 las lluvias escasearon en Andalucía, se perdieron las cosechas y el ganado tuvo que ser sacrificado, lo que condujo a la muerte por hambre de varios miles de personas. En esa época, el Támesis se congelaba frecuentemente en el invierno, y durante la cruda estación fría de 1708-1709 se congelaron también los ríos del sur de Francia, incluido el Rhone, que muy rara vez lo hace debido a su fuerte caudal; en aquella ocasión los lobos descendieron de los Alpes y merodeaban por los campos de cultivo.

Cuestión de escala

Cuando ocurrió la Pequeña Edad Glacial la población europea tenía una vía de escape natural hacia las regiones templadas y tropicales del planeta, que estaban en su mayor parte dentro de los imperios de la época: el español, el holandés, el portugués y (de manera incipiente) el inglés.

La importancia de esto puede vislumbrarse al considerar una catástrofe anterior, la de la peste bubónica, que asoló a Europa durante unos cinco años a partir de 1347, con recurrencias notables y temidas durante los siguientes tres siglos. En esa época los imperios europeos no existían todavía; por el contrario, Europa misma se hallaba asediada por ejércitos musulmanes y mongoles. Según la evidencia disponible, esta calamidad causó la muerte de un tercio de la población europea, con casos particulares de destrucción más radicales, como el de Inglaterra, donde cerca de la mitad de la población sucumbió.

Atisbo del porvenir

El enfriamiento global promedio asociado con la Pequeña Edad Glacial, muy probablemente, no llegó a un grado centígrado. La densidad de población era notablemente menor en esa época, de manera que todos los migrantes europeos que generó el evento pudieron acomodarse sin mayor esfuerzo ni oposición local en los vastos imperios europeos de aquella época.

En nuestro tiempo la población mundial es mayor (cerca a 7000 millones de personas vs. menos de mil millones durante el episodio de la peste bubónica), por lo que la mortalidad humana asociada con un aumento de temperatura de varios grados centígrados podría involucrar miles de millones de muertes, con un alto nivel de estrés para los supervivientes, aun tomando en consideración la capacidad tecnológica y científica de nuestra especie.

Por supuesto siempre habrán algunas islas de bienestar para los privilegiados, al menos cuando las condiciones ambientales no rebasen ciertos umbrales. Durante la peste bubónica muchas comunidades se extinguieron porque sus habitantes se sentaron a esperar la muerte, y perecieron, con su instinto de supervivencia quebrantado por la magnitud de la mortandad circundante. En contraste, si juzgamos con credulidad la trama del *Decamerón* de Bocaccio (1313-1375), algunos pudientes de la época se refugiaron en castillos aislados a dialogar filosóficamente y a vivir episodios eróticos.

Sin embargo, hay calamidades capaces de quebrantar cualquier espíritu. Durante la dislocación social producida por la conquista española, ante el abandono y la mortandad resultantes de la derrota, los autores del *Popol Vuh* condensaron su estado de ánimo en una frase insuperable: fue una época en la que "los zopilotes entraron en las casas". Sin embargo, esta frase maestra resultaría insuficiente para describir el impacto de una mortandad como la prevista ante un calentamiento global extremo.

Fósiles vivientes

Hace diez años un guardia forestal australiano tuvo un golpe de fortuna espectacular. Oculto entre unas montañas no muy lejanas de la ciudad de Sidney halló un cúmulo de aproximadamente cien árboles de una especie que se suponía extinta desde hace 90 millones de años, la edad de sus fósiles conocidos más recientes.

Se trata de una especie perteneciente a la familia de las araucarias, cuyos individuos alcanzan alturas de hasta cuarenta metros y viven cerca de mil años. Aunque el lugar del hallazgo se mantiene en secreto para evitar la perturbación de las decenas de miles de curiosos que convergerían sobre el sitio si se abriera al público, estos árboles se sumaron a la misión de asegurar su propia supervivencia, a través de un ingenioso esquema mercantil.

Recientemente unos trescientos retoños fueron puestos a la venta por Sotheby's, la casa de subastas más famosa del mundo. Este conjunto incluye arbustos de unos tres metros de altura provenientes de semillas de los árboles originales, que se espera vender en dos mil dólares australianos cada uno, y también arbustos de cortes directos de los originales que, según las expectativas, alcanzarán un precio cercano a cincuenta mil dólares australianos.

Pasando por alto la extraña lógica empleada para adjudicarles precios a los arbustos, no queda más que admirar la habilidad comercial de los administradores forestales que idearon tal esquema de acopio de fondos para proteger a estos fósiles vivientes, explotando en los compradores potenciales una mezcla saludable de interés biológico con vanidad. A lo que hemos llegado en cuanto a prácticas de conservación biológica en este mundo imperfecto.

Ámbar

Desgraciadamente, esta historia dista de ser típica en el lucrativo negocio de comerciar con fósiles. Un caso más cercano a la norma es el del ámbar que se colecta en Chiapas.

El ámbar, una resina fósil proveniente de secreciones de árboles que vivieron hace más de 30 millones de años, se extrae del subsuelo en la forma de nódulos irregulares y de pequeñas barras. Se presenta en una mezcla de varias tonalidades de amarillo, naranja, café y, ocasionalmente, rojo y blanco. El ámbar colorido y translúcido es el más apreciado, especialmente para fabricar joyas. También se utiliza por sus propiedades supuestamente medicinales y como amuleto.

En Chiapas existen minas de ámbar en las que laboran unos mil mineros en forma independiente, quienes obtienen entre tres y cuatro pesos por gramo de ámbar extraído, según las condiciones imperantes de oferta y demanda. Cada minero

colecta típicamente cerca de un kilo de ámbar cada mes, que equivale a unos tres o cuatro mil pesos, de los cuales debe descontar cuatrocientos que le paga como renta al dueño del terreno donde realiza su labor.

Las joyas y los objetos artísticos fabricados con ámbar alcanzan precios de miles de dólares, que no guardan ninguna proporción razonable con el costo de la materia prima. El único punto luminoso en esta penumbra del mercado libre es que el ámbar chiapaneco es uno de los pocos en los que la especie de árbol que lo produjo se logró relacionar inequívocamente con una especie resinosa que aún persiste en la misma región.

Dientes de tiburón

Los esqueletos y dientes fósiles sostienen una millonaria red comercial de envergadura mundial. Los fósiles se venden a un precio que refleja su edad y su estado de conservación. Los más apreciados por coleccionistas particulares son los de dinosaurios pequeños, lo suficiente como para estar enmarcados por una roca sedimentaria plana y del tamaño justo para darle un toque exótico a una sala opulenta. Tales obras de arte de la evolución son escasas y llegan a tener precios de varios miles de dólares.

También son populares los dientes y garras de dinosaurios que se venden por kilo. Un diente de tiranosaurio bien conservado puede alcanzar varios cientos de dólares. Las piezas más comunes son las conchas (especialmente amonitas) y los trilobites fósiles, que se venden por algunas decenas o cientos de dólares, bajo el mismo criterio de rareza y preservación.

Los dientes de tiburón son también codiciados. Se les puede hallar en las tiendas de fósiles en todos los tamaños, que van desde una escala minúscula hasta enormes dientes serrados que conservan sus detalles de origen hasta en la escala microscópica. Son tan grandes algunos de esos dientes —de unos diez centímetros de longitud, por otros tantos de anchura en la base— que causa escalofrío imaginar el tamaño y la ferocidad de sus dueños originales, hoy extintos.

Los tiburones pierden con relativa frecuencia sus dientes de la hilera más externa, y los reemplazan con la misma facilidad. Esto provoca una verdadera lluvia de dientes de tiburón sobre el lecho marino, donde algunos de ellos se fosilizan bajo condiciones favorables, iniciándose este lento proceso con la formación de nuevos sedimentos en el fondo, los cuales generan por compresión rocas sedimentarias que contienen los dientes de tiburón y muchos otros restos de organismos marinos. Los dientes se venden por gramo; uno grande y bien conservado cuesta más de cien dólares.

Algunas playas son excelentes lugares para encontrar dientes fosilizados de tiburón, y en las más productivas es común ver decenas de personas buscándolos entre la arena. La abundancia de dientes en las playas se debe a que muchas rocas

sedimentarias ricas en fósiles son erosionadas por la lluvia y las olas, desprendiéndose gradualmente los dientes fósiles de la matriz rocosa que los aprisionaba.

Fósiles mexicanos

Parte de lo que es hoy el noreste de México emergió del océano hace unos 70 millones de años y, por alguna razón, el estado de Coahuila es el más rico en fósiles en esa vasta región. La paleontología coahuilense se inició a principios del siglo pasado y durante varias décadas estuvo a cargo de científicos alemanes, quienes fueron etiquetados como espías durante las dos guerras mundiales y nunca lograron sacudirse esta denominación, que no tiene más sustento que la cercanía de Coahuila con EUA.

El Museo del Desierto de Saltillo muestra algunos de sus hallazgos, que incluyen un ejemplar completo de un gran dinosaurio, además de conchas gigantescas, trilobites de todos los tamaños y otros ejemplares.

Gambusinos

A pesar de nuestro grado de avance tecnológico y de que buena parte de la población vive encapsulada en edificios, túneles de transporte, centros comerciales y demás artilugios, en última instancia dependemos del ambiente para sobrevivir y, en buena medida, de ecosistemas pretéritos, que continúan suministrándonos elementos de supervivencia en la forma de hidrocarburos y, en escala menor, de fósiles.

Rara vez los fósiles afloran en grandes números y resultan reconocibles al ojo casual. Esto último ha sucedido en algunos sitios afortunados, que se hallan en el norte de EUA, en Canadá, en Mongolia y en la Patagonia, por nombrar los más espectaculares.

Para hallar fósiles es necesario identificar una acumulación de estratos geológicos muy antiguos, que abarquen un periodo que va de varias decenas a cientos de millones de años. Después hay que encontrar una afloración o fractura de tales estratos que muestre si contienen fósiles. Finalmente, si esta tarea de prospección resulta fructífera se inicia el periodo de búsqueda de fósiles y de separación de los mismos de su matriz rocosa. Esta labor es minuciosa y requiere de enorme paciencia y un alto grado de entrenamiento. El proceso continúa en laboratorios especializados, usualmente asociados con algún museo naturalista donde se arman los rompecabezas y se miden sus edades con métodos usualmente radiactivos.

La búsqueda de fósiles por motivos comerciales es menos cuidadosa y frecuentemente se realiza de manera furtiva. El interés monetario, el carácter penumbroso de la tarea y la falta de entrenamiento conducen al deterioro o la destrucción de ejemplares.

Fósiles vivientes

No todos los fósiles pertenecen a especies extintas. El caso más espectacular de un fósil viviente es el celecanto, un extraño y corpulento pez azul cuyos vestigios más antiguos

datan de hace unos 400 millones de años, y al que se le creía extinto desde hace cerca de 70 millones de años (por comparación, los dinosaurios aparecieron en escena hace “apenas” 200 millones de años). Vive a una profundidad promedio cercana a doscientos metros, alcanza aproximadamente dos metros de longitud y posee aletas laterales que sugieren cierta similitud con patas incipientes. De alguna manera casi incomprensible, este pez ha mantenido su forma y su identidad desde antes de que existiera vida en tierra firme. Lamentablemente se halla en peligro de extinción, lo cual ameritó un programa especial de protección a cargo del gobierno de Indonesia.

El celecanto fue descubierto en 1938, entre la captura de un pesquero inglés que operaba en los mares al este de África del Sur. La identificación fue llevada a cabo por la encargada de un minúsculo museo de historia natural en una ciudad cercana, quien revisaba periódicamente lo capturado por el barco en busca de ejemplares raros para añadirlos a la colección del museo.

Con todo, si en lugar de ver hacia las serranías abruptas y los abismos marinos mirásemos alrededor, descubriríamos muchos otros fósiles vivientes, algunos de ellos casi tan antiguos como el celecanto. Los escorpiones y las cucarachas han permanecido sin cambios mayores durante 300 millones de años; a pesar de ello, rociamos a esos animales con pesticidas. Algo similar puede decirse de las arañas, hormigas, avispas, tortugas y otros animales que tampoco nos arrancan vítores. Parfraseando a los puercos orwellianos, “todos los fósiles vivientes son iguales, pero algunos son más iguales que otros”.

Archivo genético

En la película *Jurassic Park* se recrean dinosaurios a partir del ADN extraído de su sangre, obtenida del tubo digestivo de zancudos que se habían conservado en ámbar, una resina fósil capaz de preservar moléculas y tejidos biológicos durante muchos millones de años, protegiendo a esos materiales de la oxidación. Según el argumento original, los sectores dañados o faltantes en los genomas de dinosaurios (después de todo tenían más de 100 millones de años de edad), se habían sustituido con segmentos del genoma de ranas actuales, por su supuesta cercanía con el de sus “primos” extintos.

Resucitados

La esperanza de hallar segmentos reconocibles del genoma de seres extintos es tan antigua como la ingeniería genética, quizá por extrapolación de investigaciones con muestras de ADN provenientes de momias bien preservadas.

Hace diez años se anunció el descubrimiento de segmentos de ADN en el interior de huesos de dinosaurios localizados en minas de carbón. Se les buscó a propósito en ese ambiente bajo el argumento de que las zonas pantanosas que contienen materia orgánica con alto grado de acidez (*peat bogs* en inglés), son capaces de conservar cuerpos humanos completos durante milenios con degradación mínima, según lo atestiguan los cadáveres de doncellas que fueron sacrificadas por estrangulamiento y arrojadas a humedales de este tipo hace más de dos mil años en lo que actualmente es Dinamarca. Los humedales constituyen un eslabón temprano en la cadena de eventos que desembocan en la formación de un depósito de carbón.

Aunque los autores de ese trabajo anunciaron el hallazgo en los restos fosilizados de secuencias genéticas “distintas de todas las conocidas”, gradualmente cobró fuerza la versión de que la materia orgánica que examinaron era en realidad el producto de contaminación de sus muestras, a pesar del esfuerzo por mantenerlas a salvo de bacterias y otros contaminantes de nuestro tiempo. El consenso actual es que en efecto se trata en este caso de un problema de contaminación.

Por supuesto la veracidad científica no se decide democráticamente, de modo que la búsqueda de materia orgánica reconocible en fósiles no se suspendió del todo tras la desilusión mencionada. Hace un año, paleontólogos que trabajan en un yacimiento de fósiles al norte de EUA tuvieron que quebrar el fémur fosilizado de un *Tyrannosaurus Rex* para que pudiera ser transportado en helicóptero, y tras disolver los minerales en la zona interna de fractura descubrieron tejido elástico, la

huella de vasos sanguíneos y posiblemente células individuales dentro de ellos. Nuevamente los resultados reportados son controvertidos, pero es innegable ahora que no todo está petrificado en los fósiles de algunos dinosaurios.

Abejas y bacterias

Si uno busca en fósiles material orgánico, la mejor opción para iniciar la indagación no es la de animales gigantescos como los dinosaurios, sino seres unicelulares y pequeños como las bacterias, que en su forma de esporas son capaces de sobrevivir bajo condiciones muy adversas, soportando sin daño, por ejemplo, temperaturas superiores a la de ebullición del agua.

En 1995 dos investigadores publicaron un artículo que llamó la atención en el ámbito científico. En él muestran evidencia de que lograron revivir e identificar esporas que hallaron en el tubo digestivo de una abeja fósil atrapada en ámbar durante más de 25 millones de años. Por supuesto el argumento de contaminación de la muestra con bacterias ambientales fue esgrimido nuevamente, pero sin lograr un impacto definitivo en contra de este trabajo.

Organismos correosos

Aunque el reporte mencionado sobre la restitución de bacterias de su estado de vida latente a uno normal nunca fue desmentido de manera categórica, su influencia sobre la actividad científica en el área es limitada, quizá por su alto grado de novedad o porque la hazaña original no ha sido repetida hasta la fecha. Suponiendo que dicho rescate ocurrió en realidad, esto traería consigo cambios importantes en la percepción del proceso de evolución biológica.

El tiempo promedio de duración de una especie es de unos 5 millones de años. Esta conclusión se basa en que las características de los fósiles conocidos cambian de manera apreciable en un tiempo comparable con este intervalo, indicando en forma indirecta que la especie asociada se modificó lo suficiente como para ser considerada una especie nueva.

Por supuesto, el resultado recién aludido es sólo un promedio. Sin embargo, las bacterias tienen una velocidad de mutación generalmente elevada (como lo muestra la rapidez con que las bacterias patógenas adquieren inmunidad contra los antibióticos), por lo que es de esperarse que para ellas el tiempo promedio de permanencia de una especie sea menor a 6 millones de años. Esto indicaría que no existen en la actualidad bacterias como las encontradas y reactivadas en el trabajo que nos ocupa.

El tubo digestivo de una abeja atrapada en resina fósil es un nicho poco propicio como refugio contra la extinción de una especie. Con todo, si un nicho tan raro como éste es capaz de preservar bacterias durante 25 millones de años o más, entonces se torna difícil decidir cuándo una especie microbiana está verdaderamente

extinta, pues para asegurarlo habría que demostrar que no existe ningún nicho donde su evolución se haya congelado, como en el caso de las esporas de bacterias atrapadas en ámbar por intermedio de una abeja.

Eva africana

Al construir la genealogía de los humanos actuales por medio de los genomas de personas típicas que habitan todos los continentes, la rama más antigua, en el sentido de que se extiende hasta la raíz del árbol resultante, es la correspondiente a individuos africanos. Como el estudio se realizó con segmentos del ADN provenientes de los mitocondrios (ciertos organelos celulares que se heredan por vía materna), al ancestro común del linaje humano se le llamó Eva africana.

Utilizando métodos matemáticos similares a los empleados para elaborar árboles genealógicos a partir de datos genéticos, también es posible estructurarlos teniendo como base información lingüística. Las genealogías lingüísticas confirman —en buena medida— los resultados genéticos e identifican a ciertos idiomas africanos entre los más antiguos.

Judíos y palestinos

Buena parte de *La Biblia* es el relato de una guerra de milenios entre los israelitas y los demás pobladores de la antigua Canaán, que entró a formar parte del imperio romano con el nombre de Palestina. Esta animadversión entre los habitantes de origen israelita y el resto de la población de la zona se recrudesció a partir de la creación del Estado de Israel, y ha tenido un precio de sangre enorme para ambos bandos.

Con todo, la similitud genética entre esos dos grupos humanos es grande y esto llevó a un antropólogo israelita a proponer que palestinos y judíos representan ramas provenientes de un tronco común y cercano. Según su teoría los palestinos iniciales fueron los miembros de la población que eligieron la vida de pastoreo en las montañas, mientras que los futuros israelitas prefirieron un estilo de vida de carácter más urbano.

A pesar de que la verificación (o falsificación) de las ideas de este antropólogo podría lograrse con un análisis genético estándar de las dos poblaciones, ambos grupos se opusieron a que tal experimento se llevara a cabo. La identidad de los dos pueblos depende en gran medida de su segregación mutua, y ninguno de ellos está preparado para aceptar la posibilidad de cercanía genética y de un origen cultural común, a pesar de que la ganancia en términos de paz para sus generaciones futuras sea potencialmente inmensa.

Raíces

Hace unos treinta años fue publicado en EUA el libro *Raíces* (*Roots* en inglés), donde un autor afroamericano describe las rutas y los destinos del comercio de esclavos en

el Caribe y en Norteamérica, a cargo de los llamados barcos negreros. Durante un tiempo, a partir de entonces, se puso de moda entre personas que podían costear el viaje visitar las posibles regiones de origen de sus ancestros, incluyendo en su recorrido a los encierros infames de la isla de Fernando Poo y sitios del género, donde concentraban a los prisioneros antes de embarcarlos en un viaje sin retorno hacia el continente americano.

Con la ingeniería genética actual muchos de los buscadores de sus raíces se habrían podido ahorrar el viaje y la confrontación directa con aquella terrible realidad. Habría bastado con medir su propia distancia genética de voluntarios seleccionados en las regiones más probables como centros de origen de sus antepasados.

El episodio de las bacterias viables extraídas de la abeja atrapada en ámbar le otorga cierta credibilidad a la estrategia de preservación elegida por algunas personas, basada en la congelación en nitrógeno líquido de su esperma o sus óvulos. Dada la experiencia exitosa con las bacterias mencionadas, esto tiene más sentido práctico que la apuesta de congelar sus cuerpos recién muertos o el recurso de clonación de sí mismos.

¿Quién vive?

Recientemente un equipo científico exploró una zona remota de Nueva Guinea, en el archipiélago indonesio, y descubrió en palabras de uno de los participantes en la expedición lo más cercano imaginable al paraíso del Edén. En una región montañosa de cerca de cincuenta kilómetros por lado y sin presencia humana previa hallaron rarezas tales como canguros arborícolas dorados, pertenecientes a una nueva especie, y dos especies de ave del paraíso, una que reconocieron basándose en un fragmento de piel documentada en 1825 y otra aún más espectacular, que había sido identificada previamente sólo a partir de plumas de aves muertas.

Encontraron además veinte nuevas especies de ranas, cuatro de mariposas, cinco de palmeras y muchas otras plantas que aún están en proceso de ser clasificadas. Una pareja de aves del paraíso llegó hasta el campamento científico y a la vista de todos, sin mayor recato, el macho desplegó sus alas y comenzó a cortejar a la hembra. Animales ariscos en otros ambientes se dejaban “tomar de la mano” por los exploradores.

La lista de hallazgos está lejos de agotarse, pues según la opinión de uno de los científicos de la expedición, la labor de prospección apenas comienza.

Ángeles y duendes

El descubrimiento de ecosistemas prístinos resulta sorprendente en plena era de los helicópteros y, sobre todo, de los satélites de monitorización del planeta, provistos de equipo óptico que en un día claro les permite leer el título de un periódico desplegado en la banca de un parque.

Sin embargo, las sorpresas siguen ocurriendo. Como mencionó anteriormente, hace pocos años se descubrieron en Australia árboles que se creían extintos 100 millones de años atrás, los cuales fueron identificados basándose en hojas fosilizadas de sus ancestros. Asimismo, unos exploradores anunciaron el hallazgo —al menos desde la perspectiva europea— de una gran cascada en la vertiente amazónica del Perú.

En el pasado, cuando no había telescopios y eran más potentes los apremios de la fe, nuestra especie pobló con dioses las soledades lejanas del cosmos. A cada planeta le asoció un ángel para que lo mantuviera en su sendero curvo aleteando apropiadamente. Los caminos solitarios y los rincones del hogar fueron poblados con duendes.

Marcianos

Los siglos XVIII y XIX marcan el apogeo de los naturalistas. Personajes de la talla de

Humboldt, Wallace y Darwin, entre muchos otros, recorrieron el mundo en busca de novedades biológicas y geológicas. Los frutos de esta labor fueron inmensos. Innumerables especies se documentaron por primera ocasión, sobre todo en los censos biológicos que realizaban los grandes imperios de la época. El esfuerzo se vio coronado con el descubrimiento del principio darwiniano de evolución por selección natural.

Hay que añadir, empero, que tras varios cientos de años de expediciones naturalistas y medio siglo de monitorización con satélites, nuestra mejor estimación del total de especies no bacterianas en el planeta va de los 6 millones a los 30 millones.

Sin embargo, convencidos de que no existen ángeles ni duendes y de que conocemos con precisión nuestro hábitat terrestre, nos lanzamos a la búsqueda de nuevas formas de vida en el sistema planetario, enfocando el esfuerzo en Marte y en las lunas de Júpiter y Saturno más cercanas a la Tierra en cuanto a temperatura y composición química.

El rastreo de compañía cósmica tiene raíces profundas y se ha extendido a las ondas electromagnéticas que nos llegan del espacio remoto, escudriñándolas en busca de patrones que indiquen la presencia de señales no azarosas. Esta tarea es global y cualquiera puede sumarse a ella admitiendo un programa especial en su computadora (<http://setiathome.berkeley.edu>), el cual coloca en la memoria una porción de datos astronómicos provenientes de grandes antenas espaciales y los analiza sistemáticamente en pos de tales patrones.

En nuestro cuerpo

En realidad no hay que ir tan lejos para hallar formas de vida sorprendentes, pues cerca de 10% de “nuestro” cuerpo está formado por organismos distintos de nosotros. Albergamos en la piel unos 100 millones de bacterias por centímetro cuadrado y muchas de ellas pertenecen a especies no identificadas aún. Tenemos bacterias y hongos en todos los orificios del cuerpo y en nuestro tubo digestivo alojamos varios kilos de la bacteria *Escherichia coli*. Sólo nos percatamos de tales huéspedes cuando nuestro sistema inmunológico pierde el control sobre alguno de ellos, iniciándose una infección.

Hace menos de veinte años se descubrió un minúsculo piojo que vive en el borde de nuestros párpados y en las pestañas. Somos también portadores de otros piojos diminutos que colonizan nuestros colchones y salen cada noche en busca de su alimento favorito: las escamas secas que se desprenden de la piel.

Nuestro material genético está colonizado por multitud de virus, desconocidos en su mayoría, que se reproducen (al menos en su aspecto genético) cada vez que

nuestras células duplican su genoma para dividirse. El número de estos virus puede inferirse al considerar que nuestros genes se acomodan en un centésimo del genoma, dejando 99% restante como hogar potencial de virus y otros invasores de nuestra intimidad.

La atmósfera

Además de las aves y las nubes de langostas, y de la gente que vuela en aviones, los habitantes de la atmósfera incluyen innumerables bacterias y virus que transportan las partículas de polvo que se elevan varios kilómetros con el viento. Muchas de ellas se convierten en núcleos de formación de gotas de agua y caen nuevamente a la tierra con la lluvia. Las tolvaneras gigantescas del Sahara que cruzan el Atlántico trasladan bacterias y virus, insectos y animales mayores, como el saltamontes.

Diversas semillas diminutas se elevan también a gran altura. Las de algunas orquídeas suben a la estratosfera y se mantienen flotando en ella durante años, colonizando lugares remotos en su aterrizaje y dándole la vuelta al mundo muchas veces durante el proceso.

Los mares

Nuestra ignorancia sobre quién vive en los mares es mayúscula. Fue hasta hace unas cuatro décadas que descubrimos que los fondos marinos, a varios kilómetros de profundidad, no son desiertos oscuros y fríos, sino que están poblados por comunidades complejas que se forman alrededor de vertederos geotérmicos de agua cargada de minerales y de energía químicamente utilizable. La base de estas comunidades son organismos microscópicos que pueden vivir en tales ambientes, sirviéndoles de alimento a todos los demás estratos de la comunidad.

No sabemos cuántos vertederos de este tipo existen, así que la masa combinada de las comunidades de los fondos marinos es desconocida. Sin embargo, el área total involucrada es mayor que la de todos los continentes sumados y, según algunas estimaciones, dicha masa podría ser comparable con la de todas las plantas terrestres que constituyen el depósito mayoritario de masa biológica, de acuerdo con el punto de vista tradicional.

Sin embargo, no hay que ir a los fondos marinos para confrontar nuestra ignorancia en toda su amplitud. Estamos lejos aún de saber quién vive en una gota de agua de mar. Sabemos que flotan en ella organismos componentes del plancton y algunas bacterias conocidas. Pero es muy probable que al examinar esa agua, incluso con nuestros mejores microscopios, no logremos detectar a la mayoría de las bacterias que contiene.

Esta incapacidad se debe a que la muestra que se coloca en el microscopio es muy pequeña, por lo que sólo nos permite observar a los organismos más

abundantes. La presencia de los demás debe amplificarse previamente para incrementar la probabilidad de que aparezcan en la muestra. Esta amplificación se logra en cultivos de estos organismos, los cuales deben incluir los nutrientes correctos. Desgraciadamente sólo sabemos cómo aumentar de esta manera la población de un número reducido de bacterias, que han sido estudiadas durante largo tiempo por su capacidad para producir enfermedades o por alguna otra razón práctica. Para todas las demás —que pueden ser la mayoría de ellas—, falla este método de detección.

Nuestra ignorancia es mayor en cuanto a la presencia de virus en el agua de mar. Si suponemos que hay unos cuantos virus por mililitro, el número total de ellos se vuelve cosmológico, debido al enorme volumen de los océanos. Esta posibilidad es preocupante por la gran capacidad de mutación de los virus, que podría conducir a la aparición recurrente de variedades patógenas en el reservorio marino.

El subsuelo

En relación con los habitantes microscópicos del subsuelo nuestra ignorancia es casi total. Más allá de las comunidades de bacterias que habitan en las raíces de las plantas y en su periferia, hasta cincuenta metros de profundidad, están las bacterias detectadas en estudios de contaminación de acuíferos hasta quinientos metros bajo la superficie. Asimismo se han descubierto bacterias de origen no superficial a profundidades de varios kilómetros, tanto en tierra firme como bajo los fondos marinos, en excavaciones petroleras y en pozos experimentales donde se ha puesto especial cuidado en evitar la contaminación con bacterias superficiales.

¿Cuántas bacterias hay en el subsuelo? Las excavaciones constituyen un muestreo muy limitado, pero son tan grandes el área y el volumen del subsuelo (incluyendo el marino), que extrapolando a partir de la información proveniente de los primeros quinientos metros de profundidad, resulta una masa subterránea potencialmente mayor que la biomasa total de las plantas y los animales superficiales.

¿Qué comen las bacterias soterrañas? Las sustancias requeridas en su metabolismo están disponibles en el subsuelo y la energía necesaria podrían obtenerla de átomos y moléculas de hidrógeno que continuamente se generan al romperse moléculas de agua en los poros y grietas del material rocoso, a través de reacciones químicas complicadas que involucran diversos minerales.

¿Quién vive?

La fuente última de energía utilizable para la vida en los fondos marinos profundos y en el subsuelo es el material caliente en el interior de la Tierra, que funde las rocas a partir de profundidades de unos cien kilómetros.

Este foco caliente juega el mismo papel que el Sol para la vida en la superficie terrestre, donde la reacción química fundamental consiste en la ruptura de la molécula de agua (durante la fotosíntesis, en este caso).

Pulso ecológico

Las condiciones durante la fase inicial de nuestro planeta eran poco amigables para la vida, debido a la ausencia de agua superficial y a la presencia de radiaciones de alta energía provenientes del espacio exterior (a falta de una atmósfera protectora). Esto vuelve factible que la vida se haya originado en el subsuelo, colonizando posteriormente la superficie.

Tales posibilidades, novedosas y profundas, ilustran la magnitud de nuestra ignorancia ecológica y nos indican que cada uno de nosotros sigue siendo un extraño en su hogar.

Hongos y bacterias

En una institución científica donde trabajé había varios matemáticos rusos, producto de la diáspora provocada por la desintegración de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS). Practicábamos juntos la caminata por las montañas del Eje Volcánico y cada verano ellos proponían excursiones especiales para coleccionar hongos comestibles, al parecer muy cercanos a sus hongos rusos predilectos, quizá por la similitud de los bosques del altiplano mexicano con los de Rusia, al menos desde la perspectiva de los hongos.

Lo que me parecía tan sólo una variación interesante en nuestro calendario de excursiones representaba para ellos una experiencia profunda. Durante todo el día zigzagueaban por el bosque buscando pistas invisibles para mí y celebraban ruidosamente cada uno de sus hallazgos. Al final de la jornada volvíamos cargados con mochilas y cajas llenas de hongos y al día siguiente teníamos un banquete de sopas y otros platillos rusos preparados con ellos.

Cuitlacoche

Mis amigos eran moscovitas sofisticados. Sin embargo, sus raíces primarias alcanzaban todavía el bosque de sus ancestros y permanecían robustas. Los veranos de su infancia habían transcurrido en la cabaña familiar en medio del bosque, recorriendo senderos, surcando en bote los ríos cercanos y alimentándose en buena medida con lo que colectaban, pescaban y cazaban.

Mi niñez transcurrió en rancherías rodeadas de bosque y de selva, pero mi conocimiento de aquel hábitat resultaba rudimentario en comparación con el de mis colegas rusos. De hecho, aprendí de mis coterráneos a tratar la selva como un territorio hostil, dominado por los insectos y las serpientes. Los únicos que parecían disfrutarla eran los cazadores, por razones que aún no alcanzo a comprender, pues se adentraban en ella en busca de caza mayor, tan escasa ya por aquellos tiempos que con la matanza ocasional de un venado no mejoraban gran cosa su dieta. Los únicos hongos que habían tenido una presencia (esporádica) en mi mesa eran los cuitlacoques, de manera que celebré por dentro la afición que pronto adquirieron mis colegas rusos por la sopa y los tacos de cuitlacoche.

Vitamina D

Un estudio científico mostró que si se irradian hongos recién cosechados con luz ultravioleta generan cantidades gigantescas de vitamina D. Por ejemplo, una ración típica de champiñones irradiados durante cinco minutos adquiere una carga de

vitamina D casi nueve veces mayor que el requerimiento mínimo diario de esa sustancia en nuestro organismo.

Esto es importante por varias razones. La vitamina D resulta esencial en el metabolismo del calcio y es indispensable para mantener un esqueleto sano y para menguar el riesgo de osteoporosis, de enfermedades cardiovasculares y de caída de los dientes. También reduce la incidencia de cáncer mamario, de colon y de próstata.

Los hongos se consumen usualmente porque enriquecen las ensaladas y son bajos en grasas y en carbohidratos. Se les come “por lo que no tienen”, en palabras de un productor comercial de hongos. Sin embargo, esta situación está a punto de cambiar radicalmente, si los resultados preliminares recién mencionados sobreviven un escrutinio definitivo, actualmente en curso.

Penicilina y mucho más

La maravilla bioquímica de los hongos no se limita a la fuente de vitamina D que representan. En 1928 Alexander Fleming descubrió el inmenso potencial bactericida de la secreción de un hongo microscópico del género *Penicillium*, y una década más tarde fue posible producir una forma concentrada de esa sustancia (la penicilina), de baja toxicidad para el cuerpo humano. Ese antibiótico salvó millones de vidas humanas durante la Segunda Guerra Mundial, y ha salvado incontables millones más desde entonces.

Aunque la efectividad de la penicilina está actualmente disminuida por la resistencia a su efecto que han desarrollado muchos gérmenes patógenos, otros hongos siguen suministrándonos nuevos antibióticos, tales como la estreptomina, la eritromicina y la cefalosporina.

El potencial de los hongos trasciende los antibióticos. Recientemente se descubrió que un hongo utilizado en la medicina tradicional de Asia oriental (*Phellinus linteus*), incrementa la efectividad anti cancerígena de la sustancia que se utiliza en la quimioterapia contra el cáncer de próstata, que mata cerca de doscientos mil hombres al año en todo el mundo. De comprobarse que no hay efectos colaterales inaceptables, esto permitirá reducir notablemente la dosis de dicha sustancia, disminuyendo sus efectos dañinos para el organismo.

Botulina y botox

La botulina es un buen vehículo para mostrar que el bien y el mal son sólo atributos de origen humano, sin ninguna validez intrínseca. La botulina es producto del metabolismo de una bacteria que infecta los alimentos mal manipulados. Cuando los alimentos son contaminados por dicha bacteria, producen botulismo en quien los consume, un padecimiento frecuentemente mortal que un médico alemán llamó enfermedad de la salchicha a inicios del siglo XIX. La botulina es la sustancia de

origen natural más tóxica que se conoce y bastaría una gota de ella para causarle la muerte a unas cincuenta mil personas.

Es, asimismo, una proteína neurotóxica que paraliza los músculos y conduce a la muerte al detener al músculo cardíaco y a los respiratorios. Sin embargo, se descubrió a mediados del siglo pasado que en dosis minúsculas paraliza sólo los pequeños músculos donde se le inyecta, durante un tiempo prolongado. Esto sugirió diversos usos terapéuticos y hace cerca de veinte años un oftalmólogo de EUA diseñó un tratamiento del estrabismo basado en esta propiedad. La compañía que comercializó el método le dio el nombre comercial de botox a la preparación utilizada; más adelante, a raíz de la observación previa de que durante el tratamiento ocular los músculos alrededor de los ojos en ocasiones se paralizaban también, suavizando las arrugas circundantes en el proceso, desarrolló un método de uso cosmético del botox para desvanecer arrugas.

Las arrugas faciales provienen en buena medida de la contracción involuntaria de músculos en ciertas partes álgidas, como el entrecejo, las comisuras de la boca y la zona alrededor de los ojos. Una dosis de botox conduce a la relajación del músculo inyectado durante unos cuatro meses, y durante ese tiempo las arrugas correspondientes se suavizan de manera notable. El tratamiento fue aprobado originalmente sólo para tratar las arrugas del entrecejo, con la condición de que se llevara a cabo en el consultorio de un médico especialista.

Las aplicaciones médicas aprobadas oficialmente para el botox incluyen actualmente la cura de migraña, contracciones involuntarias de los ojos, sudoración excesiva en las axilas y otras similares. Sin embargo, es tan notable y atractivo su efecto cosmético que se utiliza para atender arrugas en todos los sectores del rostro, suministrándose el tratamiento incluso en salones de belleza y en tertulias de botox (*botox parties* en inglés), abriéndose así una verdadera caja de Pandora.

Ingeniería genética

La insulina que se consume actualmente se produce en bacterias de la especie *Escherichia coli*, que han sido modificadas insertándoles los genes humanos involucrados en la generación de insulina. El producto de estas bacterias es muy superior a la insulina que se obtenía utilizando puercos como intermediarios.

Con inserciones genéticas apropiadas se ha inducido al aparato bioquímico de esas mismas bacterias a producir muchas otras sustancias de importancia médica e industrial. Por ejemplo, existen bacterias manipuladas genéticamente que sintetizan poliéster, según un procedimiento bioquímico que no involucra a los hidrocarburos.

Escherichia coli se utiliza en la mayoría de los experimentos de este tipo sólo porque es la bacteria mejor conocida científicamente, dada su cercanía con nuestra especie (habita en grandes cantidades en el intestino humano, donde contribuye

de manera fundamental a la digestión de nuestros alimentos). Nadie sabe con exactitud cuántas especies de bacterias existen, pero seguramente hay muchos millones de ellas, y esto eleva de manera casi ilimitada el potencial de la ingeniería genética para generar en el futuro sustancias útiles.

Cola loca

Hay bacterias en las rocas de los ríos que para mantenerse en su sitio se adhieren tenazmente a una superficie mojada y se someten sin tregua a la acción de la corriente y de los materiales abrasivos en suspensión. Recientemente se estudiaron las propiedades mecánicas y químicas de la sustancia generada por bacterias de este tipo, con resultados muy interesantes.

El pegamento resultó ser casi tres veces más resistente que el mejor adhesivo comercial disponible a la fecha. Está constituido en su mayor parte por azúcares, complementados quizá con algunas proteínas. Su atractivo más novedoso y prometededor es que funciona en superficies mojadas, precisamente donde los demás adhesivos conocidos se tornan inservibles.

Quizá el único defecto de esta sustancia maravillosa sea precisamente su poder adherente casi ilimitado, pues se pega con tal firmeza a los utensilios y las herramientas industriales y de laboratorio que resulta casi imposible manipularla.

El veredicto de Cantinflas

La sabiduría rusa sobre los hongos alimenticios puso de manifiesto mi propia ignorancia sobre los hongos mexicanos, a pesar de la oportunidad que seguramente me brindaron Los Tuxtlas de aprender algo sobre ellos durante mi niñez. Muchos años después me enteré de que México es muy rico en especies de hongos comestibles (más de doscientos), y de que hospeda, casi sin percatarse de ello, hongos tan notables como el *reishi*, el "hongo de la inmortalidad" según los chinos, quienes lo han utilizado durante milenios como un tónico para la longevidad, por sus múltiples propiedades alimenticias y medicinales. Alberga también al hongo blanco, muy apreciado por los japoneses por su similitud con un hongo altamente valorado en su cultura. Durante años los recolectores mexicanos obtuvieron entre dos y cuatro dólares por cada kilo de esos hongos, que se cotizaba en más de cien dólares al arribar al mercado japonés. Cara resulta la "falta de ignorancia", habría dicho Cantinflas.

Energía

Es posible que en un futuro cercano ciertas perturbaciones del sistema de producción de petróleo, como los huracanes y las guerras, eleven su precio a unos cien dólares por barril. En una primera aproximación esto es bueno para la economía mexicana, pues implica un influjo de divisas importante para el país, que los responsables de su conducción económica se encargarán seguramente de dilapidar. Pero aunque esto último no sucediera, el alza inevitable en nuestras importaciones —como resultado de un alto precio mundial de la energía— menguará o revertirá a largo plazo la ganancia inicial. Con todo, vale la pena preguntarse cuál sería el impacto en nuestro país si fuera un importador de petróleo.

Lo que haremos en esta ocasión será cuantificar la energía disponible en el mundo para mantener andando el sistema económico.

Cantidad y calidad

Un país puede balancear una deficiencia en la cantidad de energía disponible en su territorio a través de la fuerza de trabajo y la tecnología, como en el caso de Japón. Sin embargo, cuando consideramos la economía mundial en su conjunto, este balance de los excesos de unos países con las deficiencias de otros ya no es posible, y resulta necesario hacer un recuento de nuestros propios dones energéticos para vislumbrar nuestra cosecha en el reparto de cuotas económicas que se avecina.

El recuento debe realizarse sobre la cantidad de energía utilizable en nuestro propio ambiente, la cual constituye una fracción del total de la energía acumulada en dicho ambiente, o que fluye por él. En otras palabras, no todos los tipos de energía tienen la misma calidad, una característica que es determinada por la fracción máxima de energía que se puede convertir en trabajo en la biosfera, ya sea de tipo mecánico, eléctrico, químico, etcétera. Desde esta perspectiva, la energía eléctrica y la mecánica (como la del viento y los ríos) son de muy buena calidad, pues son altamente direccionales y pueden convertirse casi totalmente en trabajo. Por ejemplo, la eficiencia de conversión de energía eléctrica en mecánica que se logra a través de un motor eléctrico típico (bien lubricado) es superior a 95%.

Sin embargo, cuando la energía se convierte en calor (por combustión) en alguna parte del proceso, su calidad disminuye. En un automóvil la eficiencia de conversión de energía calorífica en trabajo mecánico es cercana a 30%; en una central termoeléctrica la eficiencia de conversión de energía calorífica en eléctrica es ligeramente mayor. El margen potencial de mejoramiento de esta eficiencia es significativo, pero está limitado por la temperatura de la atmósfera y los mares (los

receptores del calor de desperdicio generado en el proceso). La eficiencia actual de conversión de energía solar en eléctrica por medio de celdas solares es cercana a 15%, y existe un margen significativo de mejoría a través de refinamientos tecnológicos.

Los grandes números

Es tan elevada la cantidad de energía que consume un país si se le mide en las unidades usuales (joules, calorías, kilowatt-horas), que los números resultantes dificultan una apreciación justa de su magnitud e impiden comparar adecuadamente la realidad de los diversos países del mundo. Elegiremos entonces de manera arbitraria una unidad de energía a la que llamaremos simplemente Q, de forma que en dichas unidades el consumo anual de EUA sea 100 Q. La razón para ello es que los datos que utilizaremos provienen de una dependencia de ese país. En dichas unidades el consumo anual de todo el mundo es un poco mayor que 400 Q; el de China es cercano a 35 Q, el de Japón es de 22 Q, etcétera. Tomando en consideración que Egipto consume 2 Q por año y Brasil cerca de 9 Q, podemos decir con un margen de error aceptable que nuestro país utiliza 7 Q de energía por año.

Petróleo

¿Cuánto durarán las reservas mundiales de petróleo al ritmo actual de consumo per cápita? Suponiendo de manera optimista que las reservas reales de petróleo económicamente recuperable constituyen el doble de las probadas, es posible calcular la fecha aproximada en que la producción alcanzará su máximo valor, y a partir de la cual comenzará a declinar. Esa fecha depende del aumento anual en la demanda de petróleo: si se supone una demanda constante, la fecha aproximada de máxima producción sería hacia el año 2045; si se infiere un aumento anual en la demanda cercano a 1%, esta fecha se aproxima a 2035; si se calcula un incremento de 2% al año (en función del aumento de la población humana), la producción pico ocurriría hacia el año 2025.

En otras palabras, bajo estas premisas, hacia mediados de este siglo empezará a declinar la producción mundial de petróleo y esa fuente de energía será gradualmente menos relevante en la economía y en la supervivencia de la humanidad. De hecho, la máxima producción mundial per cápita de petróleo se logró en la década de los setenta del siglo pasado y ha disminuido desde entonces.

Con el gas natural la historia es similar. Las reservas mundiales estimadas se agotarán en aproximadamente setenta años; las reservas probadas (y por lo tanto las únicas seguras con la información actual) se agotarán en la mitad de ese periodo.

Carbón

La situación parece menos amenazante para el caso del carbón, al menos en lo relativo a EUA, algo que no puede generalizarse porque ese país es uno de los más

ricos en dicho mineral. Sin embargo, aún así las fechas tampoco son demasiado generosas. Suponiendo que 54% de las reservas de carbón de ese país son recuperables, éstas durarán unos doscientos cincuenta años si se piensa en una demanda invariable; sin embargo, bajo hipótesis más realistas como una tasa de crecimiento en la demanda de 1.1 % anual (al menos por el crecimiento de la población), este intervalo se reduce a ciento veinte años; si la demanda crece 2% anual las reservas se agotarán en unos ochenta años.

Estos números son válidos bajo la premisa de que el carbón producido se quema para generar energía altamente utilizable, por ejemplo en forma de electricidad. Sin embargo, si se le emplea para fabricar gasolina y otros combustibles (como se hace actualmente en países como Sudáfrica), el proceso resulta tan ineficiente que los plazos mencionados disminuyen en un tercio.

Dichas cifras esconden además el enorme impacto ambiental del carbón en relación con el gas natural y el petróleo. El uso del carbón produciría un flujo de bióxido de carbono hacia la atmósfera bastante mayor que el actual, acelerando el calentamiento global y otros problemas como el de la acidificación de los mares, lagos y ríos.

Energía nuclear

Este tipo de energía se utiliza casi exclusivamente para producir electricidad en reactores de fisión, donde el isótopo del uranio llamado uranio-235 (^{235}U) se rompe generando una gran cantidad de calor, con el que se produce vapor de agua que mueve a su vez las turbinas de generadores electromagnéticos. La eficiencia lograda en centrales nucleoelectricas es comparable con la de las mejores centrales termoeléctricas que utilizan petróleo o carbón. Las reservas mayores de uranio están en Canadá y en EUA, Australia, África y algunos países que pertenecieron a la desaparecida URSS. Las reservas de México son mínimas en esta escala.

Actualmente la industria nucleoelectrica se halla en una época difícil, debido principalmente a lo problemático que resulta deshacerse de los residuos radiactivos generados hasta la fecha, y al accidente espectacular de Chernobyl. EUA genera de este modo 8% de la electricidad que consume, y si utilizara su uranio para producir la misma cantidad de electricidad que obtiene actualmente a partir del carbón, las reservas conocidas de ese mineral se agotarían en unos cincuenta años.

El isótopo ^{235}U representa menos de 1% del uranio en su forma natural; el resto está compuesto, casi exclusivamente, por ^{238}U , que no es fisionable; sin embargo, usando reactores especiales se le puede convertir en plutonio-239 (^{239}Pu), que sí es fisionable. A través de este procedimiento, las reservas de uranio potencialmente fisionable aumentan considerablemente; la dificultad ahora es que el ^{239}Pu se utiliza también para fabricar bombas atómicas, y esto constituye un riesgo que habría que contemplar en una economía basada en este procedimiento energético.

Energía solar

El flujo de energía solar es todavía muy grande comparado con las necesidades de la población humana. La conversión de este flujo en electricidad a través de celdas solares se logra actualmente con una eficiencia cercana a 15%. Los requerimientos energéticos totales de EUA podrían ser satisfechos cubriendo con celdas solares un área cercana a 2.7% de la superficie de ese país. Para México bastaría destinar aproximadamente 1% de la superficie. Para otros países la fracción del área requerida es mayor. Alemania, por ejemplo, necesitaría comprometer 10% de su área, Japón 15% y Bélgica 24%. Tomando en cuenta la fracción de estos países que dejan libre sus ciudades y sembradíos, resulta imposible para ellos abastecerse solamente con energía solar sin realizar cambios extraordinarios en su forma de vida.

Fotosíntesis

Hasta antes de la Revolución Industrial (iniciada en el siglo XVIII), las necesidades energéticas de la humanidad se satisfacían principalmente con la biomasa generada por el Sol a través de la fotosíntesis. Se le utilizaba como alimento humano y de animales, cuya energía de trabajo era aprovechada inmediatamente; además se le quemaba para cocinar y calentar los hogares y espacios públicos.

Sin embargo, es imposible retornar a aquella edad de inocencia. En primer lugar, la población humana se multiplicó por un factor cercano a 7 desde entonces; en segundo, el proceso resulta casi cien veces menos eficiente que la producción de electricidad directa a través de celdas solares, si a la energía solar utilizada en la fotosíntesis le añadimos el insumo que representa la energía mecánica invertida en preparar la tierra para el cultivo y la energía química usada en la producción de fertilizantes y herbicidas.

Veredicto

Otras fuentes, como la energía mecánica originada por los vientos y los ríos, resultan demasiado pequeñas para satisfacer por sí solas nuestros requerimientos globales. Los dos únicos veneros suficientes y perdurables son la energía solar (convertida directamente en electricidad) y la nuclear, sobre todo si a los reactores de fisión les agregamos, como posibilidad al menos, los reactores de fusión, donde pares de núcleos de deuterio obtenido a partir del agua se fusionan en choques a alta energía, generando calor.

Pero ambas alternativas ofrecen soluciones que con la tecnología actual están lejos de ser óptimas. Por ejemplo, la enorme cantidad de calor disipado en las centrales nucleares (debido a su ineficiencia) calentaría inaceptablemente a la biosfera. Además, al considerar las celdas solares no se toma en cuenta la energía requerida

para construir cada una de ellas. Una celda solar de la actualidad tendría que funcionar más de tres años continuamente para “pagar” la cantidad de energía invertida en su propia construcción.

A partir de la Revolución Industrial trascendimos el don de Prometeo y buscamos el fuego nuevo en el subsuelo, en las alturas y en nuestro ingenio. Si con esto contrariamos la voluntad divina, parece que Prometeo ya no resultará suficiente como chivo expiatorio. Esta vez el castigo alcanzará a nuestra especie y a todas las demás.

Ecología de las radiaciones

Poco después de que Wilhelm Röntgen descubrió en 1895 la existencia de los rayos X, se ofrecieron a la venta en Inglaterra prendas íntimas femeninas a las que se les había añadido plomo suficiente para garantizar que quienes las usaran estarían a salvo de las incursiones de *voyeurs* armados con aparatos de rayos X.

Un caso trágico ocurrió años más tarde en EUA, donde una fábrica de relojes resolvió hacerlos visibles en la oscuridad, decorando sus números y manecillas con una pintura a la que se le había añadido radio, una sustancia altamente radiactiva descubierta por Madame Curie.

Las jóvenes obreras de la fábrica adoptaron la costumbre de remojar los finos pinceles que utilizaban en la punta de su lengua. El aviso sobre el terrible error que estaban cometiendo llegó años más tarde, en la forma de una alta incidencia de cáncer en la mandíbula, el estómago y otras partes de su cuerpo. Esta ruda lección condujo al uso de sustancias no radiactivas (fósforo, flúor), con el mismo propósito de leer la hora en la oscuridad.

Radiaciones

Las radiaciones electromagnéticas se propagan a la velocidad de la luz y son producidas por campos eléctricos y magnéticos cambiantes, por cargas eléctricas aceleradas y por cambios en el estado de átomos y de núcleos atómicos. Existen además partículas subatómicas (electrones, protones, etcétera), que usualmente viajan a grandes velocidades a las que tradicionalmente se les ha llamado radiaciones.

Radiación solar

Una manera de ponderar el baño de radiación al que nos vemos expuestos incluso antes de nacer, consiste en listar las radiaciones que están incidiendo en este momento sobre el lector:

Radiación solar (suponiendo que es de día y que hay alguna ventana abierta). Contiene un espectro angosto de radiaciones perceptibles por el ojo, con dos largas colas: una de baja frecuencia de onda (radiación infrarroja, microondas, ondas de radio, etcétera) y otra cuya frecuencia de onda es alta, con un componente ultravioleta considerable, al que se suma una pequeña contribución de radiación de muy alta frecuencia (radiación X, radiación gamma).

La radiación solar infrarroja, de microondas y de radio es generalmente inocua por su baja intensidad. La radiación ultravioleta es importante para la síntesis de vitamina D en la piel (indispensable en el metabolismo del calcio), pero resulta

dañina para los ojos y la piel en intensidades elevadas. Afortunadamente la atmósfera atenúa esta radiación a través de una capa rica en ozono (una forma molecular del oxígeno) en la estratosfera.

Hornos y lámparas

Las lámparas incandescentes producen una radiación que se asemeja a la del Sol en sus frecuencias visibles, pero tienen una cola de baja frecuencia más intensa. Por ello, una lámpara incandescente que ilumine con la misma intensidad que el Sol genera más calor que la radiación solar en el mismo punto, pues su componente infrarrojo, al igual que el de microondas, es fácilmente absorbido por muchos objetos, incluyendo nuestros cuerpos, los cuales se calientan en el proceso.

Las microondas son absorbidas tan eficientemente por el agua y otras moléculas similares en los materiales orgánicos, que al finalizar la Segunda Guerra Mundial algunos físicos que participaron en el desarrollo del radar adaptaron al uso doméstico los generadores de microondas construidos para fines bélicos. Nació así el horno de microondas que contribuye con una pequeña dosis (aumenta si el horno tiene grietas) a nuestro baño diario de radiación cada vez que lo utilizamos.

Se ha discutido durante varios años el posible efecto mutagénico (es decir, sobre nuestros genes) de las microondas, pues en algunos rangos de su intervalo de frecuencia generan una oscilación peculiar de la molécula de ADN, pegándola y despegándola con rapidez en diversos segmentos, como si fuese una cremallera (la molécula de ADN está compuesta de dos largas cadenas moleculares unidas lateralmente por puentes químicos un tanto débiles; éstos son los que se rompen y se rehacen sucesivamente bajo la acción de las microondas).

Alta tensión

Los cables que transportan energía eléctrica en la red pública generan ondas con una frecuencia de 60 ciclos por segundo y, durante varias décadas, se ha discutido en la literatura médica su posible efecto nocivo sobre la salud, al menos cuando están involucrados altos voltajes (en las cercanías de líneas de alta tensión y de grandes transformadores eléctricos).

De acuerdo con algunas observaciones a largo plazo, existe una elevación estadísticamente significativa de la incidencia de leucemia y otros tipos de cáncer entre las personas que viven cerca de líneas de alta tensión o de transformadores eléctricos, en relación con el resto de la población. Sin embargo, la evidencia disponible no es definitiva y persiste la discusión sobre el asunto.

Computadoras y celulares

Las computadoras generan microondas en sus circuitos; sin embargo, esas radiaciones son detenidas por el blindaje metálico de las fuentes de radiación en la máquina.

Asimismo, las computadoras que utilizan servicios inalámbricos de Internet y aquellas que se comunican en forma inalámbrica con otras computadoras y con sus impresoras, teclados y demás accesorios, lo hacen mediante microondas, en las cuales muchos nos hallamos inmersos durante varias horas cada día. Por otro lado, resulta afortunado que la mayoría de las computadoras modernas tengan pantallas de plasma o cristal líquido, pues los artefactos con cinescopio emiten cierta cantidad de rayos X.

Los teléfonos celulares emplean microondas para transmitir sus mensajes y lo mismo hacen las numerosas antenas con las que intercambian comunicación. Las intensidades de radiación involucradas en este caso son altas en relación con las usadas en los procesos domésticos y, para colmo, la fuente de radiación se halla a escasos milímetros de órganos tan sensibles como el oído, el cerebelo y el cerebro. El efecto a largo plazo de este baño de radiación que recibe nuestra especie ha generado un debate público intenso y delicado que, desgraciadamente, sólo conducirá a un veredicto irrefutable cuando se manifiesten los efectos médicos adversos que pudieran generarse en la población.

Radioactividad

Todos los objetos materiales que nos rodean contienen sustancias radiactivas con átomos inestables, que al desintegrarse producen radiación electromagnética y partículas que viajan con alta velocidad y son capaces de penetrar en los tejidos orgánicos.

Trazas de sustancias radiactivas se hallan en la comida, en el suelo, en el techo de nuestra habitación, en la mesa de trabajo, en nuestra silla y en nuestra cama, por no mencionar a nuestros seres amados y a nuestro propio cuerpo. Las radiaciones electromagnéticas y las partículas resultantes de la continua desintegración de los átomos inestables generan rupturas y otras mutaciones en nuestros genes, ya sea por colisiones directas o indirectas, a través de ciertos átomos o moléculas ionizadas que producen al romper moléculas eléctricamente neutras. Uno de los mecanismos más usuales y peligrosos de formación de estos iones mutagénicos consiste en la ruptura de la molécula de agua, generando así un átomo ionizado de hidrógeno (un protón), y un radical OH⁻ (es decir, el resto de la molécula de agua, con una carga negativa). Ambos fragmentos de la molécula son químicamente muy activos y pueden resultar mutagénicos.

¿Dónde esconderse?

Además de radiación electromagnética nos llega un enorme flujo de neutrinos proveniente del Sol. Sin embargo, es tan débil la interacción de los neutrinos con la materia que este flujo no causa problemas de salud.

Hasta el espacio de lectura de este texto arriban radiaciones provenientes de multitud de fenómenos que ocurren mucho más allá del Sol. Nos llega un flujo

importante de neutrinos y de rayos cósmicos que incluyen rayos gamma (radiación electromagnética de muy alta frecuencia), protones de alta energía y en menor cuantía núcleos de elementos químicos más pesados que el hidrógeno.

¿Dónde esconderse? Recién llegado a la universidad donde estudié mi posgrado visité con una amiga el bevatrón, un acelerador de partículas relevante históricamente porque con ese instrumento se descubrió el antiprotón, la antipartícula del protón, dotando así de credibilidad a la teoría de un universo compuesto de materia y antimateria. En el perímetro de la gran máquina descubrimos una cámara de niebla —instrumento que registra el paso de electrones, partículas alfa y otras radiaciones—. Cada cierto tiempo el número de trazas de partículas en la cámara de niebla aumentaba dramáticamente. Intrigados, buscamos la razón de ello en el letrero anexo donde se explicaba que dichas radiaciones eran producidas por el bevatrón, que habían logrado atravesar su blindaje de varios metros de hierro y concreto, y que cada una de las “lluvias” de partículas en la cámara de niebla correspondía a un “disparo” del acelerador.

Al saberlo huimos despavoridos, protegiendo a dos manos nuestras gónadas y ovarios, y denunciando entre carcajadas el sexismo larvado de los vendedores de prendas íntimas en los tiempos de Röntgen y sus rayos X, quienes sólo se habían preocupado por la mitad femenina del mundo.

Ambientalismo: ¿vivo o muerto?

Un debate que polariza actualmente a los ambientalistas estadounidenses se centra en la duda profunda sobre si su movimiento está vivo o muerto. La base concreta de este dilema es la cadena ininterrumpida de derrotas de la causa ambientalista desde que el extremismo derechista se adueñó del poder político en ese país, con el ascenso de George W. Bush, quien apoyándose en un congreso resonante con sus ideas ha sometido a un ataque implacable y exitoso a las perlas negras en el collar ambientalista: la Ley de Ambientes Silvestres (*Wilderness Act*, 1964), la Ley de Aire Limpio (*Clean Air Act*, 1970), y la Ley de Especies en Riesgo (*Endangered Species Act*, 1973), con todas sus reformas posteriores.

Ambientalismo macroscópico

El movimiento ambientalista de EUA definió sus prioridades con lógica impecable desde hace varias décadas, enfocando su esfuerzo en acotar las fluctuaciones de temperatura en la biosfera, con el fin de prevenir tanto el extremo de sobrecalentamiento global como el de una nueva glaciación. Para lograrlo orientó su estrategia hacia el control de la composición química de la atmósfera. En nuestro tiempo resulta claro que el peligro inminente proviene del sobrecalentamiento de la biosfera, por lo que ese esfuerzo se ha concentrado en limitar la acumulación atmosférica de monóxido y bióxido de carbono, metano y otros gases de invernadero, que favorecen dicho calentamiento.

Una estrategia medular en este intento consiste en disminuir la emisión de esos gases por los vehículos de transporte, mejorando su eficiencia. En pos de esta meta, los ambientalistas se han aliado con los grupos más disímbolos para lograr la aprobación de leyes que establezcan las eficiencias globales mínimas que deben respetar las compañías constructoras de autos vendidos en el mercado de su país.

Pragmatismo

El pragmatismo a ultranza de las organizaciones ambientalistas de EUA fue expresado en 1997, con nitidez no exenta de cinismo, por Adam Werbach, presidente de la organización Sierra Club. Según él, los ambientalistas se pueden agrupar en varias categorías:

- *druidas*, quienes defienden a la naturaleza por causas espirituales.
- *trasquiladores polares*, quienes desean preservar las áreas naturales por razones recreativas.

- *apocalípticos*, preocupados por la destrucción del planeta.
- *eco-oportunistas*, ocupados en el cabildeo, los litigios y la política.
- *eco-empresarios*, quienes buscan ventaja económica en la protección del ambiente.

“No me interesa por qué alguien se preocupa por el ambiente; sólo me interesa que lo haga”, concluye.

Sin embargo, nada persiste a largo plazo sin un alma. La cadena ininterumpida de derrotas de los pasados seis años y la dificultad para identificar aliados en el nuevo contexto dominado por la ultraderecha han llevado a algunos líderes del movimiento a una introspección profunda.

Ambientalismo mesoscópico

Es el que desarrollan pequeños grupos de personas que enfocan su atención y su energía en problemas ambientales de carácter local. Se practica sobre todo en los países no industrializados. Ejemplo de esto son los grupos que defienden cerros como el Macuiltépetl, en Xalapa. El ambientalismo mesoscópico denuncia y se opone a la proliferación de askareles, la destrucción de los vestigios de ciudades precolombinas y el deterioro de la diversidad biológica en Chiapas y Quintana Roo. Asimismo, organiza y promueve cooperativas basadas en preceptos ecológicos, orientadas a detener la tala inmoderada de los bosques remanentes en México y en la Amazonia.

Ambientalismo microscópico

Es el que practican los individuos cotidianamente en su contexto inmediato. Más allá de poner la basura en su lugar, se manifiesta al disminuir la producción de basura, que depende a su vez del control del consumismo, ligado al freno de la ambición, corolario de los teoremas de Gandhi y de otros personajes. Tal parece que los argumentos existenciales convergen siempre en el mismo punto.

Los años de gloria de los tres tipos de ambientalismo fueron las décadas de los sesenta y los setenta del siglo pasado, cuando hubo ambientalistas en puestos claves del gobierno estadounidense, cuando los pioneros *hippies* abandonaron las ciudades y retornaron al campo y le dieron la espalda a los mercaderes y sacudieron a buena parte del mundo.

¿Cuál de estos tipos de ambientalismo es el más relevante? A juzgar por la cantidad de tinta dedicada a cada uno de ellos, parecería que el orden en que se presentan líneas arriba define también el rango de relevancia. Sin embargo, a corto plazo el ambientalismo individual, atomizado, es el más urgente y quizá el único posible. A mediano plazo el ambientalismo organizado y mesoscópico es el más eficiente, y a largo plazo el macroscópico parece ser el único práctico, pues toda

campana duradera que involucre a las estructuras de poder tradicionales consume enormes cantidades de recursos humanos y económicos. Con todo, es natural imaginar una pirámide con el ambientalismo individual en su base, y resulta imposible concebirla invertida, sobre el cimiento del ambientalismo macroscópico.

Prueba de fuego

La cuestión de vitalidad o languidez del ambientalismo actual la determinan en última instancia la sinceridad y el fervor de los ambientalistas. En la práctica, cada individuo reparte su actividad entre los tres tipos de ambientalismo, y es un asunto personal en qué medida lo hace cada quien.

Sería un ejercicio saludable que cada lector de este texto ponderara su propio *curriculum* ambientalista, considerando cuánto resaltan en él los tres tipos de actividad aludidos. Con el fin de propiciar este ejercicio en la colectividad, decidí pregonar a los cuatro vientos mi balance ambientalista. Suponiendo sólo dos opciones posibles en cada caso: **A** (aprobado) y **R** (reprobado), los resultados de mi introspección serían como sigue:

Ambientalismo macroscópico: **A** (quizá). Mi auto-indulgencia en este nivel se basa en mi trabajo científico dirigido a problemas como la estabilidad global de la biosfera, la descripción matemática y la prevención de cambios catastróficos en los ecosistemas.

Ambientalismo mesoscópico: **A** (quizá, quizá). Mi innegable generosidad como juez descansa en este caso en mis caminatas montaÑeras de años y décadas.

Ambientalismo microscópico: **R**. Aquí la integral sesgada de mis buenas acciones infinitesimales resultó insuficiente, a pesar de que resalté mi añeja costumbre (en suspenso temporal) de trasladarme a pie a mi lugar de trabajo y de que magnifiqué el carácter espartano de mi aposento y la frugalidad de mi dieta. Cuando más seguro me sentía, Sócrates descubrió los excesos digitales en mi escritorio, y Gandhi se asomó a mi guardarropa. Lástima.

Calentamiento global

El infierno bíblico es un lugar caliente en el que los condenados pagan sus cuentas entre las llamas de un fuego eterno. Los vikingos, por el contrario, concebían al infierno como un sitio intolerablemente frío. Un descubrimiento reciente de nuestra especie es que la biosfera oscila entre dos configuraciones muy distintas, una caliente y otra fría, con periodicidad cercana a los veinte mil años, y en cada extremo se torna poco hospitalaria para multitud de especies.

Sorprendentemente, la diferencia de temperatura promedio entre los dos “infiernos” de la biosfera es de unos cuantos grados centígrados.

Oscilaciones de temperatura

La temperatura de la biosfera depende de los flujos de energía que entran y salen de ella. El principal flujo incidente es la radiación solar; otros provienen de la combustión de petróleo, carbón y gas natural; de la operación de reactores nucleares y de las erupciones volcánicas. La biosfera emite energía hacia el espacio exterior al reflejar parte de la radiación solar (a través de nubes y partículas suspendidas en la atmósfera a las que llamaremos aerosoles), y al radiar energía térmica.

Cuando el flujo total de energía incidente en la biosfera iguala al flujo total emitido por ella, su temperatura se mantiene constante. Esto sucede en la práctica sólo en promedio, pues los flujos mencionados son muy variables geográficamente, en una escala de días e incluso de horas. Por ejemplo: el flujo solar en un sitio determinado puede cambiar con el paso de una nube o la rotación de la Tierra, sobre todo si el sitio cruza de la zona diurna a la nocturna, o viceversa; el flujo de energía subterránea aumenta espectacularmente en una localidad si se inicia en ella una erupción volcánica, etcétera.

Cuando el flujo total de energía incidente es mayor que el emitido, la biosfera se calienta; cuando sucede lo contrario, se enfría. Los calentamientos y enfriamientos sistemáticos de ella son muy lentos, ya que ocurren cuando se calienta o enfría todo el océano, lo que toma cerca de un siglo. Éste es el tiempo de reacción de la biosfera ante perturbaciones térmicas. Los ecos de cada desequilibrio térmico que generemos en ella transcurrirán a lo largo de cien años, dejándola al final más fría o más caliente según el caso.

Evidencia de oscilaciones

La Antártida suministra un registro continuo de nevadas anuales que abarca más de cuatrocientos mil años. Las muestras de hielo a diversas profundidades conservan

burbujas de aire, que proveen muestras de la atmósfera imperante cuando quedaron atrapadas. A partir de su composición química se mide la temperatura de la atmósfera en cada época.

La curva que describe la temperatura atmosférica como función del tiempo es complicada, pero muestra picos y simas prominentes con una periodicidad cercana a cien mil años, y variaciones secundarias con periodicidades menores, incluyendo una próxima a veinte mil años. La diferencia máxima de temperatura entre los periodos calientes y fríos (en los picos y simas más prominentes) es de diez grados centígrados. El contraste típico entre las simas y picos secundarios es de cinco grados centígrados.

Además, la evidencia geológica indica que hace unos doce mil años gran parte de Norteamérica, Europa y Asia estaba cubierta por inmensos glaciares, de más de un kilómetro y medio de espesor. Los grandes lagos de Canadá y del noreste de EUA son un vestigio de su avance y retroceso. Las pinturas de aquella época en cavernas europeas presentan en sus escenas de cacería la frialdad imperante.

¿De dónde provienen?

Las perturbaciones producidas en la órbita terrestre por planetas como Júpiter y Saturno, por ser tan grandes, y las generadas por Venus, por estar tan cerca, se traducen tanto en ligeros cambios de orientación del eje de rotación de la Tierra con ciclos cercanos a cuarenta mil años, como en un avance del perihelio terrestre con periodicidad de veinte mil años, y en una elongación de su órbita cada cien mil años, aproximadamente. La variación geográfica resultante de la radiación solar es del orden de 20%. Estas perturbaciones astronómicas fueron identificadas hace un par de décadas como la causa principal de glaciaciones previas. La información actual indica que el futuro del fenómeno estará regido por cambios en la composición atmosférica inducidos por actividades del hombre.

El factor humano

La temperatura de la biosfera es muy difícil de medir con precisión, pues hay que promediar sobre toda la superficie terrestre. Sin embargo, durante el último medio siglo los satélites artificiales han simplificado esta labor. La curva de temperatura resultante, que complementa las mediciones modernas con datos de burbujas de la Antártida, nos coloca actualmente en la cresta de un pico prominente distante unos cien mil años del pico más cercano comparable con él.

Si el patrón de temperatura presente fuera una continuación del observado durante los cuatrocientos mil años previos, estaríamos en el umbral de un enfriamiento global que desembocaría en la siguiente glaciación. No obstante, la evidencia disponible indica lo contrario: la temperatura promedio de la biosfera se

incrementó en aproximadamente un grado centígrado durante el pasado siglo y medio, y al menos la mitad de este calentamiento ocurrió durante los últimos cincuenta años. En ausencia de variaciones espectaculares en la radiación solar y las erupciones volcánicas durante siglos recientes, debemos concluir que la causa del cambio observado es la actividad humana, que se ha intensificado a partir de la Revolución Industrial.

Efecto invernadero

Más que en la magnitud de los flujos de energía inyectados a la biosfera al quemar combustibles fósiles y utilizar energía nuclear, el impacto humano se manifiesta en el cambio de la composición química atmosférica inducido por nuestras actividades industriales, de transporte, agrícolas, etcétera.

Si la atmósfera estuviera cargada de aerosoles blancos y de nubes, reflejaría gran parte de la energía solar incidente y tendríamos una biosfera muy fría. Si estuviera cargada de aerosoles oscuros y tuviese pocas nubes, sería muy caliente. Los factores atmosféricos que influyen en la temperatura de la biosfera son la nubosidad, el tipo y concentración de aerosoles y, sobre todo, la abundancia de bióxido de carbono, metano y otros gases a los que llamaremos de invernadero, por su capacidad para reabsorber la radiación emitida por la superficie terrestre. Esto calienta la parte baja de la atmósfera y permite la radiación hacia el espacio exterior sólo por las capas altas de la misma, donde disminuye la concentración de tales gases. Actualmente, el factor dominante en la concentración de gases de invernadero es la actividad humana.

¿A quién le importa?

A primera vista resultaría conveniente ahorrarse la siguiente glaciación, sobre todo al imaginar a Xalapa y Los Tuxtlas con el clima actual de Escocia, y a Toronto, Chicago, Nueva York, Londres, Moscú, París y demás ciudades del Hemisferio Norte reducidas literalmente a polvo por los glaciares.

En realidad, en una glaciación sería tan drástica la disminución del área terrestre disponible, que la población humana se vería mermada significativamente y se extinguirían innumerables especies que bajo las condiciones actuales se consideran en riesgo.

Sin embargo, el peligro mayor es la posibilidad de que el factor humano revierta el proceso de glaciación al extremo de provocar un calentamiento inaceptable de la biosfera. La situación se agrava al considerar que todo pecado que cometamos en esta dirección dejará sentir sus secuelas durante al menos un siglo (el tiempo de respuesta de los mares debido a su inercia térmica) y que cualquier remedio que se diseñe sobre la marcha tardará el mismo tiempo en ofrecer resultados perceptibles, de manera que pasarán varias décadas antes de que pueda notarse una mejoría en las condiciones que se desea revertir.

Respuesta humana

La temperatura promedio de la biosfera es resultado de muchos factores fundamentales en su funcionamiento. El desequilibrio actual entre la energía que entra a la biosfera y la que ésta emite es del orden de 2 watts por metro cuadrado de tierra (un foquito navideño emite aproximadamente 1 watt). Esto constituye el flujo disponible para elevar la temperatura, y el calentamiento asociado crecerá de manera paulatina durante las décadas venideras, hasta completarse dentro de un siglo, aproximadamente. El calentamiento proseguiría durante décadas aunque elimináramos o invirtiéramos en este instante el desequilibrio mencionado.

¿Cuál ha sido nuestra respuesta como especie ante el peligro inminente? La primera reacción fue negar la existencia del fenómeno, en parte por motivos económicos. Los gases de invernadero provienen en gran medida de actividades industriales, de transporte y agrícolas, por lo que todo intento de limpiar la atmósfera tiene un alto costo económico directo y condiciona los proyectos futuros.

Protocolo de Kyoto

Tras una fase preparatoria de varios años tuvo lugar en 1992 la llamada Cumbre de Río, en Río de Janeiro, Brasil, con cerca de veinte mil participantes. Fue auspiciada por la ONU y en ella se discutieron las cuestiones ecológicas más relevantes, incluyendo un escrutinio de los patrones de producción vigentes, de las fuentes alternativas de energía, los sistemas de transporte y la creciente escasez de agua. Esta convención señaló lineamientos voluntarios sobre un desarrollo económico sostenible a largo plazo, como el tratado sobre el cambio climático global, orientado a estabilizar la concentración de gases de invernadero en la biosfera, siguiendo estrategias que no violentaran de manera excesiva los procesos económicos. En 1997 se aprobó finalmente en Kyoto una agenda del mismo, en la que los países desarrollados signatarios se obligaban a reducir antes de 2012 entre 5 y 10% de la cantidad de los gases de invernadero que emitían en 1990. El tratado entró en vigor en febrero de 2005, ratificado por 141 países, con las notables ausencias de EUA y Australia.

Para terminar

Aunque a estas alturas la información disponible sobre calentamiento global es sólida, algunos países aún se aferran al argumento de la duda razonable para poner en tela de juicio su existencia y negarse a controlar sus propias emisiones de gases de invernadero. Dicha duda se sostiene enfatizando que la tendencia al calentamiento observada bien puede ser una fluctuación transiente. La discusión persiste en su fase antropocéntrica, limitándose a asuntos como la salvaguarda del crecimiento económico y el impacto del aumento previsto en el nivel de los mares (varias decenas

de metros), al fundirse ambos casquetes polares. Si acaso, se amplía ocasionalmente la discusión (al menos en películas) para incluir los mega huracanes esperados en una atmósfera caliente y turbulenta.

La insistencia en minimizar el impacto económico en cualquier estrategia aceptable de control de la composición atmosférica me recuerda la concepción del paraíso de ciertos pueblos en la región de los grandes lagos, en lo que es hoy Canadá y el norte de EUA. Lo concebían surcado por ríos cuyas mitades fluían en sentidos opuestos, de manera que los bienaventurados podían remar a favor de la corriente tanto al emprender un viaje como en el retorno. Espero que tome menos de un siglo resignarnos a la realidad de que en la biosfera tales ríos no existen.

Catástrofes

El dios bíblico saldó su cuenta pendiente con la humanidad por medio de un diluvio. Más adelante el mismo dios tuvo nuevas intervenciones catastróficas en el destino humano, destruyendo a Sodoma y Gomorra con una lluvia de fuego y azufre. Por la vertiente griega nos llegó a través de Platón la historia de la Atlántida, una ciudad grande y próspera que bajo circunstancias misteriosas se hundió en el mar.

Catastrofismo

La trayectoria humana ha sido una sucesión de episodios acelerados, guerras y pueblos en movimiento (tiempos de confusión, los llamaba Confucio), separados por intervalos de relativa calma.

Lo mismo ocurre con la historia geológica del planeta. A intervalos irregulares de siglos o milenios emerge o hace erupción un volcán en algún lugar del mundo. Por razones no muy claras todavía, cada cien mil años aproximadamente desciende la temperatura promedio de la Tierra, lo suficiente como para convertir gran cantidad de agua en hielo y provocar una glaciación, cubriéndose las latitudes norteadas y sureñas con glaciares de casi dos kilómetros de espesor. Fluctuaciones superpuestas y menores de temperatura ocurren con una periodicidad cercana a veinte mil años. Los episodios fríos se alternan con periodos tibios (como el presente), con transiciones relativamente breves entre ellos.

Según la evidencia disponible, estas oscilaciones de temperatura se han repetido durante al menos cuatrocientos mil años, y no hay razón para suponer que no lo hayan hecho en un intervalo mucho más largo de la historia terrestre. Es reconocible también una sucesión de largos periodos de relativa calma geológica, caracterizados por transiciones rápidas y violentas entre ellos.

Catástrofes ecológicas

Los eventos geológicos recién mencionados se asocian generalmente con cambios ecológicos severos. Los periodos de glaciación destruyen la vida en gran parte del planeta (la que barren en su avance los glaciares) y perturban el clima en el resto de la biosfera, provocando la extinción de muchas especies y la emergencia de otras nuevas.

Además de estos fenómenos globales, ocurren transiciones ecológicas significativas de carácter local, que involucran cambios sustanciales en la diversidad y la abundancia de especies y están relacionadas con variaciones relativamente pequeñas de algunos atributos, a veces recónditos, del sistema ecológico afectado.

Por ejemplo, cuando se explota una pesquería, si la rapidez de extracción de peces es menor que un cierto umbral, el nivel puede mantenerse indefinidamente. Sin embargo, si la velocidad de extracción supera dicho umbral, la población y la cosecha colapsan.

Existen transiciones drásticas más complicadas. Por ejemplo, los lagos poco profundos pueden existir en dos configuraciones, una donde su agua es transparente y otra donde toma un aspecto turbio. En la primera hay una comunidad característica de plantas y de peces en el lago, muy distinta de la comunidad prevaeciente en la segunda, en la cual la abundancia de algas en suspensión crece enormemente, oscureciendo el agua al impedir la penetración de la luz. A este aumento de algas, asociado con una alta concentración de nutrientes en el agua, se le llama *eutrofización*.

Parámetros de control

¿Cuáles son los atributos determinantes de estos cambios? Tras muchos años de monitorización de lagos se llegó a la conclusión de que un factor clave es la concentración de fósforo en el agua, y que los flujos de este mineral entre el lago y su cuenca y los sedimentos del fondo son también relevantes. Esto condujo por analogía con sistemas físicos que sufren cambios drásticos (llamados *transiciones de fase*), a una descripción matemática del fenómeno de eutrofización en términos de la densidad de fósforo en el agua y de los flujos de fósforo mencionados.

La existencia de cantidades que varían drásticamente en una transición (como la densidad de fósforo en el caso de un lago), y de otras que controlan su valor (los flujos de esta sustancia), sugiere una estrategia de manejo para evitar una transición no deseada (la eutrofización en este caso). En lugar de subsidiar directamente a la variable que presenta un salto de valor en la transición (por ejemplo instalando plantas de tratamiento para disminuir el contenido de este mineral en el agua), se vigilarían sus flujos entre el lago, la cuenca y el fondo, y se les manipularía de forma que no cruzaran sus valores umbrales, más allá de los cuales ocurre la eutrofización. Tal estrategia de monitorizar los parámetros de control en vez de la variable más conspicua es muy prometedora en cuanto a costo y efectividad. Su única desventaja es que en ocasiones los parámetros de control pueden ser muy sutiles, por lo que se requiere una gran cantidad de tiempo y esfuerzo para su identificación.

Desertificación

Otro cambio drástico que pueden sufrir los ecosistemas es un colapso en su cantidad de biomasa, como sucede por ejemplo en la desertificación. Hasta hace unos cinco mil años la región del Sahara no era un desierto, sino que contenía bosques y asentamientos humanos, cuyos restos se han hallado en algunos sitios del desierto actual.

La evidencia sobre la época en que ocurrió la desertificación proviene del grosor de la capa de polvo que depositan anualmente las grandes tolvaneras del Sahara en el fondo del Atlántico. Para medir el grosor de tales capas se extrae del fondo un cilindro de muestra y se cuentan y miden los estratos anuales. Este experimento mostró que la cantidad de polvo proveniente del Sahara se mantuvo con poca variación durante varios milenios, y que aumentó 50% en un periodo relativamente corto hace unos cinco mil años, sosteniéndose así desde entonces. Este incremento súbito en el volumen de las tolvaneras sugiere una rápida desertificación. No existe hasta ahora una explicación satisfactoria del origen de este fenómeno, pero podría estar relacionado con una ligera disminución sistemática de la luminosidad solar durante los pasados nueve mil años.

Calentamiento global

Todo parece indicar que está en curso una elevación de la temperatura terrestre, suficiente para revertir la siguiente glaciación, que de hecho se ha retardado ya en relación con la periodicidad aproximada de las glaciaciones durante los pasados cuatrocientos mil años. Si esto sucede nos ahorraremos el espectáculo de la pulverización de las ciudades en grandes latitudes norteñas y sureñas, por el avance de los glaciares.

Sin embargo, este calentamiento tendrá sus propios efectos catastróficos. El más evidente es el aumento de nivel de los mares al derretirse los casquetes polares. Aunque se espera que el nivel marino suba menos de un metro a lo largo del presente siglo, esto sería suficiente para inundar amplias regiones costeras y muchas poblaciones tendrán que protegerse con diques y otros ingenios. De no corregirse las causas del calentamiento global el nivel de los mares subirá, en los próximos siglos, varias decenas de metros, al fundirse completamente los hielos polares. Durante el primer siglo de crisis se esperan cambios climáticos severos, debido al influjo de agua fría proveniente de ambos polos, capaz en principio de desviar significativamente las grandes corrientes marinas que controlan el clima global.

Una atmósfera caliente y turbulenta, cargada de agua por evaporación marina, es un escenario propicio para las grandes tormentas y huracanes. Además, la cadena previsible de catástrofes no se limita a la atmósfera y los mares. Los cambios climáticos perturbarán nuestro espacio vital y afectarán radicalmente la producción y distribución de alimentos.

Rapidez de cambio

El calificativo de catastrófico para las transiciones drásticas en ecosistemas tiene una connotación negativa. La validez de ésta no es absoluta. Cuando se extinguen algunas especies, liberan espacios y recursos con los que otras prosperan. A más largo

plazo puede ocurrir una explosión de diversidad de especies en el escenario que resulta de la transición drástica. La evidencia de los fósiles indica que esto ha sucedido en varias ocasiones en el pasado remoto.

Otro ingrediente implícito en el carácter catastrófico de las transiciones es que son rápidas. Por ejemplo, la desertificación del Sahara ocurrió en una escala de décadas, mientras que su permanencia como región fértil y posteriormente como un desierto, se mide en milenios. El tiempo de respuesta de los mares a cambios de temperatura es de un siglo. Esto equivale a unas tres o cuatro generaciones humanas y constituye, por lo tanto, un cambio rápido en nuestra escala. Sin embargo, un siglo comprende mil o más generaciones de moscas y resulta un cambio gradual desde su perspectiva, lo que les otorga una mayor oportunidad de adaptación.

Las transiciones que requieren mayor atención son las que provocan catástrofes humanas por su magnitud y rapidez. Esto, más que una sobredosis de antropocentrismo, representa un mandato de supervivencia de nuestra especie, a través de la preservación de su contexto ecológico manteniendo sus parámetros de control dentro de un rango apropiado.

Epílogo

El siglo xx fue pletórico en acontecimientos catastróficos, tanto por su envergadura como por su velocidad. Hubo guerras mundiales, revoluciones, colapsos económicos, epidemias, etcétera. El debilitamiento del régimen socialista en Europa Oriental fue apenas discernible durante varios años, tornándose vertiginoso en 1989, cuando cayó el muro de Berlín marcando el punto culminante del proceso. Esto le valió a 1989 la etiqueta de *annus mirabilis* (año milagroso) en los libros recientes de historia.

Si fuera posible bromear sobre tales asuntos diría que si no corregimos el rumbo durante el presente siglo, el próximo ofrecerá el adelanto de un diluvio mayor que el del *Génesis*. Cuando se derritan por completo los casquetes polares la salvación estará en las mesetas, las serranías y los transatlánticos.

Riqueza genética

A finales del siglo XIX Dimitri Mendeléiev, quien introdujo la tabla periódica de los elementos químicos, se dedicó al estudio de las propiedades del petróleo, seguramente motivado por los grandes yacimientos rusos de esta sustancia. Maravillado ante la profusión de nuevos compuestos que suministraba por refinación, afirmó que “quemar petróleo es quemar dinero”. Lo mismo que en el caso de su predicción de nuevos elementos a partir de la tabla periódica, la posteridad se encargó de verificar su pronóstico petrolero.

Por supuesto, al ponderar la promesa del petróleo, Mendeléiev fue incapaz de vislumbrar la contaminación de las tierras, las aguas y la atmósfera por efecto de su utilización masiva. Concluiremos tan sólo que su entusiasmo era desbordante y que aún pensaba que vivíamos en un mundo infinito.

Oro y plata

Originalmente la riqueza de las naciones se medía por la magnitud de los ejércitos que su soberano podía organizar y mantener en campaña. Esto requería un amplio territorio con una población numerosa, como fuente de alimentos y de soldados. Egipto, Sumeria, Babilonia, China y la India fueron estados ricos en este sentido. Un resultado de lo anterior fue la acumulación de oro, plata y otros materiales preciosos en los centros de poder militar, obtenidos por saqueo directo y como pago de tributos. Muchos siglos después, al contemplar las infinitas multitudes chinas a disposición de Kublai Khan, Marco Polo escribió en sus memorias que “serían los dueños del mundo si se les ocurriera organizarse”.

Vino y seda

En su libro de historia Herodoto menciona con admiración que en los campos babilónicos el grano invertido en la siembra por los campesinos se multiplicaba por cien en la cosecha. Las espigas de trigo eran tan grandes y pesadas que se abstuvo de describirlas en detalle para no ser acusado de exageración. La agricultura egipcia le mereció también abundantes superlativos.

El territorio griego era muy pobre como productor de comida, comparado con Egipto y Mesopotamia. Buena parte del mismo estaba constituido por montañas de piedra caliza, y los territorios planos y fértiles eran más bien escasos. Sin embargo, el talento de sus pobladores pronto se manifestó en el cultivo y la manufactura de artículos de lujo, como el vino, el aceite de oliva y la cerámica artística. La comercialización de éstos, sumada a su eficiencia guerrera, costó el ocio creativo

del pueblo griego, que suministró el fundamento de buena parte de la ciencia, la filosofía, el arte y la religión de la cultura occidental.

Con la desaparición de la república y el establecimiento del imperio, el hedonismo romano se liberó de todo impedimento. Por esa misma época (el siglo anterior a la era cristiana) y de manera que no puede considerarse fortuita, se completó el tramo mediterráneo de la llamada ruta de la seda, un sendero muy complicado que se había iniciado en China unos cinco siglos atrás, avanzando lentamente por los Himalayas y el imperio persa. La mercancía más importante que transitaba ese camino de más de cinco mil kilómetros de extensión era la seda.

A medida que crecía el comercio de la seda los políticos y pensadores romanos comenzaron a quejarse de la enorme cantidad de recursos que tenía que entregar Roma, a cambio de unas telas transparentes que usaban las mujeres ricas para pregonar encantos que debían ser privilegio único de sus maridos. Sus protestas no surtieron efecto, y a juzgar por el silencio de los padres de la iglesia cristiana sobre el asunto, uno o dos siglos más adelante la transparencia de la seda había dejado de ser motivo de escándalo en las calles romanas.

Más adelante Venecia prosperó también con el comercio de artículos de lujo (joyas, cristalería, telas). La Nao de China constituyó durante siglos la gran novedad mercantil de la Nueva España, aunque la mayor parte de sus tesoros continuaran su trayecto hasta España. Durante los siglos xvii y xviii Francia cosechó buena parte del oro y la plata de América vendiéndole a España vestidos y porcelanas.

Sudor de la frente

Los economistas clásicos cuantificaron la riqueza de las naciones en términos de la actividad, magnitud y sofisticación de su fuerza de trabajo. A partir de la Revolución Industrial y hasta el inicio de la Primera Guerra Mundial, las potencias europeas disfrutaron una situación muy cómoda y provechosa, en la que sus imperios mundiales suministraban materias primas (maderas, combustibles, caucho, metales), que en las fabricas europeas eran transformadas en manufacturas (vestidos, armas, joyas, perfumes) para posteriormente ser vendidas en todo el mundo.

En tiempos recientes, fenómenos económicos como la emergencia industrial y económica de Japón han mostrado hasta qué punto una gran fuerza de trabajo altamente educada y disciplinada puede balancear la deficiencia de recursos naturales en el territorio propio.

Genes, genes

Una fuente de riqueza de las naciones que no vislumbraron Adam Smith, ni Marx, ni el mismo Mendeléiev es la que reside en la diversidad biológica de sus ecosistemas. Los microbios, las plantas y los animales actuales son depositarios de sustancias y

procesos químicos desarrollados en incontables experimentos biológicos a lo largo de muchos millones de años. Esta riqueza ha rendido frutos espectaculares en la producción de antibióticos y de alimentos, y la ingeniería genética seguramente incrementará su cosecha.

Un misterio que llamó la atención de médicos y bioquímicos hace cerca de un siglo es la relativa escasez de microbios en el suelo, a pesar de ser "tan sucio". Investigaciones realizadas durante el segundo tercio del siglo xx mostraron que la relación entre los microbios del suelo es generalmente antagonica, y la primera expresión útil de tal antagonismo desde la perspectiva humana fue la acción bactericida de ciertos productos metabólicos del hongo *Penicillium notatum*. El investigador inglés Alexander Fleming llamó penicilina al agente activo involucrado y dos compatriotas suyos lograron refinarlo y producirlo en grandes cantidades en 1938, de forma que pudo salvar millones de vidas durante la Segunda Guerra Mundial.

La penicilina originó, en suelos diversos y otros ambientes "sucios", una búsqueda intensa y sistemática de microorganismos con efectos bactericidas, la cual rindió frutos espectaculares en 1943, cuando se descubrió al hongo productor de la estreptomina, el primer antibiótico que resultó altamente efectivo en el tratamiento de la tuberculosis. Siguiendo una estrategia similar se han descubierto desde entonces decenas de antibióticos médica y comercialmente exitosos, como la cefalosporina y la tetraciclina.

Alimentos

El mejoramiento genético de los alimentos a través de la hibridación es una actividad muy antigua. Tomó milenios desarrollar el maíz por medio de este lento proceso, a partir de variedades silvestres como el teocintle. Algo similar sucedió con el arroz, el trigo y otros cereales, y con las frutas y hortalizas más importantes. Por hibridación se han generado además tanto las variedades actuales de perros, gatos y aves de corral, como el ganado vacuno, bovino, caballar, etcétera.

Actualmente la ingeniería genética permite obtener resultados más precisos y en tiempos muy cortos comparados con los requeridos por el método de hibridación. En esta rapidez residen tanto la promesa como el peligro de la biotecnología actual. Por un lado, es posible explorar múltiples alternativas simultáneamente, en periodos de años e incluso de meses; por el otro, en intervalos tan breves no se puede cuantificar adecuadamente la estabilidad del genoma transformado.

Ganancias

En años recientes un puñado de compañías biotecnológicas han obtenido más de mil patentes sobre variedades de los cereales más importantes (maíz, arroz, trigo), así como sobre decenas de miles de genes individuales, y tienen además otras

tantas en proceso. Las patentes sobre los cereales son preocupantes, pues las empresas mencionadas no comenzaron desde cero su labor, sino a partir de los avances logrados en regiones como México, China y la India, tras miles de años de ensayos locales de hibridación. Sin embargo, en las patentes otorgadas no se contempla ningún beneficio para los creadores tradicionales de la base actual de experimentación.

Un caso que se ha tornado famoso por la magnitud de la injusticia involucrada es el desarrollo por la compañía farmacéutica Eli Lilly en los años sesenta del siglo xx de dos exitosos medicamentos, uno contra el cáncer testicular y el otro contra la leucemia infantil, a partir de alcaloides extraídos de una planta originaria de Madagascar y tomada de ese país para realizar los experimentos necesarios. Durante mucho tiempo Eli Lilly ha obtenido ganancias cercanas a los 100 millones de dólares anuales por estas medicinas, mientras que Madagascar no ha recibido un centavo por su aportación, ya que en aquel tiempo los recursos genéticos naturales se consideraban legalmente de libre acceso.

Actualmente, el principal instrumento legal relativo a la *bioprospección* (o sea, la búsqueda y adquisición de derechos sobre recursos genéticos) es la Convención sobre Diversidad Biológica de la ONU, ratificada por casi doscientos países desde su adopción en la Cumbre de Río de 1992. Este documento identifica a la conservación de la diversidad biológica como un asunto de interés común para la humanidad, y reconoce los derechos soberanos de los diversos países sobre sus recursos bióticos. Sus principios directores son la conservación de la diversidad, la explotación sostenible de la misma y el reparto justo y equitativo de la riqueza generada en el proceso.

Este documento regulador no tiene un carácter coercitivo, y lo que prevalece en la práctica es un estado de tensión entre los consorcios bioquímicos y los países no industrializados que albergan en su territorio una gran riqueza genética. Cada caso se trata de manera particular y esto ha conducido a algunos ejemplos como el de Costa Rica, que logró adquirir un nivel aceptable de control de sus recursos naturales, sin faltar recurrencias del capítulo injusto de Madagascar.

Botulina y curare

Los recursos químicos del trópico son sorprendentes. El curare, un veneno usado por los jíbaros en la punta de sus flechas, es un poderoso relajante muscular que se usa como complemento de anestésicos y para suavizar arrugas de la piel.

La necesidad de acuerdos más precisos entre los dueños originales y los usuarios de la riqueza biológica es urgente, ya que estos últimos se niegan a mejorar sus métodos voluntariamente, y los países poseedores de recursos bióticos no pueden mantener un monopolio sobre su uso, como lo mostró el intento fallido de Brasil

por acaparar durante el siglo XIX la producción de caucho. Los ingleses extrajeron de contrabando semillas de ese árbol y las plantaron en Ceilán, arruinando al poco tiempo el frágil imperio de los magnates brasileños en Manaus, donde en el apogeo del caucho se consumía más champaña que en París.

¿Cuánto aprendieron de Mendeléiev sus descendientes? Vendieron buena parte de su “oro negro” como petróleo crudo, incluyendo entre sus clientes mayores a Hitler, quien el primer año de la Segunda Guerra Mundial movilizó sus ejércitos por toda Europa con petróleo soviético, y lo utilizó más adelante en su gigantesca campaña contra la misma Rusia. Años más tarde, científicos de la entonces URSS buscaron remedios contra las infecciones bacterianas en sitios poco elegantes, como las aguas contaminadas de ríos y lagos. Hallaron virus bacteriófagos muy prometedores, pero vieron truncada su labor por la caída del régimen soviético. Mendeléiev los habría reprobado.

Inundaciones

Durante milenios, una tarea primordial de los gobernantes chinos ha sido mantener y acrecentar el enorme sistema de diques y embalses construidos para controlar las avenidas de los ríos Yangtze y Hoangho y sus innumerables tributarios. Un estándar permanente para medir la eficacia de la élite en el poder es el grado en que ha cumplido esta labor de contención, pues las fallas en el sistema de diques producen pérdidas de vidas humanas que alcanzan en ocasiones cifras millonarias.

El estrato superior de la burocracia china encargada de la administración del reino estaba compuesto por los hombres más altamente educados. Para ser admitidos en esos niveles, los aspirantes debían prepararse durante muchos años y aprobar un examen de selección extremadamente competitivo (aprobaba menos de 5% de los candidatos), pues los triunfadores tenían asegurado su futuro económico y su jerarquía social. Entre los requerimientos centrales del examen estaban el conocimiento de los textos clásicos del confucianismo, el cultivo de las matemáticas y de la poesía, y la experiencia en la construcción y el mantenimiento de diques.

Destino manifiesto

Las inundaciones constituyen un aspecto recurrente de la experiencia humana. Podría quizá concebirse un argumento sutil sobre el efecto ecológicamente renovador de las perturbaciones que acarrear. Sin embargo, intentarlo sería una falta de respeto a los damnificados por los huracanes que azotan constantemente nuestro país.

Los grandes ríos desembocan en el mar después de transitar planicies casi horizontales al final de su curso. Sus trayectorias en tales planicies son sinuosas (contienen meandros) y ello alarga su ruta y el tiempo requerido por el agua para transitarla. Esto favorece las inundaciones, sobre todo en el caso de ríos que nacen en regiones elevadas y bajan con rapidez a una llanura muy extensa en el trayecto a su desembocadura.

La planicie que recorre el Amazonas comprende la mayor parte de su enorme cuenca; lo mismo sucede con el Orinoco. El Ganges nace en las montañas más altas del mundo (los Himalayas) y recorre una extensa llanura al pie de esas montañas, hasta desembocar en una planicie formada por material arrastrado por el mismo río, donde para colmo desemboca también otro gran río proveniente del extremo oriental de los Himalayas, el Brahmaputra. Cada año, la fusión de la nieve en los Himalayas se combina con las lluvias de los monzones (vientos húmedos que arriban al inicio del verano), provocando inundaciones en la parte baja del Ganges y sobre todo en la región de Bengala. En los casos extremos las pérdidas humanas resultantes son enormes.

Grandes inundaciones

La “madre de todas las inundaciones” en tiempos geológicos debió ser la que formó al Mar Mediterráneo hace unos 6 millones de años. Previamente la zona había sido un desierto, al cerrarse el estrecho de Gibraltar debido a movimientos tectónicos, clausurando la comunicación con el Atlántico. En tiempos relativamente recientes hubo otra inmensa inundación (que según algunos originó la leyenda mesopotámica y bíblica del diluvio universal), al llenarse la depresión de lo que es hoy el Mar Negro unos 5600 años antes de nuestra era, por el incremento en el nivel del Mediterráneo debido a los deshielos al final de la glaciación más reciente.

En tiempos modernos, la gran inundación china de 1931 mató a cerca de un millón de personas, aunque algunas estimaciones sobre el número de muertes alcanzan los cuatro millones. En 1993 ocurrieron las peores inundaciones en la historia de EUA, como consecuencia de las perturbaciones asociadas con una recurrencia del fenómeno climático global denominado El Niño. En 2002 la llamada “inundación del siglo” en Europa afectó la zona central y oriental de ese continente, causando daños por decenas de miles de millones de euros. En 2005, la evacuación de la ciudad de Nueva Orleans debido a una gran inundación le otorgó al huracán Katrina una dimensión bíblica.

Egipto

En contraste con los desastres mencionados, las inundaciones anuales del Nilo fueron una bendición para Egipto durante cinco milenios (hasta antes de la construcción de la gran presa de Asuán). En un año ideal la creciente del Nilo comenzaba en julio, el río incrementaba su caudal y elevaba su nivel lentamente durante dos meses, y en septiembre, las aguas en recesión depositaban una gruesa capa de sedimento negro, rico en nutrientes. La tierra húmeda y renovada quedaba lista para premiar la labor humana con una abundante cosecha.

Por supuesto no todos los años sucedía así. Algunas veces la creciente era demasiado voluminosa, se erosionaban los campos y las ciudades sufrían daños; en otras ocasiones la inundación era escasa y los campos periféricos se secaban y quedaban convertidos en semidesiertos. Además, la esquistosomiasis y otros males parasitarios endémicos en Egipto indican que no todo lo que flota en la corriente del Nilo es abono. Sin embargo, quienes estaban en posición de decidir sobre el asunto, consideraban una gracia divina a las avenidas anuales, otorgándole sustento a la frase de Herodoto, quien en su libro de historia describió a Egipto como “un don del Nilo”.

Memoria

Durante los pasados tres mil años los chinos registraron cerca de trescientas grandes inundaciones en su territorio, lo cual indica que aproximadamente cada diez

años ocurre uno de tales eventos. Su lista negra contiene una inundación en 1642 que mató a novecientas mil personas en el norte del país, y otra en 1887 que acabó con un número similar de vidas humanas.

En su afán de aminorar la magnitud de tales desastres, los chinos han construido y mantenido en funcionamiento centenares de miles de embalses y diques. En la actualidad el número de embalses en operación es cercano a cien mil, y existen casi trescientos mil kilómetros de diques. Con todo, en 1975 un tifón destruyó unas sesenta presas en una provincia china, matando a más de cien mil personas.

Nuestra versión autóctona de la estrategia preventiva china se materializó en la Comisión del Papaloapan, creada en 1947 con diversos objetivos económicos (ignorando casi por completo el impacto social y ecológico de las obras previstas). Una de sus metas primordiales era el control de las inundaciones del río Papaloapan y sus afluentes, que habían aumentado en frecuencia y magnitud debido a la creciente deforestación de la Sierra Madre Oriental. Durante el apogeo de su actividad se construyeron dos grandes presas, la de Temascal y la de Cerro de Oro, y embalses menores como la presa de Michapan; se rectificó además el cauce del Papaloapan cerca de Cosamaloapan y fue dragada la laguna de Alvarado, para facilitar el flujo del río.

Sin embargo, considerando quizá que con ello el problema de las inundaciones quedaba resuelto de una vez y para siempre, este esfuerzo admirable concluyó en 1989 con la desaparición de los últimos vestigios de la Comisión del Papaloapan. Diez años después se fundó un organismo de nombre parecido, el Consejo de Desarrollo del Papaloapan (CODEPA), cuya irrelevancia en cuanto al control de inundaciones y sus consecuencias quedó manifiesta ante los estragos del huracán Stan.

¿Por qué este contraste con la meticulosidad china? Una razón podría ser que los grandes desastres fluviales chinos fueran más frecuentes en promedio que los veracruzanos, aunque en ausencia de un censo local confiable esta disparidad debe considerarse una conjetura.

Otra posibilidad reside en el sentido chino de la historia, comparado con el veracruzano. Desde hace varios milenios, cada gobierno chino ha incluido entre sus funcionarios a un cronista. Lo más cercano a esto que tenemos en México son los cronistas oficiales de las ciudades, cuya función se reduce con frecuencia a escribir comentarios eruditos sobre calles y callejones.

Muerte sin fin

En la antigua leyenda sumeria del rey Gilgamesh, antecedente del mito bíblico del diluvio universal, el protagonista confronta la certitud del fin al ver morir a su gran amigo Enkidu, compañero y aliado en mil aventuras. El miedo a la muerte lo domina y parte en busca de Utnapishtim, el único hombre a quien los dioses le habían concedido el don de la vida eterna. Tras un largo y azaroso viaje en el que tuvo que cruzar el mar y recorrer las cavernas oscuras que transita el sol en su sendero nocturno, encontró por fin a Utnapishtim y, tras un recuento de sus amarguras recientes y su miedo a morir, le rogó al vetusto personaje que lo ayudara a evitar la muerte.

Utnapishtim le respondió que él y su esposa eran los únicos supervivientes de un diluvio universal ordenado por los dioses para castigar los pecados humanos. Por ser un hombre virtuoso, decidieron salvarlo a él y a su familia de la catástrofe y le ordenaron construir una gran arca para preservar al resto de la creación durante el diluvio. A pesar de las burlas de sus coterráneos, Utnapishtim inició la tarea gigantesca de construir el arca según las especificaciones precisas de los dioses, y cuando estuvo lista la pobló con un ejemplar de cada planta y una pareja de cada tipo de animal. El diluvio acabó con el resto de la vida en el mundo y los dioses recompensaron su obediencia otorgándole una vida eterna.

Ante la certeza de que sólo los dioses podían conceder el don que anhelaba, Gilgamesh se abatió a tal punto que Utnapishtim se compadeció de él y le reveló la existencia de una planta en el fondo del mar, capaz de restituirle su juventud. Auxiliándose con grandes piedras, Gilgamesh descendió a los abismos marinos que le indicó Utnapishtim y consiguió finalmente la planta de la inmortalidad. Sin embargo, agotado por el esfuerzo se quedó dormido en la playa y una serpiente le arrebató la planta y el premio de la inmortalidad, pues adquirió con ella la facultad de recobrar la juventud mudando de piel. Gilgamesh retornó derrotado a Uruk, su ciudad, donde murió.

Perlas amarillas

Según un proverbio chino, “con el tiempo las perlas se tornan amarillas y los hombres envejecen, y no hay remedio contra eso”. Con todo, Gilgamesh no es el único ser humano que ha intentado esquivar la muerte. Orfeo fue otro de ellos: recién casado con Eurídice, ella fue mordida en el talón por una serpiente y murió. Desconsolado, Orfeo recorrió el sendero que llevaba al infierno para intentar que Hades, el dios de los muertos, le devolviera a su esposa. El virtuosismo de Orfeo con la lira era tal que ablandó el corazón de Caronte, timonel de la barca en la que los desventurados

cruzaban la laguna Estigia, y cautivó al mismo Cerbero, el perro feroz que guardaba la puerta del averno. Repitió la hazaña con Hades y el soberano del infierno le restituyó a Eurídice, bajo la condición de que en el trayecto de vuelta él no volviera la vista hacia atrás.

Ascendieron lentamente por una caverna oscura y hacia el final del camino, temeroso de perderla en el último instante, Orfeo miró hacia atrás para cerciorarse de que ella aún lo seguía. Su ansiedad fue castigada al punto. La luz al final del túnel reveló el cuerpo agusanado de Eurídice, quien, lanzando un grito de vergüenza, retornó al inframundo.

Los pocos que han triunfado en esta difícil tarea de esquivar la muerte lo han logrado con el auxilio de dioses (o semidioses al menos). Cuando el rey griego Admeto supo que iba a morir, logró de Apolo la promesa de que se salvaría si alguien aceptaba voluntariamente morir en su lugar. Admeto le pidió este favor a sus hijos y a sus mejores amigos, y todos se negaron. Finalmente su esposa Alceste accedió a salvarlo y murió en su lugar. Sin embargo, fue rescatada por Hércules, quien tras fiera lucha con la muerte le arrebató su presa.

Interés compuesto

Los átomos no envejecen (exceptuando a los que tienen núcleos radiactivos) y las bacterias tampoco. ¿Por qué caducamos nosotros? Una manera de averiguarlo es estudiando cómo morimos.

En el siglo XIX un matemático inglés de apellido Gompertz observó que, estadísticamente, en la Inglaterra de su tiempo cada intervalo de ocho años se duplicaba la probabilidad de muerte de las personas adultas. Se sabe actualmente que a partir de cierta edad, entre los 5 y los 10 años, cada década que transcurre en la vida de las personas se duplica la probabilidad de que mueran.

La probabilidad de muerte es relativamente alta al nacer y disminuye gradualmente, alcanzando su mínimo entre los 5 y los 10 años de edad, dependiendo del país del que se trate. A partir de ese momento todo es cuesta abajo y se cumple la Ley de Gompertz, duplicándose nuestra probabilidad de morir con cada década que pasa. A este patrón de comportamiento se le llama exponencial, por analogía con el crecimiento del capital bajo un régimen de interés compuesto.

La Ley de Gompertz suministró una definición muy útil (al menos matemáticamente) del envejecimiento, en términos de la velocidad con que se incrementa la probabilidad de muerte a medida que avanza nuestra edad.

Centenarios

En la actualidad, en los países desarrollados aproximadamente una de cada diez mil personas que nacen alcanza los 100 años de edad. ¿Cuál es el secreto de su longevidad?

Las curvas de envejecimiento dependen en sus detalles del país o región donde uno habite. La curva de Nigeria, por ejemplo, es más veloz (tiene una mayor pendiente) que la de Noruega. Sin embargo, más allá de los 80 años, las curvas de todos los países convergen y las personas envejecen con la misma rapidez, independientemente de su contexto. Además, después de los 100 años, la curva de envejecimiento tiende a una línea horizontal. Esto no significa que quienes hayan cumplido 100 años se hayan tornado inmortales, sino que su probabilidad de muerte dejó de crecer y se volvió constante: una persona de esa edad tiene la misma probabilidad de morir durante el año siguiente a su cumpleaños 105, que durante el que sigue a su cumpleaños 115.

Hombres y máquinas

¿Cómo interpretar nuestra compleja curva de envejecimiento? Una estrategia es compararla con la curva de caducidad de máquinas sofisticadas que albergan muchos componentes en interacción, como los aviones, los submarinos y las computadoras. Por razones económicas y militares, el estudio científico del envejecimiento de máquinas ha sido una actividad importante desde los años treinta del siglo pasado, y dio lugar a la teoría de la confiabilidad.

Las máquinas que realizan tareas de alto riesgo se diseñan con mecanismos redundantes para llevar a cabo sus funciones. Esto significa, por ejemplo, que un avión bimotor puede volar con sólo uno de ellos, que existe más de una vía para que sus fluidos y sus corrientes eléctricas viajen de un punto determinado a otro, etcétera.

Las máquinas diseñadas con redundancia y fabricadas con componentes confiables envejecen (en el sentido del incremento gradual en su probabilidad de fallar) según curvas más lentas que las nuestras. Las curvas de las máquinas no son exponenciales, sino que se calculan mediante la llamada distribución de Weibull.

Consideraremos confiables a los componentes que muestran muy poca variabilidad en su esperanza de vida, debido en general a un elevado estándar de control de calidad. Un resultado importante de la teoría matemática de la confiabilidad es que, cuando los componentes no son eficaces (una fracción importante de ellos no funcionará según lo esperado o lo hará durante un intervalo breve), las máquinas resultantes envejecen exponencialmente, como lo hacemos nosotros.

Control de calidad

Los humanos mostramos un alto grado de redundancia. Cuando debido a una herida la sangre no puede circular por sus vías acostumbradas, lo hace por otras y, si el impedimento persiste, el cuerpo construye nuevos vasos sanguíneos. Asimismo, si merma nuestra capacidad para digerir algunos alimentos, remediamos el déficit resultante con otros alimentos, utilizando si es necesario enzimas diferentes.

La primera conclusión es entonces que nuestro cuerpo funciona con un alto grado de redundancia (la cual proviene en última instancia de la inmensa cantidad de nuestros componentes, las células), pero con componentes individualmente contruidos con bajos estándares de control de calidad.

La segunda conclusión es que el proceso de envejecimiento se origina en la pérdida gradual del colchón de redundancia que suministra nuestra dotación inicial, la cual se complementa con la facultad de regeneración de tejidos y de utilización de más de una vía metabólica con un mismo fin. La convergencia de las curvas de envejecimiento de personas que viven en diferentes regiones del mundo indica que el respaldo que teníamos al nacer se agota hacia los 100 años de edad, aun en aquellas mejor dotadas en cuanto a redundancia. La constancia de la curva de envejecimiento después de esta edad se interpreta como una condición en la que funcionamos sin respaldo en muchas tareas vitales, de modo que morimos con la misma rapidez con la que fallan nuestros componentes individuales.

Inmortales

¿Qué estrategias de prolongación de la vida sugiere el argumento anterior? La más obvia consiste en restablecer periódicamente nuestro nivel de redundancia, basados en la monitorización de nuestras pérdidas de este respaldo, especialmente tras una crisis de salud.

El restablecimiento de la redundancia se lograría de diversas maneras, incluyendo el reemplazo de tejidos y órganos dañados. Esto conduce de inmediato a las historias de horror en boga sobre tráfico de órganos.

A más largo plazo, existe la posibilidad de regenerar nuestros tejidos y órganos a partir de células madre (*stem cells*, en inglés), que son capaces de convertirse en cualquier tipo de célula. Éstas se han identificado con mayor claridad en la médula ósea, donde producen por división "hijas" con la capacidad de desarrollarse como glóbulos rojos, plaquetas y cierto tipo de glóbulos blancos. En la piel interna del intestino también hay células cuya progenie se diferencia en varios tipos.

Las células madre de más amplio espectro son las que se producen en las primeras divisiones del óvulo fecundado. Con ellas podría regenerarse, en principio, cualquier tejido de nuestro cuerpo, si supiéramos cómo manipular su metabolismo. La investigación sobre células madre es un tema muy importante en la actualidad, por su enorme promesa en medicina, y su potencial en la reparación sistemática y recurrente de nuestro cuerpo para retardar el envejecimiento. Sin embargo, la fuente tradicional de células madre para investigación han sido fetos humanos, que son destruidos a continuación.

Aunque la eliminación tiene lugar en una fase muy temprana del feto, el procedimiento resultó inaceptable para muchas personas y organizaciones religiosas.

Afortunadamente, empiezan a utilizarse fuentes alternativas de células madre, que no involucran la generación ni la destrucción de fetos.

Vida sin fin

Con todos sus claroscuros, la vida es un don. El anhelo de permanencia ha llevado a algunos a construir pirámides y mausoleos, o a realizar hazañas que prolonguen el eco de sus pasos por el mundo. Otros han pagado sumas gigantescas para que al morir sus cuerpos sean congelados, con la esperanza de ser rescatados de su estado gélido en tiempos mejores, cuando la medicina sea capaz de aliviar los males que los hicieron sucumbir.

Otros se han inclinado por la clonación, apartando en la flor de su edad una dotación de células para que sean congeladas a muy baja temperatura, con la instrucción de que al morir se inicie el proceso de clonación.

¿Cuánto podríamos vivir reparándonos apropiadamente a través de células madre y procedimientos del género? Los pesimistas insisten en que hay un límite superior que no llega a 150 años. Los optimistas piensan que sería posible mantener a raya el envejecimiento unos 5000 años. Los visionarios hablan de una vida sin fin.

En el fondo, si despojamos al procedimiento de sus herramientas (células madre, nitrógeno líquido, laboratorios de acero inoxidable, etcétera), la vida eterna consiste en el rejuvenecimiento recurrente del cuerpo. Nada más. Conceptualmente, no va entonces más allá del cambio de piel de la serpiente que despojó a Gilgamesh de su planta mágica.

¿Agua para todos?

“Todo estaba en suspenso”, dice el *Popol Vuh* sobre el origen del mundo. “Nada estaba en pie, tan sólo el agua en reposo [...] Sólo Tepeu, Gucumatz, los creadores, yacían en el agua [...] Y juntaron sus palabras y sus pensamientos [...] Resolvieron que cuando amaneciera aparecería el hombre.”

Según el *Génesis*, Dios pasó los primeros tres días de su labor creando y acomodando el agua. De acuerdo con la tradición vikinga, una vaca lamió el hielo primigenio y moldeó con su lengua al primer hombre y a la primera mujer.

En el origen

No exageraban nuestros ancestros al asignarle al agua un papel fundamental en el origen del mundo y del hombre y la mujer. La vida en la tierra y en el mar comienza con la ruptura de la molécula de agua durante la fotosíntesis, usando energía de la radiación solar. El hidrógeno generado se combina con átomos de carbono del CO_2 atmosférico y resultan azúcares. El oxígeno sobrante se diluye en la atmósfera.

El ciclo se completa más adelante, con la transferencia de la energía utilizable en los azúcares a una molécula llamada ATP, que se acopla a cada una de las reacciones biológicas que requieren una infusión de energía libre para llevarse a cabo. La síntesis de ATP utiliza azúcar (glucosa) y oxígeno (que obtenemos respirando), el cual se combina con el hidrógeno contenido en la misma azúcar restituyendo las moléculas de agua disociadas al inicio.

A partir de información parcial proveniente de la perforación de pozos profundos, ha adquirido cierta credibilidad la propuesta de que la vida se inició en el subsuelo, colonizando posteriormente el mar y la superficie terrestre. En este caso la fuente de energía utilizable no es el Sol, sino el foco caliente en las profundidades de la tierra que alimenta a los volcanes. Sin embargo, el fundamento del proceso bioquímico propuesto es nuevamente la ruptura de moléculas de agua.

Ríos secos

La geografía de México que aprendí en mi niñez incluía al río Nazas, que pasaba cerca de la ciudad de Torreón. Años más tarde visité esa ciudad y busqué al río, pero no lo encontré. En su lugar había un amplio cauce polvoso, punteado por chozas y algunas canchas de fútbol. Más adelante supe que el conjunto fue arrasado por una gran avenida tras una tormenta, con gran pérdida económica y humana.

El Colorado es otro río que da la impresión de esfumarse; lo hace cerca de completar en el Golfo de California el curso espectacular que cavó durante

200 millones de años en Arizona. El Yang Tze llega muy disminuido a su desembocadura en el mar. El Tigris y el Éufrates son caricaturas de los ríos que contemplaron los habitantes de Babilonia. El caso más extraordinario es el del Nilo, que penetraba en el mar Mediterráneo al final de su curso tiéndolo en un tramo considerable de un color terroso y construyendo su amplio delta en el proceso. En la actualidad los restos del Nilo que arriban al mar no son más que arroyuelos.

Los culpables de esta situación somos nosotros, al secuestrar los caudales con presas innumerables y utilizarlos en exceso para riego y en procesos industriales. El agua sustraída no es devuelta a su cauce original, sino que se evapora por acción del sol o a través de innumerables chimeneas industriales, o se filtra hacia el subsuelo.

Por supuesto, ninguna de estas actividades es nueva; lo que magnifica nuestro impacto y nos lleva a consumir ríos que eran considerados infinitos en el pasado, es el gran número de seres humanos y la aceleración incesante de la actividad económica.

¿Cuáles son las fuentes de agua para nuestra especie? Comprenden a los ríos y lagunas en la superficie terrestre, a los acuíferos en el subsuelo y a los dos casquetes de hielo polar, el ártico y el antártico.

Ninguno de estos depósitos es permanente, sino que se renuevan con periodicidades muy diversas a través del reciclaje por evaporación solar del agua terrestre y marina. El vapor se eleva, condensándose en pequeños núcleos de polvo que flotan en la atmósfera. Las nubes resultantes generan lluvias, renovando así a los lagos, ríos, acuíferos y casquetes polares y completando con ello el ciclo hidrológico del planeta. Sin embargo, este ciclo de renovación se ha deteriorado por varias razones.

Contaminación

Una fracción importante del agua de lluvia está contaminada, principalmente con ácido sulfúrico y metales pesados. Parte de ella proviene de chimeneas industriales donde se expelen compuestos de azufre que generan por oxidación ácido sulfúrico. El vapor de agua, resultante de la acción directa del sol en los mares, ríos y lagunas, se mezcla con el agua industrial en la atmósfera o se contamina al usar como núcleos partículas de polvo de tolvaneras globales, que contienen mercurio, plomo y otros metales pesados.

Las nubes que provienen de las grandes zonas industriales descargan lluvia ácida, que produce gran deterioro de la vegetación y mata a los peces y plantas de los lagos.

La historia es similar con el agua que se filtra en el subsuelo, pues además de su contaminación de origen, disuelve sobre la marcha pesticidas y otros agroquímicos y se carga con materia orgánica (incluyendo bacterias patógenas) y con desechos industriales y radiactivos. El resultado neto es que se contaminan los mantos acuíferos y que el agua de muchos manantiales modernos no es potable.

Deshielo

Otro peligro contemporáneo es la pérdida de los casquetes polares debido al calentamiento global. Contienen cerca de 70% del agua dulce disponible y su pérdida nos arrebataría un respaldo fundamental de supervivencia a largo plazo, pues el agua líquida producida se disolvería de inmediato en el mar, contaminándose con sal.

La fusión acelerada de la Antártida se ha podido constatar fotografiando los inmensos bloques de hielo que se han desprendido del continente, desintegrándose en cuestión de semanas en el mar circundante. En las regiones árticas el deshielo es aún más evidente por el volumen de hielo involucrado, que es considerablemente menor que el de la Antártida. El ritmo de mengua en los glaciares de los Alpes y los Himalayas resulta también muy elevado.

Agua y mercado

En Egipto el faraón era dueño de la tierra, los minerales y el agua; compartía estos recursos vitales con su pueblo a cambio de obediencia y el pago de impuestos.

Dada la relevancia fisiológica del agua y su uso agrícola e industrial, los conflictos derivados de su escasez desembocan muy pronto en violencia. En Medio Oriente, por ejemplo, todas las guerras modernas han estado asociadas más estrechamente con disputas relativas al reparto de agua que con los yacimientos petrolíferos.

Los problemas entre México y EUA provenientes del reparto de aguas del Río Colorado y del Río Bravo se han agravado paulatinamente, y la situación empeorará seguramente en el futuro, considerando el aumento de la población de ambos países.

En la frontera con Guatemala también existen dificultades hidrológicas, como lo demostró el desbordamiento del río Suchiate en 2005, como consecuencia del paso del huracán Stan.

¿De quién es el agua?

La distribución geográfica de la población mexicana tiene poca relación con la de sus recursos de agua. Casi 80% de los habitantes se concentra en el centro y el norte del país, donde se halla menos de un tercio del agua dulce disponible, mientras que el resto de nosotros ocupa las pendientes y planicies costeras del sur y el sureste del país, donde fluyen los grandes ríos transportando dos terceras partes del agua nacional.

Por si esto fuera poco, la mitad de nuestra agua de consumo y una fracción mayor de la de riego, se pierde debido a filtraciones, grietas y otras fallas.

A excepción de Monterrey y de Tijuana, que cuentan con eficientes sistemas públicos de distribución y administración del agua, las demás urbes mexicanas con un millón de habitantes o más sufren graves problemas de abasto. El Distrito Federal virtualmente le arrebató el agua a quien se deje en su enorme periferia. Guadalajara está en proceso de agotar la capacidad de renovación del Lago de Chapala y sus acuíferos aledaños. Xalapa reinventa su sistema de abasto de agua a intervalos cada

vez más cortos y en la actualidad depende en buena medida de agua proveniente del estado de Puebla, convirtiéndose así en rehén de los municipios involucrados en este esquema, ya sea como abastecedores o como sitios de tránsito de la tubería.

Hace unos 25 años, en el apogeo del neoliberalismo, cobró fuerza la propuesta europea de considerar al agua como una mercancía más y “abrirle la puerta” al capital privado para su administración y comercio. Surgieron entonces compañías (francesas en su mayoría) que dominan actualmente cerca de 5% del mercado mundial de agua. Han sido contratadas en diversas partes del mundo (Cancún es uno de sus clientes), con resultados negativos en la mayoría de los casos pues, apenas toman control del suministro, el recurso se encarece notablemente. En Bolivia, por ejemplo, los conflictos con esas compañías han llegado al umbral de la violencia social.

Foros mundiales

Este escenario caótico le sirvió de fondo en 2006 al IV Foro Mundial del Agua, celebrado en la Ciudad de México, al que asistieron príncipes y embajadores y representantes del Banco Mundial, de las compañías que comercializan el agua y, en forma minoritaria, de organizaciones con la filosofía de que el agua es un recurso público tan fundamental y delicado, que debe ser administrado por la comunidad a través de organismos públicos apropiados. El filtrado de los asistentes comenzó con la cuota de participación en el evento, que era de cientos de dólares. Aún así, unas diez mil personas, entre particulares y representantes de gobiernos y organizaciones, pagaron boleto.

Paralelamente al foro tuvieron lugar eventos alternativos y en gran medida antagónicos, organizados por los opositores al sesgo privatizador que le han impreso al foro tanto el Banco Mundial como las comercializadoras privadas del agua. Su tarea esencial consistía en presionar para que se incluyera en el documento de conclusiones la aserción de que el acceso al agua, en cantidad y calidad apropiadas, constituye un derecho primario de la humanidad.

A pesar de insistir en que el problema de abasto de agua debe abordarse localmente, en las conclusiones del foro predominaron los puntos de vista de la facción privatizadora. Se hicieron públicos el Día Mundial del Agua, un día típico, durante el cual murieron en el mundo cerca de diez mil personas, en su mayoría niños y niñas, por causas relacionadas con la deficiente cantidad y calidad del agua que bebían. La cuota mortal de cualquier día es similar. Mientras tanto, 95% de las aguas superficiales mexicanas siguen contaminadas y los acuíferos se sobreexplotan como si no existiera un mañana. Tepeu y Gucumatz deben estar alarmados.

Desiertos

Una de mis regiones preferidas para caminata y montañismo es el sector del Eje Volcánico que comprende al Volcán Parícutin, el cual inició su rudo nacimiento en febrero de 1943 y al final de un parto de varios años dejó convertida a la zona circundante en un desierto. Conocí todavía grandes extensiones de arenales desprovistos de vida y fui testigo de su colonización lentísima y heroica por pequeñas hierbas que prepararon el terreno para arbustos espinosos, seguidos de una larga sucesión de especies hasta que aparecieron los primeros árboles que, aunque sufrieron una gran mortandad inicial, generaron gradualmente prolongaciones verdes que penetraron como cuñas en el terreno hostil, apoyadas en los bosques supervivientes de la periferia. Eventualmente la recolonización llegó hasta la zona misma del derrame de lava alrededor de los dos cráteres principales, la cual presenta actualmente innumerables islotes verdes con matorrales y pinos.

¿Qué es un desierto?

Extrañamente, no existe una definición simple y universalmente aceptada de lo que es un desierto. En el caso del Parícutin, la ausencia de vida en la zona circundante durante varios años después de la erupción no dejaba duda de que la zona era un desierto. Lo corroboró la hambruna de los que tuvieron que emigrar al ver sus campos y poblados destruidos por la lava y las cenizas ardientes.

En el extremo opuesto de temperatura, las soledades heladas de los casquetes polares también deben considerarse desiertos de acuerdo con este criterio.

La definición de un desierto como “una zona exenta de vida” es demasiado restrictiva y, por lo tanto, poco útil. De hecho, la vida es tan tenaz que aun las dunas interminables del Sahara amanecen cada día con una somera capa endurecida, formada por bacterias que proliferan con el rocío nocturno y mueren en su mayoría con la llegada del sol, dejando sin embargo una cantidad suficiente de esporas (bacterias parcialmente disecadas, en vida latente) para reiniciar el ciclo de vida al llegar la noche.

Según una definición alternativa, centrada en la cantidad de agua superficial, un desierto es una zona donde la evaporación (o evapotranspiración, si incluimos la transpiración de las plantas existentes) es mayor que el influjo de agua por lluvia y niebla. Esta definición, sin embargo, deja fuera a los desiertos helados.

Más útil sería quizá definir a un terreno o región como un desierto en relación con la biomasa y la diversidad de especies de terrenos o regiones similares

en cuanto al flujo anual de agua, la temperatura promedio y sus fluctuaciones anuales, el contenido de minerales del suelo y demás atributos de relevancia biológica.

Sin embargo, resulta innegable que existen grandes desiertos en África (el Sahara y desiertos o semidesiertos al sur del continente), en Asia (la Península Arábiga, el desierto en Afganistán y parte del Valle del Indo, el desierto de Gobi) y en Australia (buena parte de la región norteña y occidental alejada de las costas). Existen también desiertos importantes en el sur y occidente de EUA y algunos de menor extensión en el norte de México. En Sudamérica hay desiertos en Chile y en Argentina.

Desertificación

Más provechoso desde un punto de vista práctico es el concepto de desertificación, que consiste en la disminución sistemática de la producción anual de biomasa en un terreno o región. Este proceso de degradación puede tener varias causas, una de las cuales es un cambio climático que modifica de manera apreciable el flujo de agua, la temperatura promedio y sus fluctuaciones, etcétera. Tales procesos toman milenios en el caso de grandes regiones, permitiendo la adaptación gradual de una fracción de sus habitantes a las nuevas condiciones de vida.

Un agente de desertificación aun más rápido y poderoso en nuestro tiempo es la actividad humana cuando conduce a la sobreexplotación del entorno, usualmente por seguir prácticas destructivas del ecosistema, o por efecto de la sobrepoblación. Por supuesto, los excesos de ambición generan también desiertos, a veces de la noche a la mañana, como en el caso de las grandes minas, donde la vegetación es destruida y el suelo es esterilizado con ácido sulfúrico y otras sustancias hostiles a la vida, que se dispersan en la periferia como parte del proceso de extracción y refinamiento de minerales.

Una de las actividades humanas que más contribuye a la desertificación es el pastoreo. Las patas del ganado comprimen el suelo y deterioran o eliminan la flora y la fauna del subsuelo, que son imprescindibles para mantener su fertilidad. Además, el pastoreo excesivo disminuye la cubierta de vegetación y favorece con ello la erosión y la evaporación del agua, así como la salinización del suelo.

Reacción en cadena

Todos los efectos descritos son complementarios y actúan simultáneamente, acelerando el deterioro y la eventual desertificación del terreno afectado. Si a esto le agregamos el factor de la sobrepoblación resulta un uso excesivo de los manantiales y acuíferos y un empobrecimiento del suelo por la destrucción de los bosques y matorrales y por la recolección de leña.

El cuadro desolador se completa cuando (como es frecuente en las regiones semidesérticas), el grupo humano involucrado es itinerante, pues con sus hábitos de vida lo que logran en su intento de escapar del desierto es propagarlo. Los nómadas

del desierto nunca logran escapar a su destino, porque (literalmente) llevan al desierto con ellos.

Los mayores procesos de desertificación ocurren actualmente en el Sahel (la extensa región inmediatamente al sur del Sahara), y alrededor de los mares interiores (Caspio y Aral) en el centro de Asia.

Evolución de los desiertos

Ninguno de los desiertos actuales es muy antiguo. El Sahara, por ejemplo, tenía vegetación suficiente como para mantener una presencia humana considerable hasta hace unos cinco mil años, cuando ocurrió una transición drástica que lo llevó a su estado presente en pocos siglos. La evidencia de su evolución proviene tanto de polen fósil que preserva, como de la cantidad de material que sus tolvaneras han depositado anualmente en el fondo del Atlántico durante los pasados diez milenios.

Las grandes selvas tampoco son permanentes. Existe evidencia, por ejemplo, de que extensas zonas de la selva amazónica fueron sabanas y semidesiertos hace unos treinta mil años.

La dimensión humana

Los problemas semánticos asociados con los desiertos y, sobre todo, con la desertificación, son irrelevantes desde la perspectiva humana, que interpreta ambos conceptos —sobre todo el segundo— en términos de hambre, sed y mortandad.

Los desiertos son hermosos en la alborada y en el crepúsculo, y quizá un poco durante la noche. En el transcurso del día la incomodidad por las altas temperaturas, la intensidad excesiva de la luz y la resequedad de la piel y las mucosas invitan a los habitantes a emular a escorpiones, serpientes y demás animales del desierto, resguardándose bajo techo o bajo el suelo.

La supervivencia en los desiertos y semidesiertos es siempre fatigosa. Por ejemplo, una fracción mayoritaria de la energía humana y de la que suministran los combustibles que se consumen en Israel se gasta en obtener y distribuir agua. La búsqueda y el acopio de agua y de leña en el Sahel consumen gran parte del tiempo y la vitalidad de niños y mujeres, quienes se encargan de esta pesada labor mientras los hombres cuidan el ganado.

Año Internacional de la Desertificación

El límite de supervivencia nunca está muy lejano en los desiertos y semidesiertos, y muchos desafortunados lo transponen cada año, empujados por fluctuaciones en la precipitación de lluvia o por una nube de langostas. La magnitud de este problema global es tal que la ONU estableció en 1996 un organismo especial, la Convención para Combatir la Desertificación, encargada de coordinar las estrategias mundiales

de prevención y defensa contra el fenómeno; asimismo, eligió a 2006 como Año Internacional de la Desertificación.

Existen otros organismos internacionales con el mismo fin, que entran en máxima actividad cuando se encienden los focos rojos con las fotografías terribles de seres humanos —sobre todo niños— famélicos y con los rostros tapizados de moscas, que las víctimas no logran quitarse debido a su extrema debilidad.

Este mecanismo de respuesta *a posteriori* tiene su contraparte en una estrategia de los gobiernos locales (principalmente en África) que, ante la crisis, se limitan a adquirir en los países ricos la máxima cantidad de ayuda (agua, alimentos y medicinas) en el menor tiempo posible. El círculo vicioso resultante ha sido criticado duramente en años recientes como un factor que perpetua el problema, por no incluir en su rutina mecanismos de prevención de fluctuaciones recurrentes, ni programas educativos para inducir a las víctimas potenciales a abandonar prácticas ruinosas de manejo del suelo, como el pastoreo excesivo.

Sin embargo...

La desertificación es un proceso reversible. El Sahel fue indistinguible del resto del Sahara hasta hace unos doce mil años y reverdeció gradualmente hasta convertirse en una extensa sabana.

Los desiertos generados por el volcán Parícutin en su nacimiento son hoy zonas boscosas en su mayoría, por arte tanto del poder de recuperación de la vida, como del tesón humano. Los desplazados tras la destrucción de San Juan Parangaricutiro (cuya iglesia fue cercada y parcialmente destruida por el flujo de lava, sobresaliendo del infierno dos torres que le han dado la vuelta al mundo en tarjetas postales), recibieron una extensa dotación de nuevas tierras y fundaron San Juan Nuevo, cerca de la ciudad de Uruapan.

Unos treinta años más tarde comenzaron a sembrar árboles de aguacate, durazno y otros frutales en oquedades que excavaban en los arenales. Las pérdidas iniciales fueron elevadas, pero gradualmente la fracción de árboles supervivientes creció y en la actualidad suministran excelentes cosechas.

Más importante resultó una cooperativa maderera iniciada por un grupo de los pobladores, que comenzó con la explotación de los bosques supervivientes y con un programa de reforestación que abarcaba tanto las zonas explotadas como los arenales más prometedores en aquella época. Gradualmente se elevaron los estándares técnicos de manejo forestal y tratamiento de la madera y creció en importancia el programa de reforestación.

Hasta inicios de los años noventa del siglo pasado, cuando tuve por última ocasión datos precisos y directos sobre este programa, se habían cortado varias decenas de millones de árboles y se tenían como reserva más de 160 millones de

ellos provenientes de la reforestación, que cubrían el rango completo de edades (desde arbustos jóvenes hasta árboles explotables).

La cooperativa de San Juan Nuevo, que provee de madera a las fábricas y talleres de innumerables tiendas del país, ha merecido premios internacionales en varias ocasiones y mira el futuro con optimismo. Esto constituye una visión reconfortante en un horizonte global enrojecido por el humo de los incendios forestales y por las tolvaneras de los desiertos.

Migraciones

En alguna ocasión, la Reina Isabel I de Inglaterra recorrió las calles de Londres y se percató de la abundancia de personas de piel oscura y de sus extrañas costumbres. Conternada por el espectáculo, les preguntó a sus acompañantes qué le estaba sucediendo a su pueblo y agregó que “la reina estaba sumamente preocupada por eso”, hablando en tercera persona como dictaba la etiqueta de la época.

La reacción de la soberana contrasta notablemente con la de uno de los padres de la iglesia cristiana, quien en una visita al mercado de Roma se fijó en un grupo de niños que estaban a la venta como esclavos. Preguntó sobre su origen y le dijeron que eran “anglos” (como llamaban los romanos a los habitantes de la isla que se convertiría con el tiempo en la heredad de Isabel I), y él respondió señalando sus cabellos rubios que, más que “anglos”, serían “ángeles”, si tan sólo conocieran el Evangelio.

Si supiera la reina...

En una conversación reciente en la Universidad de Toronto con personas de varios países, una señora inglesa se quejó de que en varias regiones de su país se había tornado muy difícil obtener un lugar para los hijos en el sistema educativo, pues la mayoría de las plazas disponibles eran acaparadas por inmigrantes, quienes tenían por ley exactamente el mismo derecho a la educación que los habitantes tradicionales y pagadores de impuestos.

Una conversación de ese tipo es tabú en el medio académico, pero el atrevimiento de la señora pareció destapar una olla de presión entre otros europeos presentes, quienes también opinaron sobre el asunto. Una persona proveniente de Italia, por ejemplo, hizo la observación de que tras varios años fuera de su país había retornado a vivir a su región de origen, donde se encontró con la novedad de que casi la mitad de la población local era de inmigrantes árabes, tanto legales como ilegales, quienes habían saturado el sistema de salud, volviéndolo casi inútil para el resto de la población.

Los grandes números

Según un informe reciente de la ONU sobre el asunto, existen actualmente cerca de 200 millones de migrantes, de los cuales entre 30 y 40 millones son indocumentados; un cuarto de ellos están en Norteamérica y un tercio en Europa; cerca de un tercio más se halla en otros países industrializados. La mitad de ese río humano está formada por mujeres.

Aunque la gran mayoría de esos migrantes pertenecían a los estratos económicos más bajos en sus países de origen (la mitad de la cuota anual española de migración, por ejemplo, está destinada a trabajadoras domésticas), una fracción significativa de ellos está integrada por personas de la élite económica y, sobre, todo educativa. Por ejemplo, la cuarta parte de las mujeres migrantes contratadas en Finlandia, Suecia y Gran Bretaña el año 2000 trabajaba en las áreas de salud y enseñanza; 85% de las enfermeras filipinas están contratadas fuera de su país; de los seiscientos médicos educados en Zambia sólo cincuenta permanecen en su nación.

Las remesas económicas que envían los migrantes resultan fundamentales en El Salvador, México y muchos otros países. De los más de 1000 millones de dólares anuales que envían los migrantes a Sri Lanka, por ejemplo, 62% lo aportan mujeres; en el caso de Bangladesh la correspondiente fracción femenina se eleva a 72%.

Según el mismo informe, la corriente migratoria incluye millones de personas que son explotadas como mercancía sexual. Cada año se suman a ese flujo de esclavos más de medio millón de nuevas víctimas, la mitad de ellas niños y niñas. Este incremento anual proviene en su mayoría del sur y del sudeste asiático, con adiciones importantes (cercasas a cien mil personas en cada caso) originarias de América Latina, África, Europa Oriental y países que formaban parte de la antigua URSS.

Los números mexicanos

Durante los pasados cinco años nacieron 12 millones 300 000 mexicanos, murieron 2 millones 700 000 y emigraron 3 millones 200 000. Esto manifiesta que la migración es actualmente el factor primordial en la pérdida de población de nuestro país.

El impacto social de esta diáspora millonaria es profundo y generalmente no se le menciona, pues la propaganda oficial se concentra en la magnitud de las remesas monetarias que envían los trabajadores mexicanos en EUA, las cuales sobrepasan ya los 20 000 millones de dólares anuales.

En algunas de las rancherías más afectadas por la migración es evidente la emergencia de una generación acostumbrada a la dosis periódica de "maná" proveniente del norte, al punto de que se ha descuidado la adquisición de herramientas básicas de supervivencia, la destreza en el cultivo de la tierra y el cuidado de los animales.

Homo vagabundus

En 1987 un estudio genético comparativo de mujeres pertenecientes a diversos grupos étnicos mostró que los más antiguos se hallan en África. Este descubrimiento corroboró resultados previos de carácter lingüístico, basados en una comparación de las similitudes y diferencias entre los idiomas de grupos étnicos de todo el mundo.

La conclusión es que los antepasados más antiguos de *Homo sapiens* aparecieron en África hace unos ciento cincuenta mil años, e iniciaron una migración global que los llevó a colonizar toda la Tierra y casi todos los climas, recorriendo una distancia lineal de al menos veinte mil kilómetros desde el punto de origen (la mitad de la circunferencia terrestre). Aunque el proceso tomó muchos milenios y fue motivado en buena medida por la búsqueda de alimento, indica también que pertenecemos a una especie de vagabundos.

Migraciones históricas

Algunos han interpretado la historia humana como un conflicto recurrente entre clases sociales antagónicas, materializadas en tiempos modernos en la burguesía y el proletariado. Otros la han interpretado en términos de una tensión perenne entre dos modos de vida fundamentalmente distintos, el nómada y el sedentario, que genera periódicamente grandes migraciones desde la estepa y las montañas hacia las ciudades, en busca de botín.

Según esta última versión, las grandes civilizaciones antiguas de Egipto, Sumeria, el Valle del Indo y otras, fueron hostilizadas y finalmente destruidas por migrantes indoeuropeos, que incluían a los hititas, los griegos y los persas. Los invasores sucumbieron eventualmente al discreto encanto de la vida citadina, y fueron dominados a su vez por oleadas migratorias germánicas, eslavas, mongólicas, etcétera.

El espectáculo de las hordas nómadas que se acercaban a las murallas de Babilonia o de Bagdad sedientas de sangre y de botín debe haber sido aterrador. Sin embargo, descontando los desplazamientos humanos generados por las guerras mundiales del siglo pasado, las multitudes previas en movimiento seguramente nunca sumaron más de 2 ó 3 millones de personas en cada caso, lo cual es muy inferior a los 200 millones de migrantes de la actualidad, aun si consideramos sólo la fracción que representa la gente en movimiento relativa a la población mundial.

Mucho va a suceder

Durante la década que duró la Revolución Mexicana nuestro país perdió cerca de 2 millones de personas (20% de su población), por causas relacionadas con el conflicto. Un millón de ellas murieron y otro millón emigró a EUA. Los descendientes de esa gran ola migratoria no son fácilmente distinguibles en la sociedad estadounidense actual, y esto sugiere que el tiempo de adaptación de los 13 millones de migrantes mexicanos más recientes será aproximadamente de un siglo, si las condiciones sociales de ese país no cambian de manera drástica.

¿Cuál será el impacto social de los 200 millones de migrantes actuales sobre el resto del mundo? Su efecto económico es considerable en los países hospederos, y resulta decisivo en algunas de las naciones de origen. Sin embargo, según una frase bien conocida, los países pretenden importar trabajadores, y lo que obtienen

son personas, como han podido constatarlo tanto la reina Isabel I de Inglaterra en el siglo XVII, como las señoras europeas que se quejaron durante la conversación en Toronto de la competencia “injusta” que generan los migrantes en su búsqueda de servicios sociales.

Los migrantes arriban cargados con sus propios microbios y genes, además de su cultura. Inicialmente forman comunidades fácilmente distinguibles del contexto que los circunda, y experimentan poco a poco una asimilación genética y cultural mutua, tras un periodo de transición que puede tomar varios siglos, como en el caso de los africanos transportados a EUA como esclavos. Hay casos también en los que la asimilación no parece completarse nunca, como lo indican los conflictos y matanzas del Medio Oriente, que repiten con poca variación capítulos bíblicos, egipcios y sumerios de hace más de tres mil años.

Humedales y manglares

Hace varios años leí en una revista un comentario de algún fanático de las centrales hidroeléctricas y las cataratas. Proponía convertir al río Nilo (o lo que queda de él) en una gran fuente de electricidad desecando para ello el Mar Mediterráneo de forma que, en su caída al fondo de la fosa resultante, el caudal del río formara una gran cascada (o al menos una corriente muy acelerada) que se utilizaría en el punto más bajo para mover turbinas y generadores.

Los ríos y sus deltas

Los grandes ríos transportan tierra en suspensión que depositan parcialmente en su desembocadura en forma de sedimento, conformando así una zona triangular en la que algunos vislumbran una letra griega (una delta mayúscula), y en la que otros adivinan sólo una pata de pájaro.

El delta de un río es un sistema dinámico, pues el material suspendido en la corriente se precipita al fondo y azolve gradualmente el canal principal de desagüe. El terreno plano del delta conduce además a la formación de numerosos canales suplementarios. Cuando el cauce principal tiene demasiado azolve, el río fluye por uno de los canales secundarios, convirtiéndolo en su nuevo lecho primordial. Este proceso de diversificación y cambio de canales de flujo ocurre a intervalos variables, que van de décadas a siglos.

El río Misisipi

Cada año el río Misisipi transporta en promedio 120 millones de toneladas de material en suspensión, que en otros tiempos depositaba como sedimento en su inmenso delta. Sin embargo, durante el pasado medio siglo este proceso dinámico ha sido obstaculizado con diques, esclusas y otras barreras artificiales, que intentan promover la navegación y proteger de las inundaciones a Nueva Orleans y a otras poblaciones asentadas en el delta. Como consecuencia de ello, el río ha mantenido su curso actual durante un intervalo anormalmente largo, con el resultado de que su delta se ha extendido demasiado en esa dirección, hasta alcanzar el límite donde la plataforma continental termina y empiezan los mares profundos.

El efecto neto de este proceso es que el material que previamente depositaba el Misisipi en la plataforma continental, ahora se pierde al precipitarse hacia los fondos abisales. Un resultado de esta anomalía es que el estado de Luisiana (donde desemboca este gran río) ha perdido una fracción muy considerable de su franja costera en el proceso, pues la erosión causada por las mareas y las tormentas no ha podido balancearse con nuevo material suministrado por el río.

Una dramática derivación de esto fue la inundación y abandono de Nueva Orleans en 2005 tras el embate del huracán Katrina, que destruyó buena parte de los diques construidos para controlar la corriente del río. Este episodio de escala bíblica fue tan sólo un augurio del porvenir, con el agravante además de la incertidumbre climática asociada con la evidencia creciente de un calentamiento global del planeta.

Manglares y humedales

Parte de la solución a largo plazo de este problema está en la enorme cantidad de material en suspensión que lleva el río Misisipi. La otra parte corresponde a los manglares y humedales que han protegido desde siempre la costa de Luisiana y del resto del Golfo de México. Los manglares forman con sus raíces fuertes, profundas y entrelazadas una barrera de contención que absorbe y neutraliza el embate mecánico del oleaje. Su fronda atenua la energía del viento.

La segunda línea de defensa la suministran los humedales, que son terrenos planos saturados de agua, los cuales toman varios nombres según sus características particulares (pantanos, marismas, esteros, ciénagas, etcétera). Técnicamente incluyen también a los manglares, mencionados en este artículo por su posición prominente en la interfaz con el mar. Los humedales ofrecen un reservorio para las avenidas y las mareas, absorbiendo su energía mecánica y aminorando así la erosión del suelo. La vegetación de los humedales constituye otro gran atenuador, tanto en el sentido mecánico como en el hidrológico (a través de la evaporación).

El colapso de la defensa costera de Luisiana se debió a que el flujo controlado del Misisipi ha disminuido las inundaciones en la gran zona del delta, al extremo de diezmar por desecación la flora y la fauna de los humedales.

Marcha atrás

A partir del huracán Katrina se han buscado mecanismos preventivos de eventos semejantes. Una de las propuestas consiste en eliminar los diques que le impiden al río Misisipi fluir por su nuevo canal primario, que según la evidencia disponible eligió ya desde hace décadas.

Esta recomendación técnica ha sido durante muchos años un tema recurrente en las discusiones oficiales sobre el futuro de la interacción de Nueva Orleans y el resto de Luisiana con su gran río. Sin embargo, había sido rechazada como algo impráctico y casi impensable por su impacto económico.

En primer lugar está el enorme tráfico comercial del Misisipi, que Nueva Orleans ha considerado desde siempre como su "derecho natural". En segundo, están las grandes instalaciones petroleras e industriales de la zona, que fueron diseñadas alrededor del río como medio de transporte. En tercer lugar está, por supuesto, el enorme costo de un proyecto de ingeniería tan vasto y complejo y, en

cuarto, la actual incertidumbre técnica y científica sobre la respuesta del delta del río ante una perturbación tan profunda de su régimen natural de evolución.

Humedales mexicanos

Los humedales costeros mexicanos más extensos se hallan en Tabasco, según lo constató el propio Hernán Cortés en su infortunada incursión a Las Hibueras, a un alto costo en sudor y lágrimas. Otros humedales importantes son los de la península de Yucatán, sobre todo en Quintana Roo. Entre ellos destacan los del área de Cancún, que han sido diezmados para construir grandes complejos turísticos y para alojar a la población local.

Humedales veracruzanos

Los más importantes geográfica y socialmente son los asociados con el río Papaloapan, que incluyen hermosas lagunas costeras en su desembocadura. Más al sur está la región de La Ciénaga, cerca de Lerdo de Tejada.

Los humedales que rodean al puerto de Veracruz han sido juzgados desde siempre como fuentes de enfermedades, ignorando su efecto estabilizador del terreno. Esto ha llevado a la población local a tratarlos como un estorbo que debe ser removido en nombre del progreso. Como consecuencia de ello buena parte de la ciudad se halla ahora asentada literalmente en arenas movedizas, a pesar del diagnóstico brillante y la labor de salvamento de Miguel Ángel de Quevedo hace un siglo.

Más al norte está la extensa zona de humedales que incluye a la Laguna de La Mancha. Su contribución ecológica fue “premiada” a finales del siglo pasado con un gasoducto y una planta nucleoelectrónica.

Interrumpidos por la irrupción del Eje Volcánico en el Golfo de México, los humedales veracruzanos prosiguen hacia el norte hasta verse coronados por la Laguna de Tamiahua, el más majestuoso de ellos.

Destino manifiesto

Recientemente viajé a Canadá en un avión cuya ruta pasa por la Laguna de Tamiahua y por el delta del Misisipi. Desde el aire la similitud entre ambos humedales resulta evidente y hace temer que tendrán a largo plazo un destino común. Los huracanes Janet, Gilbert y Stan se hallan inscritos en el mismo archivo del infierno que Katrina.

Genética y destino

Los periódicos hindúes incluyen cada día una larga sección dedicada a los anuncios de mujeres casaderas, casi siempre menores de 20 años. Tales anuncios contienen una lista de las virtudes de la dama en cuestión, que incluyen información sobre la fortuna y la casta de su familia, e invariablemente la frase "*fair skinned*" ("de piel clara"), algo difícil de creer si uno se detiene en cualquier esquina de ese país y mira a su alrededor.

Entre los requisitos que se les imponen a los pretendientes, además de una casta elevada y un currículum económico apetecible, está el envío de su *carta de estrellas*, o sea, su horóscopo, usualmente elaborado por un experto al nacer cada infante hindú. Otro requerimiento frecuente es el pago de una "cuota de entrada", por el derecho a que la petición sea realmente examinada por la novia y sus familiares. Esta cuota bien puede alcanzar los diez mil dólares en el caso de una muchacha de casta elevada y familia opulenta.

Horóscopo

Superado el escollo económico y racial, el factor decisivo en la elección de esposo a partir de la lista de pretendientes es la carta de estrellas, pues al compararla apropiadamente con la de la novia, se puede averiguar (con cierto entrenamiento) el grado de resonancia de sus respectivos espíritus y cuerpos. Cuando los horóscopos se empalman apropiadamente, esto se toma como garantía de que resultará un matrimonio duradero y feliz.

La búsqueda de certidumbre en el matrimonio a partir de sintonía entre los horóscopos de la pareja prospectiva, contrasta vivamente con la escasa preocupación de buena parte de los hindúes sobre su futuro económico, cuyo horizonte diario parece no rebasar el crepúsculo.

La bola de cristal

El aparato de ultrasonido constituyó un gran avance de la ciencia médica al permitir determinar el género del feto y detectar malformaciones superficiales y otros problemas. Sin embargo, estos avances resultan minúsculos ante el impacto de los métodos genéticos para detectar problemas potenciales, asociados con la presencia de ciertos genes defectuosos en el genoma del ser en gestación, usualmente adquiridos a través de sus progenitores. Por supuesto, no todas las malformaciones del embrión provienen de genes específicos; algunas involucran defectos globales, como puede serlo la presencia repetida de un cromosoma particular (el número 21), en el Síndrome

de Down. En este caso, el defecto en el feto puede discernirse a partir de las concentraciones anormales de ciertas proteínas (como la alfa fetoproteína) en el suero materno o en el líquido amniótico.

La capacidad de detección de problemas fisiológicos futuros creció enormemente con el desarrollo de la ingeniería genética, que permite localizar genes específicos y aun neutralizarlos o eliminarlos individualmente en un número creciente de casos.

Embriones

La ventaja de los métodos genéticos resalta cuando se les utiliza para analizar células en las etapas tempranas del embrión. De hecho, el procedimiento en boga consiste en examinar células pertenecientes a la tercera generación a partir del cigoto (óvulo fecundado).

El procedimiento, llamado diagnóstico genético preimplantación (en inglés *preimplantation genetic diagnosis*), se inicia con la inseminación artificial de óvulos, que se mantienen en un medio adecuado en un plato de petri. Al completarse la tercera división celular (la cual origina 8 células a partir del cigoto), se elige al azar una célula de cada uno de los embriones y se realizan en su genoma las pruebas genéticas deseadas. El siguiente paso consiste en identificar de esta manera un embrión libre de características indeseables para la pareja que aportó los óvulos y el esperma originales, e implantarlo a continuación en el útero de la madre.

Los demás embriones son desechados tras una muerte súbita provocada químicamente. Aunque se trata de masas celulares incipientes, esta parte del procedimiento resulta difícil de aceptar para muchas de las parejas que se someten al tratamiento.

Destino

El efecto a largo plazo de remover una célula que representa un octavo del total de un embrión no se ha estudiado de manera satisfactoria. Esto implica que existe un riesgo potencial para los niños provenientes de tales embriones, cuyos alcances se discernirán sólo a través del tiempo, con análisis estadísticos de las historias de vida de un grupo suficientemente grande de ellos.

Con todo, tan sólo los tratamientos individuales de este tipo orientados a minimizar el riesgo de cáncer de mama suman ya más de cien mil en EUA, a partir de los albores de esta técnica en 1996. La raíz de estos grandes números está en la alta incidencia de ciertos tipos de cáncer en las sociedades modernas, donde es elevada la fracción de personas que viven más de cuarenta años. Por ejemplo, una de cada ocho mujeres de EUA desarrollará cáncer de mama a lo largo de su vida; para colmo, si poseen formas mutantes de dos genes específicos que no identificaré aquí, el riesgo se eleva a una de cada dos.

¿Qué es lo que las parejas buscan cuando usan este tipo de diagnóstico? Lo más usual es esquivar genes asociados con los cánceres frecuentes entre sus familiares y sus ancestros, así como los genes relacionados con enfermedades degenerativas del tejido nervioso, como la esclerosis múltiple, afecciones del tejido óseo como la artritis, etcétera.

Preferencias

En palabras de un experto en este campo, “desde el punto de vista puramente genético, podemos explorar cualquier cosa”. Las restricciones actuales para el uso de esta técnica son entonces de carácter ético y económico. Hasta ahora las personas la han utilizado tratando de escapar de sus propios fantasmas, pero la misma técnica sirve perfectamente para elegir embriones que poseen genes asociados con caracteres considerados atractivos en algún contexto social.

La búsqueda por este medio de Apolos, Hércules y Afroditas no ha comenzado aún de manera abierta, pero no puede estar muy lejos a estas alturas. Tampoco puede estarlo el rastreo de nuevos Sófoles, Newtons y Einsteins. Esto apunta al peligro latente de dividir a las sociedades humanas en grupos de élite y en multitudes cuyos padres no pudieron costear la ruta del éxito inducido con herramientas genéticas.

Por supuesto, la inteligencia y la fuerza física se ven muy mermadas como factores darwinianos de supervivencia si van asociadas con desórdenes mentales. Sin embargo, no es difícil concebir la formación gradual de una minoría tan depurada en cuanto a su distancia de las debilidades humanas, que sus miembros parezcan superhombres y supermujeres en relación con los menos afortunados en este sentido.

Asimismo, la eugenesia (el mejoramiento intencional y dirigido de las razas) se halla totalmente desacreditada. Empero, esto es cierto sólo para la eugenesia anticuada, basada en la hibridación motivada y dirigida por criterios de méritos particulares. En contraste, la eugenesia que resulta posible utilizando métodos genéticos como los recién descritos tiene un potencial casi ilimitado.

Paraíso perdido

Hace varios años una persona fue atropellada en Washington por un vehículo de la comitiva del presidente en funciones de EUA; afortunadamente, el percance fue leve y su salud no se vio quebrantada. Algunos días más tarde y tras varias entrevistas en televisión, la víctima se hizo de un agente artístico (o viceversa) para orientar su nuevo proyecto inmediato de vida, que consistía en actuar como comediante en diversos foros, diciendo chistes sobre los antecedentes y las circunstancias de su peripecia, sobre los personajes involucrados, y sobre sí mismo. Según el cálculo experto (y seguramente interesado) del agente oportunista, la ganancia prevista a partir del “capital” acumulado por su cliente a raíz del percance era de unos 75 000 dólares de aquella época.

Golpes de fortuna

Varios años después, un físico de ese mismo país asistió a un juego de béisbol, donde la gran atracción era un jugador que recién había empatado un famoso récord de bateo, y se lanzaba a superarlo en cada juego. En esa ocasión la fortuna favoreció tanto al bateador, quien rompió el récord, como al científico, quien atrapó en su propio asiento la pelota consagrada por el bateador, simplemente alzando su mano enguantada.

Según el avalúo de los expertos, la fortuna que literalmente había llegado a las manos del físico era cercana a 2 millones de dólares. De inmediato recordé al hombre transmutado en aprendiz de cómico a raíz de un atropellamiento presidencial, y sentí cierta aprensión por el siguiente paso del físico, quien felizmente salvó la imagen del gremio científico retornando discretamente a su laboratorio.

El dios de los grandes números retornó muy pronto, en la guisa de un empleado de la oficina recaudadora de impuestos, para anunciarle al físico que había tenido una ganancia superior a un millón de dólares y que debía pagar al punto los impuestos de ley.

Numerología

Más que otra cosa me interesa enfatizar los extremos a los que ha llegado nuestra cultura en su obsesión por asignarle números (preferiblemente en dólares y en euros) a todo aquello que se mueve, o deja de hacerlo, bajo el sol.

Existen criterios económicos para estipular precios, que resultan transparentes cuando se aplican a los materiales y energía indispensables para nuestro abrigo y sustento. Esos mismos criterios, empero, se tornan oscuros o irrelevantes

cuando se trata de una obra de arte: ¿Cómo justificar que se paguen 100 millones de dólares por una pintura, los cuales se esfuman al punto si un experto pone en duda la autenticidad de la misma?

Numerología ecológica

Existe un sector que pide a gritos ser incluido en la obsesión numerológica de *Homo economicus*. Se trata del sector ecológico, donde la identificación de mercancías y la asignación de precios parecen llevar un retraso de siglos en relación con el resto del contexto económico. Para colmo, tal deficiencia afecta profundamente las condiciones de supervivencia de nuestra especie y de muchas otras.

Los materiales y las fuentes de energía son componentes del ecosistema global que fueron etiquetados hace milenios, refinándose el esquema gradualmente en siglos recientes. Un ejemplo del avance en el sistema de asignación de precios es el petróleo, que en tiempos de Marco Polo constituía una mera curiosidad negra y aceitosa en algunos rincones perdidos de la Ruta de la Seda.

La valuación de sustancias como el titanio o el uranio ocurrió siguiendo un patrón similar, con el prerrequisito de nueva ciencia y nueva tecnología para cuantificar la relevancia económica de esos materiales.

Este proceso de asignación de precios se aceleró durante el siglo pasado, en buena medida, por el aumento notable de la población humana, que ha conducido a varias consecuencias desagradables. Una de ellas es que ahora tenemos que pagar por muchos servicios que antes nos brindaba gratis el medio ambiente.

Paraíso perdido

Empezaremos con un ejemplo limitado y casi trivial, como preludio de los grandes números que seguirán más adelante. Según la tradición oral michoacana, en la ciudad de Uruapan nadie pedía “un vaso de agua”, sino “una jarra de agua”, pues sus lluvias abundantes y el suelo volcánico la habían dotado de un sinnúmero de manantiales que prodigaban torrentes purísimos por todos los rumbos de la ciudad y en los cerros aledaños.

Sin embargo, algo pasó. Mermó el caudal de los manantiales hasta provocar la desaparición de muchos de ellos, y el agua que brota en la actualidad viene cargada de pesticidas y otros venenos, contaminándose además con gérmenes fecales a pocos metros del sitio de afloramiento.

Todo empezó con un aumento desmesurado de la población, tanto por sus fuentes internas como por la inmigración proveniente de poblaciones vecinas. Además, las huertas de aguacate crecieron sin control, al precio de una gran destrucción de los bosques circundantes, y de la contaminación de los filtros de roca y de los acuíferos con pesticidas utilizados para proteger la fruta.

El mundo real

La gente de Uruapan ahora pide un vaso de agua como los demás mortales; agua que tuvo que purificarse a un alto costo monetario con el fin de hacerla potable. Además, al escasear los manantiales, esta agua químicamente subsidiada tiene que transportarse en pipas para alcanzar los rincones desfavorecidos de la ciudad. Para colmo, La Tzaráracua, famosa cascada del río que nace en un gran manantial en el centro de la ciudad, se halla convertida en un caudal maloliente de aguas negras que ahuyenta al turismo.

¿Cómo calcular el costo para los uruapenses de esta degradación ecológica? No resulta difícil. Sólo hay que sumar lo que gastan ahora en purificar y transportar el agua que beben, y lo que pierden por la merma en afluencia turística en relación con los buenos tiempos.

Esta misma técnica (refinada en varios aspectos), fue empleada en 1997 por un grupo de científicos (R. Costanza *et al*, *The value of the world's ecosystem services and natural capital*. Revista *Nature*, volumen 387, páginas 253-260) para asignarle un precio a los servicios que nos suministran los ecosistemas, basado en lo que nos veríamos obligados a pagar para no perder tales servicios, al deteriorarse o desaparecer los ecosistemas que nos los otorgaban.

La factura ecológica

Según los resultados en el trabajo científico recién mencionado, los servicios que nos suministra en un año una hectárea de tierra dedicada a la ganadería (en la forma de alimento, zapatos, etcétera), suman 232 dólares estadounidenses (haciendo un promedio mundial). Una hectárea de tierra dedicada al cultivo de cereales nos proporciona en promedio 92 dólares al año.

En contraste con ello, una hectárea de mar nos suministra 577 dólares en la misma escala, mientras que una hectárea terrestre nos otorga anualmente servicios por un valor de 804 dólares en promedio, cuando sumamos todos los usos que se le dan. Una hectárea de bosque boreal nos proporciona 302 dólares al año, y una de bosque tropical, 2000 dólares.

En esta escala novedosa las joyas de la corona son los humedales y los esteros. Los humedales, por ejemplo, nos regalan servicios anuales a razón de cantidades que van de 10 000 a 19 500 dólares por hectárea (según el tipo de humedal), mientras que los esteros contribuyen con 22 800 dólares por hectárea, en promedio.

En días pasados, estos mismos científicos publicaron un listado similar para el estado de Nueva Jersey, en EUA. En ese escenario limitado obtuvieron montos para los servicios suministrados que van desde casi 5000 dólares por hectárea de zona verde urbana, hasta 84 000 dólares por hectárea en ciertas playas con dunas costeras que resultan esenciales desde la perspectiva ecológica.

Lo más interesante de este nuevo ejercicio fue la interpretación de tales números en términos jurídicos, que los científicos involucrados les propusieron a las autoridades de ese estado, estimando en 2600 dólares el valor de una hectárea de plataforma marina costera (según los servicios que ofrece), cantidad que debe servir de base para multar a los responsables de un derrame petrolero en esa área.

Microcosmos

El costo de los servicios que suministra el ecosistema global no constituye un descubrimiento mayúsculo. Baste considerar el precio monetario de un vaso de agua potable en un sitio desértico (en Arabia, o en Baja California, por ejemplo), donde el líquido se obtiene desalinizando agua marina. Ante este cambio de perspectiva, en un futuro cercano consideraremos al mundo de nuestros abuelos como el Jardín del Edén.

En mi niñez, la región de Los Tuxtlas, Veracruz, era ecológicamente cercana a la versión casi mítica de la Uruapan vieja. Las cascadas eran prístinas. En los manantiales brotaba agua pura y abundante para todos. Hoy ambas regiones parecen empeñadas en echarse a cuestras el peso de su iniquidad ecológica.

Ensayos Cotidianos

Que no quede huella

Hasta hace unos veinte años había cimientos prehispánicos y pequeñas pirámides en Morelia, al pie de una falla geológica al sur de la ciudad; yo recorrí esos vestigios de la antigüedad michoacana y los fotografié. Nada queda de aquello, pues la zona sufrió una drástica transición urbana y se llenó de casonas lujosas en corto tiempo. De la noche a la mañana se alzaron altas murallas y brotaron mansiones, enterrando a las ruinas o convirtiéndolas en material de construcción. Crimen y castigo: la mencionada falla geológica ha resquebrajado los pisos y paredes de más de una mansión intrusa.

Movedores de tierra

Los ríos han sido los grandes movedores de tierra en tiempos geológicos. Han cavado hendiduras como el Gran Cañón del Colorado; han disuelto montañas, mesetas y cordilleras, y en el proceso de transportar sus despojos han desplazado o echado al mar continentes enteros. Según cálculos geológicos, anualmente los ríos arrojan al mar unos diez kilómetros cúbicos de material.

Sorprendentemente, los grandes números de los ríos como arquitectos del planeta fueron ya superados por nuestra especie, que mueve cada año cerca de once kilómetros cúbicos de tierra y rocas; esto equivale a más de una camionada por persona. El viento, los glaciares y los océanos trasladan anualmente cantidades notablemente menores de material.

Bulldózers

Los humanos removemos material al cavar minas, túneles y lagos artificiales; al construir casas, carreteras, estadios, pirámides, presas, diques, islas artificiales, etcétera. De hecho, buena parte del material que transportan los ríos proviene de actividades humanas que incrementan la erosión, como la minería y la agricultura.

Nuestro complejo de bulldózers es muy antiguo. Durante los pasados cinco mil años de historia hemos desplazado tierra y roca suficiente como para construir una cadena montañosa de unos cuatro mil metros de altura, cien kilómetros de extensión y cuarenta de anchura.

Impacto ecológico

Esta numerología adquiere significado al considerar que en el proceso de mover materiales hemos borrado montañas, desviado ríos, desecado pantanos, construido y vaciado lagos, sin ponderar las consecuencias ecológicas de nuestras acciones.

Incontables especies han sufrido o desaparecido como consecuencia de ello, sin figurar siquiera en un catálogo. Las manifestaciones de impacto ambiental llegaron demasiado tarde para ellas, incluso como esquelas mortuorias.

Los proyectos de irrigación que han hecho florecer desiertos en el suroeste de EUA, en Egipto y Australia, y en valles mexicanos como el de Apatzingán, han generado también problemas de salinidad del suelo y escasez de agua en las regiones despojadas, que amargan el sabor de las cosechas. Los terrenos que se le han ganado al mar con grandes diques son frágiles y requieren un mantenimiento perenne y costoso, en términos del acopio y transporte de materiales de reemplazo.

Los fósiles

El continuo reciclaje de los continentes debido a la tectónica de placas sugiere que la distribución de fósiles es uniforme en todo el planeta. Sin embargo, los grandes depósitos se concentran en algunas regiones des pobladas de Canadá, Australia, Argentina, EUA, China y Siberia. Esto nos lleva a la conclusión de que en las zonas en que el ser humano ha habitado por más tiempo, los afloramientos de estratos ricos en fósiles han sido destruidos, borrando así buena parte de nuestra huella evolutiva de los pasados 600 millones de años.

Aunque los lugares en que hay un mayor número de ellos se hallan relativamente bien protegidos en la actualidad, los reservorios medianos y pequeños de fósiles no están libres de depredación por visitantes ocasionales y por traficantes, quienes venden sus ejemplares mejor conservados literalmente a precio de oro.

Pirámides y templos

Cuando los talibanes tenían el poder en Afganistán destruyeron a cañonazos dos Budas colosales de más de mil quinientos años de antigüedad, bajo el pretexto de borrar la huella idólatra de una religión anterior a la suya, y con un deseo ardiente de desafiar a las voces occidentales que se oponían a esta acción. El saqueo de Egipto por Napoleón se realizó de manera sistemática, involucrando a varios científicos franceses notables de la época. El Museo Británico despliega el botín de guerra inglés conseguido en tres siglos de imperialismo depredador. Las primeras iglesias cristianas en México y el resto de América fueron construidas sobre las ruinas de templos prehispánicos, utilizando sus despojos como material de relleno y construcción.

Por alguna extraña razón, la actitud de los visitantes de los países desarrollados hacia las ruinas de ciudades antiguas en el resto del mundo es de rapiña, en un sentido y con una intensidad que se antojan incomprensibles, sobre todo cuando se observa a esas mismas personas en actitud casi religiosa transitando por el Louvre o la Galleria degli Uffizi. Bajo el influjo de esta enfermedad han caído personajes de la talla del escritor André Malraux, ministro de cultura de Francia en el gobierno de

Charles de Gaulle y revolucionario cosmopolita, quien a inicios del siglo pasado robó una de las famosas Apsaras (bailarinas celestiales) de Angkor Vat, la joya arquitectónica de la cultura khmer, en Camboya. Si les sumamos a estos ladrones elegantes los saqueadores y traficantes de pico y pala, se ensombrece el augurio sobre la persistencia a largo plazo de la huella cultural de todos los pueblos.

Lenguas

Existen en el mundo entre seis mil y siete mil lenguas vivas, en el sentido de que son habladas por al menos una persona. Sin embargo, cada dos semanas en promedio muere el último hablante de una de ellas. Según Bruce Cole, presidente de la National Endowment of Humanities de EUA, “el lenguaje es el ADN de la cultura [...] un idioma perdido es una cultura perdida”. Así, cada dos semanas se extingue una visión del mundo.

De hecho, la muerte de sus usuarios no es la única causa de extinción de las lenguas. Muchas de ellas simplemente son abandonadas cuando sus hablantes se integran a la cultura dominante en su entorno. En este sentido podemos afirmar que casi todas las lenguas mexicanas de origen precolombino están moribundas. Para colmo, no hay gran diversidad en las culturas y lenguas dominantes del mundo actual. El requerimiento de facilitar el comercio mundial, y el dominio de los medios globales de comunicación por unos cuantos países, son factores antagónicos a la diversidad. En la India, por ejemplo, sobre la multitud de idiomas locales se reconocen oficialmente dieciocho; sin embargo, en la práctica la *lingua franca* en ese país es el inglés.

Rancherías

La vida rural está en vías de extinción. En el año 2000 había en México 19 600 rancherías con menos de 2500 habitantes, donde vivía la cuarta parte de la población. A juzgar por el acelerado crecimiento de las ciudades, su número debe ser bastante menor en la actualidad. Hacia 1950 existían en la India unas 700 000 poblaciones con menos de 5000 habitantes; para 1995 este número se redujo en un tercio.

Consolación

¿Por qué este empeño de nuestra especie en borrar sus huellas evolutivas, sociales y culturales? ¿Estamos presenciando el principio del fin de la paleontología, la arqueología, la biología, la lingüística, la sociología, la antropología, etcétera?

Hace poco vi un documental titulado *Buena Vista Social Club*, que trata sobre el fugaz renacimiento de varios músicos cubanos tradicionales, orquestado (en todos los sentidos) por Ry Cooder, un guitarrista estadounidense. Es un

Pulso ecológico

testimonio hermoso, con un resabio amargo al considerar la avanzada edad de los protagonistas y la muerte en tiempos recientes de varios de ellos. Su desaparición parece marcar el fin del son cubano con raíces campesinas, en favor de la trova citadina actualmente en boga. El joropo venezolano empieza también a dar muestras de contaminación urbana. El tango se volvió académico. El cielo se está cayendo.

Queda el consuelo de que el son jarocho muestra indicios de un renacimiento, aunque no es evidente dónde hallará sus raíces. Ojalá no tengamos que mover montañas a pico y pala para encontrarlas.

No matarás

“¡Vaya libro, el que podría escribir un capellán del infierno sobre los torpes, derrochadores, erráticos, bajos y horriblemente crueles métodos de la naturaleza!”, escribió con acierto memorable Charles Darwin en su obra maestra, *El Origen de las Especies*. Darwin sabía de lo que hablaba. Aun en nuestro tiempo es imposible cambiar un ápice su exclamación sin devaluarla, a pesar de los secuenciadores genéticos a nuestra disposición en laboratorios de acero inoxidable, y de las redes de satélites que permiten detectar con sólo un vistazo las vicisitudes de continentes y océanos. Él se movía con aplomo por todos los rincones de la biología y podía enfocarlos además con precisión envidiable desde una perspectiva ética.

Vivir matando

Matamos para vivir, al menos la mayoría de nosotros, si aceptamos que tanto peca el que mata la vaca, como el que compra un filete. La carnicería es espantosa, incluso si reducimos su descripción a los grandes números involucrados. El hato global de ganado vacuno se compone de casi 1500 millones de cabezas, que rodarán en los próximos cinco años, aproximadamente. Esto significa que a diario serán sacrificados casi un millón de toros, vacas y novillos.

La pira mundial comprende más de 1000 millones de cerdos, que serán también pasados a cuchillo en unos cuatro años más. Un cuchillo que tendrá que afilarse continuamente, para cumplir su tarea de matar y destazar cerca de un millón de animales diariamente.

Consideremos a los pollos. Suministran cerca de un tercio de la carne que se consume en el mundo, así que tomando en primera aproximación a los vacunos y cerdos como los dos tercios restantes, y suponiendo que cada uno de estos animales equivale a unos cien pollos, resulta que cotidianamente unos 100 millones de aves no verán la luz del nuevo día.

Vayamos con los alimentos acuáticos. La captura anual de peces y mariscos es superior a 150 millones de toneladas. Esto implica que diariamente consumimos directa o indirectamente el equivalente a medio millón de toneladas de peces. Considerando que hay muchas más anchoas y camarones que ballenas, si tomamos *grosso modo* una masa individual de unos cincuenta gramos, resulta que diariamente asfixiamos a unos 10 000 millones de seres para mantener surtida nuestra mesa.

La historia se torna grotesca cuando expresamos estos números en términos del río de sangre involucrado, si tenemos en cuenta que cada vaca produce al desangrarse varios litros. Podríamos continuar con los mugidos y aullidos de los moribundos, con la orfandad de críos generada en el proceso, o bien, sumarle al

inventario los conejos, chivos y venados que pasamos de largo en nuestro recuento. Podríamos describir el infierno bermejo de un rastro típico, con sus ratas feroces y verdugos que degüellan a sus víctimas con el mismo desdén con que se corta un nabo; o ilustrar quizá el horror con una lupa filosófica, pero no es necesario. Basten estas pinceladas impresionistas para darle contundencia al escenario.

Colesterol y esas cosas

La carne es sin duda el alimento más concentrado en proteínas y grasas. Una consecuencia negativa de ello es que su metabolismo genera sustancias como el ácido úrico y el colesterol en cantidades que pueden llegar a ser tóxicas. Normalmente, quienes tienen una vida sedentaria y riqueza económica, son asiduos consumidores de carne.

La ingesta *per capita* en el mundo es cercana a cuarenta kilogramos de carne por año, o sea, unos cien gramos diarios. En Latinoamérica son cerca de sesenta gramos, y ciento cincuenta en los países industrializados. Estas cifras no parecen espectaculares, aunque hay que considerar que se refieren a toda la población, incluyendo a los niños, y que ocultan por lo tanto consumos individuales mucho más altos entre los adultos.

Para colmo, los resultados de la carnicería se manifiestan no sólo en términos de cansancio del corazón y arterias obstruidas. Los ominosos ruidos estomacales de vacas y toros no son inocuos, pues el hato vacuno mundial produce cerca de la cuarta parte de todo el metano generado por las actividades humanas, y este gas contribuye al efecto invernadero veinticinco veces más por unidad de masa que el bióxido de carbono. De hecho, es tal la cantidad de metano que expelen los rumiantes, que se han ideado esquemas individuales de aprovechamiento de este combustible.

Otro peligro asociado con la gran carnicería es la transmisión de enfermedades a través del contacto cercano y prolongado con especies susceptibles a virus parecidos o idénticos a los que nos afectan. La gran epidemia de gripe asiática de 1918, que afectó a la mitad de la población humana y mató a más de cincuenta millones de personas, fue producida por un virus que con gran probabilidad “saltó” por mutación a nuestra especie, a partir de pollos o cerdos. De hecho, una fracción de los cerdos de Indochina son aún portadores de este virus. Es probable también que el virus de SIDA provenga de ciertas especies de monos, y es seguro que el virus del SARS (síndrome de deficiencia respiratoria aguda) tuvo su origen en pollos o aves similares, en mercados del sur de China, donde se etiqueta y se vende como comida prácticamente todo lo que se mueve.

El pecado de la carne

Poderosa es la tentación de la carne, viva o muerta. Mi pecado carnívoro mayor fue digno de un gaucho y aconteció en Hermosillo, Sonora, durante un congreso

científico de cuyo tema y fecha no quisiera acordarme. Sin embargo, mi rubor mengua al considerar que Balzac ingería sin gran dificultad cuatro pollos en una faena, y que Enrique VIII comía casi exclusivamente carne vacuna, literalmente por kilos en cada visita a la mesa. Carlos V se concentraba en los seres acuáticos, provenientes de océanos y charcos. Su apetito por peces, tortugas, anguilas, crustáceos, pulpos, ranas, renacuajos y todo lo demás, tiene que juzgarse como prodigioso. Hay que agregar, empero, que todos estos glotones ilustres sufrieron graves y dolorosos problemas circulatorios y de intoxicación, que contribuyeron a su ruina y muerte temprana.

¿Qué hacer? ¿Retornar a los cereales? ¿Renunciar al filete semanal? Regresar a una vida de cazadores y recolectores ya no es una opción viable. Aparte de los rigores de la intemperie, está el impedimento de que el ecosistema global sólo puede sostener unos 600 millones de vagabundos silvestres, y sumamos a la fecha una población diez veces mayor que este límite.

Quizá la única opción realista sea comer carne con moderación, sin convertirla en un vicio. *La Biblia* indica en el *Génesis* que todas las plantas y animales están a nuestro servicio y existen para provecho del hombre, pero agrega a continuación algunos límites, al menos en materia de etiqueta, al prohibir por ejemplo que se cocine a un crío en la leche de su propia madre. Podríamos nosotros preferir los cereales, la leche y los huevos en la dieta. Sin embargo, cada semilla es una planta en potencia, cada huevo es un pollo en ciernes. Podríamos añadirle verduras y frutas a la balanza alimenticia, pero hay quien asegura que al cortarlas y cocinarlas sufren también.

La conclusión no es simple, pues literalmente vivimos matando y sólo están libres de culpa las plantas y microbios que fabrican su propia comida a partir de la fotosíntesis (que no son del todo inocentes, pues combaten ferozmente entre sí en busca de luz y otros recursos, provocando con ello una gran mortandad de sus rivales). Si tomáramos en serio el mandamiento de no matar, acabaríamos incorporándonos a la secta hindú cuyos miembros van por la vida encorvados, barriendo el sendero con una pequeña escoba de algodón (*charavalo*) antes de pisarlo, para no asesinar por accidente a las hormigas y los bichos invisibles que pudieran cruzarse en su camino.

Tecnología

La India es una fuente de novedad capaz de saturar al visitante más aguerrido. Durante una estancia académica en ese país gocé y sufrí mi iniciación en su laberinto, y uno de los asuntos menores que recuerdo es la ausencia de servilletas de papel en las mesas de los restaurantes, a excepción por supuesto de los más elegantes. A la distancia esta irritación recurrente me parece injustificada, tomando en cuenta que nací y crecí en un contexto donde no existían las servilletas de papel (ni de ningún otro material). Sin embargo, algo sucedió desde entonces, que me llevó a considerar a las servilletas como un atributo natural de mi destino manifiesto, olvidando que no existen en la mitad de los hogares del mundo.

Una experiencia ajena a mi niñez es la compra de ropa usada. La ropa se reforzaba o se remendaba, según la gravedad del caso, pero comprarla de uso era tabú. En la actualidad puede verse en casi cada esquina gente comprando y vendiendo grandes pacas de ropa usada, proveniente de EUA.

Otra señal de los nuevos tiempos es el flujo gigantesco de computadoras obsoletas que llegan a países pobres como Nigeria, que recibe cuatrocientas mil de ellas mensualmente, donadas en su mayoría por empresas de EUA que se deshacen así de la papa caliente que representa el coctel de plomo, cadmio y demás materiales peligrosos en las pantallas, baterías y circuitos de las computadoras vetustas, sin sujetarse a las normas vigentes en su propio país sobre la eliminación de productos industriales tóxicos.

Tecnología

¿Qué ha hecho posible esta profusión de computadoras, ropa y servilletas de papel —por no mencionar automóviles y televisores— entre la población mundial? La respuesta está en la tecnología, o sea, en la habilidad de transformar los materiales y flujos del ambiente en satisfactores de nuestras necesidades, utilizando para ello herramientas más sofisticadas que nuestras manos.

Primero fue el control del fuego, que nos permitió transmutar cualquier fragmento de madera seca en luz para alumbrar la noche y en calor para nuestros cuerpos y para cocinar los alimentos. Restos de fogatas forman parte de los hallazgos paleontológicos, en todas las culturas y épocas.

Después fue la agricultura, que a través de la manipulación del ambiente condujo a un gran aumento en la abundancia de algunas especies (gramíneas, plantas con raíces comestibles, etcétera), en detrimento de muchas otras (árboles, arbustos

y “malas hierbas”), utilizando palos y piedras como herramientas cavadoras y de corte, las cuales evolucionaron gradualmente hasta llegar a la gigantesca maquinaria agrícola de la actualidad.

Más adelante fue la escritura, que permitió registrar en forma perdurable el conocimiento adquirido y muchas otras cosas. Se inició con la elección de símbolos y su inscripción en las paredes de cuevas y en materiales como hueso y arcilla. El papel se empezó a fabricar en China y Egipto hace unos cuatro milenios; en la actualidad la mayor parte de la información se registra en memorias de computadoras.

En algún punto domesticamos perros, caballos, toros, vacas, borregos, cabras, llamas, etcétera, adueñándonos así de su fortaleza física para realizar labores agrícolas, de cacería, de exploración y conquista, entre otras.

Otro avance gigantesco fue la medicina, que nos permitió identificar en el ambiente plantas curativas para aminorar nuestras dolencias.

A todo vapor

En el inicio de la era cristiana la población del mundo era de 200 millones de personas, aproximadamente, con una aportación mayoritaria de China y la India. En 1800 la población global había alcanzado los 1000 millones, y a partir de entonces se ha multiplicado por un factor cercano a 7.

Todo parece indicar que el motor de esta aceleración dramática en nuestra curva numérica fue la tecnología. La transición tuvo lugar alrededor de 1800, por un efecto acumulativo de la Revolución Industrial en curso desde un siglo atrás, alimentada a su vez por la Revolución Científica del siglo xvii.

La medicina desarrolló herramientas como las vacunas, los antibióticos y la cirugía, que disminuyeron notablemente la mortalidad infantil y casi duplicaron la esperanza promedio de vida en el mundo, de menos de 40 años en 1800 a cerca de 70 en la actualidad.

El uso de maquinaria, nuevos sistemas de riego, fertilizantes y semillas mejoradas condujo a un aumento en la producción agrícola; la ganadera siguió un curso similar. En el ramo industrial el empleo de maquinaria sofisticada y la producción en serie tuvieron un efecto aún más espectacular. Todos estos factores contribuyeron a que el producto mundial bruto (el valor de todos los bienes y servicios producidos en un año, descontando la inflación) se multiplicara durante los pasados dos siglos por un factor cercano a 100.

Hacia 1800 la distancia promedio que podía viajar una persona en un día era de algunas decenas de kilómetros. Hace cerca de cien años Julio Verne escribió un libro futurista titulado *La vuelta al mundo en ochenta días*; actualmente es posible darle la vuelta al mundo en un avión comercial en menos de dos días.

Consumismo

Al comparar el aumento del producto interno bruto durante los pasados dos siglos (por un factor cercano a 100), con el incremento de la población en el mismo periodo (por un factor cercano a 10), encontramos que el consumo *per capita* de bienes y servicios se ha multiplicado por 10 a partir de 1800.

Esto indica que, en promedio, el número de artículos manufacturados presentes en cada hogar actual es unas diez veces mayor que hace dos siglos. Además de servilletas y bolsas de plástico, esto incluye televisores, refrigeradores, hornos de microondas, computadoras, aparatos de sonido y otros varios, que se han vuelto indispensables en nuestro ideal de bienestar material.

Todos estos objetos y servicios utilizan materias primas tomadas del ambiente. *Grosso modo*, el consumo total de materiales como el agua, los combustibles, los metales industriales y preciosos, etcétera, también se ha multiplicado por 100 en estos dos siglos. La velocidad de explotación de bosques, acuíferos, yacimientos de metales y combustibles se ha multiplicado por el mismo factor, empujando a muchos ecosistemas terrestres y marinos más allá de su límite de productividad y de su capacidad de reciclaje de contaminantes.

Para colmo, los procesos industriales generan basura material y térmica (calor indeseable) en cantidades que aumentan con el volumen de producción. En la actualidad, la capacidad del ecosistema para limpiarse reciclando contaminantes y disipando el calor excedente de origen humano ha sido rebasada en algunas ciudades y zonas industriales, y en multitud de lagos, ríos y zonas marinas, originando extensas regiones muertas en lechos marinos, como sucede en un extenso sector del Golfo de México.

El precio pagado por nuestra abundancia en términos de pérdida de diversidad biológica resulta difícil de cuantificar con precisión, en ausencia de un catálogo mundial de especies anterior a 1800 (en realidad no se tiene un catálogo preciso aun en la actualidad). Sin embargo, proyecciones razonables sugieren que el ritmo de extinción se ha incrementado durante los pasados dos siglos, al grado de que una fracción considerable (cercana a la mitad, según algunos) de la diversidad actual desaparecerá durante los próximos cien años. Además, aunque la extinción de una especie particular es difícil de documentar, es indudable, por ejemplo, el declive en la cantidad de especies maderables por la desaparición de selvas tropicales a un ritmo de miles de hectáreas diariamente.

Además, la evidencia del colapso local y regional de muchas variedades de mamíferos es incontrovertible, y de persistir constituye el preludio de su extinción, pues la viabilidad de una especie requiere una abundancia superior a un cierto umbral, para evitar el deterioro genético proveniente de un exceso de endogamia, esto es, apareamiento de parientes cercanos.

Malthus

La parábola del aprendiz de brujo que libera fuerzas y mecanismos que no puede controlar después, aparece con uno u otro disfraz en casi todas las culturas. En la película *Fantasia* de Walt Disney, Mickey Mouse usa sus artes mágicas para echar a andar una escoba que lo salve de sus propias tareas de limpieza. Sin embargo, la escoba prosigue acarreado agua, barriendo y lavando más allá del final de su encargo, sin que su creador pueda detenerla.

Nuestra experiencia con la tecnología moderna muestra paralelismos inquietantes con los apuros de Mickey Mouse. Durante las dos décadas recién transcurridas, por ejemplo, los bosques de Indochina e Indonesia se han sometido a una gran deforestación, con el propósito de fabricar cartón corrugado y cajas de cartón destinadas a empaçar productos japoneses. Sin embargo, resultan tan imprescindibles los televisores y cámaras fotográficas y tocadiscos dentro de tales paquetes, que como compradores nos mostramos inmunes a su aura de destrucción. La emergencia de nuevas potencias industriales en la zona, como la India, China y Corea, acelerará sin duda el deterioro de esos bosques.

La irracionalidad en el caso del automóvil es aún más acentuada, pues al costo ecológico de los metales y plásticos que se utilizan para construirlo, hay que añadirle el del carburante que consume y el de los productos de su combustión, que incluyen contaminantes de la atmósfera (monóxido y bióxido de carbono), y un enorme flujo de calor.

No podemos clamar inocencia. Desde 1798 Robert Malthus nos previno sobre estos peligros, en su *Ensayo sobre el principio de población*. Que su argumento original sea erróneo en algunos detalles no lo invalida en absoluto. Él propuso que no puede lograrse un equilibrio sostenible entre la población y la producción de comida, pues la primera tiende a crecer exponencialmente (dos descendientes producen cuatro, cuatro generan ocho, etcétera), y la segunda lo hace sólo linealmente (si acaso). Lo que hemos visto hasta ahora es precisamente lo contrario: la producción de comida aumentó unas diez veces más rápidamente que la población. Sin embargo, el resultado a largo plazo es el mismo, y consiste en el agotamiento de los recursos que nos suministran los ecosistemas terrestres y marinos, al ser explotados más allá de su capacidad de respuesta.

Casanova en apuros

Giacomo Casanova (1725-1798) fue un veneciano a quien justamente podemos colmar de superlativos. Aprendió a leer en menos de un mes. Fue escritor de novelas, guionista de teatro, historiador, soldado, violinista, diplomático, espía, tahúr. Sus correrías lo llevaron por todas las cortes de Europa. Empero, su proeza más relevante en nuestro argumento la constituye su vida sexual. Los seis volúmenes de los que consta la edición inglesa de *Historia de mi vida*, escrita en su vejez “para evitar volverse loco o morir de tristeza”, reseñan sus amores con 122 mujeres. Generalmente educadas, aristócratas y ricas, constituyeron para él proyectos amorosos colmados de intrigas y aventuras, y le suministraron cosechas abundantes en varios sentidos, incluido el económico en casos especialmente afortunados.

Los suecos llegaron ya

Los números de Casanova palidecen ante los de los suecos (y suecas) actuales, según los resultados de una encuesta realizada en 1996. La muestra consistió en cerca de tres mil personas elegidas al azar, de entre 18 y 74 años de edad, quienes respondieron un cuestionario y aceptaron ser entrevistadas; cerca de la mitad de ellas eran mujeres. La pregunta central fue sobre el número de parejas distintas con quienes habían hecho el amor, tanto el año anterior como desde su iniciación sexual. El promedio entre las mujeres fue siete parejas distintas desde su noviciado, aunque una fracción considerable de ellas reportó números bastante más elevados, del orden de cien en algunos casos. El promedio correspondiente para los hombres fue quince, pero nuevamente se registraron varios casos notables, algunos con más de ochocientas parejas distintas desde su inicio sexual.

Casanova habría fruncido el ceño al escuchar esto, pues los encuestados pueden considerarse miembros típicos de la sociedad sueca. Registrar fielmente en la memoria ochocientos nombres y escenarios distintos, distribuidos a lo largo de varias décadas, no resulta fácil de creer, a menos que uno lleve un censo confiable y detallado de sus victorias, quizá para escribir en el ocaso la historia de su propia vida. De hecho, entre personajes menos típicos y más cercanos en espíritu (aunque no en talento) a Casanova, los números se vuelven cosmológicos. Algunos deportistas profesionales, galanes depredadores y hedonistas de tiempo completo (no dedicados a la prostitución), claman que han tenido quince mil o más parejas distintas. Tras una breve aritmética, Casanova habría manifestado su incredulidad sacudiendo la cabeza.

Cantidad y calidad

La encuesta sueca fue cuidadosa y ha generado estudios de todo tipo desde su publicación. Muy probablemente sus resultados son correctos. Sin embargo, y para tranquilidad de Casanova, los grandes números modernos palidecen cuando consideramos que cada vikingo sueco participante en la encuesta contribuyó en cada episodio amoroso con menos de la mitad del esperma que aportó Casanova en la misma posición (suponiendo que él haya sido un hombre típico de su tiempo en este delicado aspecto, sobre el cual no es demasiado explícito en su libro).

En 1992 se publicó un estudio comparativo de 61 muestras de esperma provenientes de varios países europeos y de EUA, tomadas durante los cincuenta años previos. Los resultados mostraron que tanto el volumen de semen como su concentración de espermatozoides han disminuido sistemáticamente durante el periodo, al extremo de que en la actualidad los hombres de los países industrializados aportan en cada episodio amoroso la mitad del esperma que prodigaban sus padres y abuelos a la misma edad. El verdadero significado de esta pérdida para la supervivencia de nuestra especie resalta al considerar que, aun en los buenos tiempos, la producción de esperma era unas siete veces superior a la que marca el umbral de infertilidad. Esto significa que hoy en día el margen de fertilidad disponible para cada individuo típico equivale tan sólo a unas tres o cuatro veces dicho umbral.

La escasez de esperma define tan sólo la mitad del problema. La otra mitad concierne a su calidad, medida a través de la fracción del total de espermatozoides que tienen motilidad (nadan bien) y no presentan malformaciones en su geometría. Según estudios realizados algunos años atrás, esta fracción ha decrecido más de 0.5% por año entre los hombres parisinos durante las pasadas dos décadas.

Aun ignorando la magnitud de este golpe bajo a nuestra autoestima, las consecuencias objetivas de la debacle masculina son alarmantes. En Dinamarca, por ejemplo, se ha tornado difícil para los bancos de esperma mantener un núcleo estable de donantes. En algunas áreas del país tienen que reclutar diez donantes potenciales para asegurarse de hallar uno que produzca semen de calidad suficiente. En un estudio sobre el asunto, la calidad del esperma producido por más de 80% de los hombres daneses considerados estaba debajo de los estándares establecidos por la Organización Mundial de Salud. El asunto es tan serio que *The New Yorker Magazine*, una revista que en 1961 dio a conocer *Silent Spring* (un libro clásico del movimiento ambientalista), publicó en 1996 un extenso artículo con el título *Silent Sperm*.

¿Qué les pasa a los vikingos? ¿Es la alarma danesa una llamada de alerta para que los suecos pongan sus barbas a remojar y se ocupen de la calidad de su oficio sexual, además de la variedad? Nuestra primera conclusión es que, con los nuevos datos, Casanova puede descansar en paz respecto a la numerología de sus contendientes europeos modernos.

La maldición

¿Qué nos está robando el futuro? Algunos hechos sorprendentes suministran indicios sobre el origen del problema. Aunque no existen datos suficientes sobre la proeza seminal en Latinoamérica y demás regiones subdesarrolladas, la evidencia disponible sugiere que no ha ocurrido en esta zona nada semejante al colapso observado en los países industrializados. Además, los hombres ciudadanos parecen estar mejor (seminalmente hablando) que los agricultores. Y para más señas, los agricultores que usan métodos orgánicos tienen conteos de esperma significativamente superiores a los de agricultores que utilizan fertilizantes y pesticidas industriales.

Buena parte de la evidencia disponible, proveniente de experimentos con ratones y otros animales, apunta a la proliferación ambiental de hormonas y sustancias químicamente similares a ellas, como raíz de la maldición. Específicamente, los agentes del mal parecen ser el estrógeno (hormona sexual femenina) y sus diversas versiones sintéticas, y pesticidas como el DDT (felizmente eliminado del mercado), y muchos otros de uso corriente.

El problema se origina en la placenta. Ratones cuya gestación transcurrió con niveles artificialmente altos de estrógeno, tuvieron como adultos conteos de esperma mucho menores que los de ratones gestados bajo condiciones normales. Un estrógeno sintético, conocido por sus iniciales en inglés (DES), utilizado durante dos décadas y prohibido en los años setenta, produjo severos trastornos reproductivos en la progenie de madres que lo tomaron por prescripción durante su embarazo. Los hijos varones presentaron una alta incidencia de anomalías testiculares, y las hijas manifestaron un índice elevado de cáncer vaginal, quistes en los ovarios y anomalías del útero.

¿De dónde provienen estas sustancias peligrosas? ¿Cómo se diseminaron por el ambiente? El DES se utilizó principalmente como aditivo en el alimento de ganado, para incrementar y acelerar su desarrollo. Aunque fueron prohibidos hace tres décadas, siguen utilizándose en EUA y otros lugares nuevos estrógenos sintéticos con el mismo fin. Los pesticidas y demás sustancias químicamente similares al estrógeno han contaminado nuestros alimentos, aumentando su presencia a medida que ascienden por la escala alimenticia, del agua y los cereales a la carne que consumimos.

Y la maldición no es sólo química. Las computadoras portátiles nos traicionan, se suman al enemigo cuando las colocamos sobre nuestras piernas para trabajar. El mal va en el calor que generan estos artefactos, pues elevan su temperatura y calientan de paso las gónadas, que quedan justo debajo. Después de una hora de trabajo en tales condiciones, los testículos pueden aumentar su temperatura hasta seis grados centígrados. El impacto de esta elevación puede discernirse recordando que un

calentamiento sistemático de un grado merma apreciablemente la productividad de los testículos y compromete su futuro a largo plazo.

¿Qué hacer?

Una estrategia eficiente de rescate consiste en disminuir el nivel de estrógeno en la placenta de las madres presentes y futuras. Una manera simple de lograrlo sería que se volvieran todas vegetarianas y consumidoras de alimentos orgánicos, lo cual es improbable. Un método más realista consistiría en disminuir el consumo de carne e incrementar el de vegetales, pues la fibra que contienen ayuda a evitar la reabsorción en el intestino del estrógeno que se desecha con la bilis.

También resulta conveniente no acumular grasa en las etapas tempranas de la vida, pues si está contaminada con estrógenos y sustancias similares, es posible que se liberen años más adelante, con los cambios metabólicos originados por las variaciones hormonales asociadas con el embarazo, la lactancia y la menopausia.

Amor verdadero

La salvación de la especie y el rescate de nuestra reputación masculina están entonces en manos de las mujeres. Esto no sería una gran sorpresa para Giacomo Casanova, un conocedor profundo del significado del factor femenino en el cosmos.

Resulta imposible comparar a nuestro héroe con los suecos típicos, tan censuales. Sus 122 mujeres constituyen otros tantos capítulos en su libro autobiográfico; capítulos intensos, complicados, cómicos en ocasiones, pero absolutamente concentrados en el eterno femenino, y exentos de vulgaridad.

Sus proyectos amorosos lo condujeron a aventuras dignas de James Bond. Su escape de los temibles sótanos de plomo del palacio ducal de Venecia fue una hazaña tan improbable y difícil, que le confirió un aura misteriosa e irresistible por toda Europa y le reportó no pocas victorias amorosas. Su invento de la lotería lo convirtió casi al punto en millonario. Amasó y dilapidó fortunas con una frecuencia y una facilidad que asombran. Cuando la necesidad apremió, no dudó en explotar a sus amantes ricas, a veces en escala gigantesca.

Su primera enfermedad venérea lo alcanzó en la adolescencia. Más adelante capítulos diversos de su vida se vieron marcados por episodios de gonorrea, "humores celtas" y otras afecciones. Para protegerse de ellas aprendió rudimentos de medicina y diseñó una efectiva terapia personal, centrada en la ingestión de agua con un alto nivel de nitrato durante seis semanas. Fuera de tales episodios, gozó de buena salud durante casi toda su larga vida.

Casanova publicó decenas de libros y obras de teatro, dejó otras tantas inéditas y acumuló ocho mil páginas de manuscritos incompletos. Tuvo contacto personal con reyes, emperadores e intelectuales notables de la época. En 1787 conoció

a Mozart y asistió al estreno de la ópera *Don Juan (Don Giovanni)*. Aunque Casanova no escribió el libreto, le contó a Mozart algunos episodios de su vida que probablemente fueron incorporados por el gran músico en su obra maestra.

En alguna ocasión escribió: “El amor verdadero es el amor que brota ocasionalmente donde termina el placer sensual: si logra hacerlo, es inmortal; el otro amor se torna inevitablemente rancio, pues se sustenta en la fantasía”. Sabía de lo que hablaba, y es casi seguro que entre las 122 mujeres que desfilaron por su *Historia de mi vida* logró hallar al menos una vez el amor verdadero, en Henriette, una misteriosa joven francesa sobre quien escribió, “Quienes afirman que una mujer no es capaz de hacer feliz a un hombre las veinticuatro horas del día, nunca han conocido una Henriette”.

Ecología educativa

Con cierta frecuencia viajo en autobús entre Xalapa y Morelia, recorriendo así buena parte del centro del país y cruzando poblados y ciudades que suman cerca de un tercio de su población total. Algo que nunca deja de asombrarme en tales viajes es la profusión de anuncios panorámicos de escuelas e institutos privados de educación superior.

Los segmentos carreteros están dominados por anuncios del Instituto Tecnológico de Monterrey en sus múltiples sedes, mientras que dentro de las ciudades proliferan los letreros de una gran variedad de instituciones locales. Xalapa resalta en este contexto por el enorme tamaño de los carteles y la contundencia del lenguaje utilizado en su propaganda educativa callejera.

Tales anuncios resultan indistinguibles de los letreros comerciales circundantes sobre autos y papas fritas, tanto en su colorido como en la elección de superlativos para resaltar el mérito de la mercancía. Usualmente los centros educativos ofrecen formar “líderes con una visión mundial” y dispuestos a “comerse al mundo”, sin grandes variaciones en el tema. Incluyen además fotografías de estudiantes y egresados prototípicos, que en su fisonomía me resultan más cercanos a jóvenes europeos mediterráneos que a los mexicanos.

Contraste

En EUA, la meca del comercialismo, nunca he visto un solo anuncio de mercancía educativa en este formato. Tampoco los he visto en Canadá ni en el sector europeo que conozco. Sospecho entonces que se trata de un invento mexicano.

De acuerdo con información publicada recientemente por la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), existen en México 1892 instituciones de educación superior registradas, de las cuales, 1179 son privadas y 713 públicas. Las instituciones privadas atienden cerca de 830 000 alumnos, mientras que las públicas albergan aproximadamente al doble de estudiantes.

Según datos publicados por el CENEVAL (Centro Nacional de Evaluación), de las 1200 entidades educativas (universidades e institutos) registradas en la ANUIES (Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior), al inicio del ciclo escolar 2002-2003 más de 500 no habían reportado titulados en ningún nivel; 265 de ellas ofrecían un solo programa académico y 728 tenían menos de 500 estudiantes cada una. En dicho informe, a las instituciones de este tipo se les denomina coloquialmente “universidades patito”.

Educación pública

La educación pública es un invento reciente en la escala histórica. En el antiguo Egipto los sacerdotes educaban sólo a los novicios que habrían de reemplazarlos. Los sofistas griegos cobraban por sus lecciones; en contraste con ellos, aunque Sócrates era pobre, impartía sus enseñanzas a los cuatro vientos; Platón y los demás miembros del círculo de sus seguidores eran miembros de familias acaudaladas. Confucio cobraba por sus lecciones, y los académicos chinos que se preparaban para el examen de ingreso a la alta burocracia imperial constituían una minoría privilegiada que podía costear los libros y los instructores requeridos.

El *Calmeac* y el *Tepochcalli* seguramente eran subsidiados al menos parcialmente por el soberano azteca. Sin embargo, en el periodo de florecimiento azteca las universidades europeas se encaminaban ya hacia un patrón funcional que desembocó más adelante en un sistema de instrucción pública, del que formaban parte las escuelas jesuitas en el ámbito de la educación primaria.

A inicios del siglo XIX, Napoleón vislumbró el potencial inmenso de la educación científica y tecnológica como un recurso militar y estratégico y fundó la célebre Escuela Politécnica, solventada con fondos públicos. Algo similar ocurrió más tarde en el sistema educativo alemán, que se constituyó en un instrumento oficial de acopio de poder económico y militar. Inglaterra adoptó algunos años después la misma estrategia, a pesar de sus críticas iniciales al utilitarismo del sistema educativo continental.

¿Pública o privada?

En Alemania la educación pública en sus niveles obligatorios —hasta la preparatoria— es por mucho la mejor en el país, y acapara alumnos sobresalientes y maestros capacitados. Los docentes contratados por las escuelas privadas son considerados *a priori* como personas que fracasaron previamente en su intento de obtener un empleo en el sistema educativo público. Una situación similar persiste en Canadá. En el ámbito universitario y de investigación el ápice alemán lo marcan los Institutos Max Planck, que son también centros públicos de investigación.

En EUA el talento se reparte en forma equitativa entre las instituciones públicas y las privadas, aunque por razones históricas la mayoría de las universidades más afamadas son privadas. Sin embargo, todas ellas son oficialmente entidades no lucrativas, lo cual implica que no pueden producir ganancia económica neta para nadie. Un status legal semejante se antoja impensable en el sector privado del sistema educativo mexicano.

Exámenes de admisión

La masificación de la educación superior iniciada en el siglo XIX por los países de Europa Occidental condujo finalmente a estrategias cada vez más impersonales

de control de calidad. Entre ellas figuran de manera prominente los exámenes de admisión, que en algunos países asiáticos económicamente exitosos se aplican literalmente a partir de preescolar.

Este mecanismo de selección ha generado una extensa estructura mercantil de entrenadores para los exámenes, distorsionando así el proceso educativo en todos sus niveles. Ciertas compañías que aplican exámenes de inglés (como el llamado TOEFL, por sus siglas en inglés), y pruebas de habilidad académica en diversos campos profesionales (como los exámenes GRE), alcanzaron desde hace varias décadas una envergadura mundial.

Afortunadamente empieza a cobrar fuerza en EUA una tendencia a restarle importancia a los resultados de dichos exámenes, volviéndolos opcionales. Esta nueva modalidad se asocia con un conjunto pequeño pero creciente de escuelas de educación media, y hasta ahora ninguna de las instituciones nacionalmente famosas en ese país se ha incorporado al grupo en cuestión, pero es probable que algunas de ellas lo hagan en un futuro cercano.

Cuotas y becas

De acuerdo con información disponible en la Internet, las cuotas escolares anuales en el nivel profesional del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), suman actualmente unos catorce mil dólares por estudiante. Esta cantidad es menor que el promedio de las cuotas anuales en universidades privadas de EUA (veintiun mil dólares).

El costo anual correspondiente es de treinta y tres mil dólares en la Universidad de Stanford, una famosa institución académica de ese país. Sin embargo, los gastos de operación por alumno en Stanford son incomparablemente mayores que los del ITESM, estimados a partir de los salarios de los profesores, la calidad de las instalaciones y laboratorios y todo lo demás.

Además, la disparidad en las cuotas se torna dramática al considerar la diferencia entre el ingreso anual promedio *per capita* en México (diez mil dólares) y en EUA (cuarenta y dos mil dólares), calculado usando el producto interno bruto. Con todo, la Universidad de Stanford acaba de anunciar que, a partir del presente año escolar, ninguno de sus mil cien estudiantes de licenciatura pagará un solo centavo si proviene de una familia con ingresos anuales menores de cuarenta y cinco mil dólares. Si los ingresos familiares no superan los sesenta mil dólares, pagará en total tres mil ochocientos dólares al año, y así sucesivamente.

El costo anual estimado para Stanford de este programa de asistencia económica es del orden de 3 millones de dólares. Además, las universidades de Harvard y de Princeton tienen programas de asistencia financiera cercanos en su monto al de Stanford. En contraste con ello, me resultó imposible hallar algo

remotamente similar en las páginas electrónicas de las instituciones privadas mexicanas que consulté.

Líderes

Las universidades de Stanford, Princeton y Harvard son organismos no lucrativos, y seguramente en esto reside la enorme disparidad en su comportamiento financiero respecto al de las instituciones educativas privadas mexicanas que mencioné.

Algo que sí comparten dichas universidades estadounidenses y su contraparte mexicana es su interés casi obsesivo en formar líderes de la sociedad. Bien puede ser que la búsqueda de una posición de liderazgo resulte saludable en cierta medida, tanto para los individuos como para su comunidad.

Sin embargo, la lección ecológica es que las comunidades con un alto grado de conflicto entre sus miembros debido a la búsqueda de liderazgo son inestables y no duran mucho en la escala geológica, o lo hacen al precio de someterse periódicamente a sacudidas violentas. Las sociedades de hormigas y de abejas, por ejemplo, han perdurado muchos millones de años y sus únicos periodos de conflicto e inestabilidad ocurren durante la renovación de su reina, pues la abeja elegida mata de inmediato a sus rivales en ciernes. En el otro extremo están las sociedades de mamíferos carnívoros, como los lobos y los leones, las cuales se sacuden hasta sus cimientos cuando el dominio del macho alfa cae en entredicho debido a la presión de los jóvenes.

El balance aceptable entre estos dos extremos de comportamiento social no es fácil de determinar, sobre todo si el criterio de mérito utilizado incluye factores como la satisfacción individual además de estabilidad social. Sin embargo, como en tantos otros casos, la sabiduría de los antiguos resulta útil en este contexto. Según una historia bíblica, cuando el pueblo hebreo resolvió ser gobernado por un rey "como las demás naciones", terminando así el régimen de liderazgo social de sus sabios (o jueces), consultó al último de ellos, Samuel, sobre este asunto. Él les respondió con una letanía sobre el precio a pagar por tener un rey: "les quitará sus posesiones, mandará a sus hijos a la guerra, les arrebatará a sus hijas". Al final de esta lista de horrores preguntó en voz alta si aún así persistían en su demanda de que ungiera un rey para ellos, y la respuesta unánime y estruendosa fue "¡Sí!".

Ecología de la ciencia

“¡Bravo, Camarada Lysenko, bravo!”, exclamó Stalin en 1935 durante una convención agrícola, al concluir el discurso de Trofim Lysenko, un astuto agrónomo que había alcanzado prominencia entre la *nomenklatura* soviética exagerando sin descanso sus “hazañas agrícolas” en beneficio del pueblo.

El veredicto de Stalin volvió invulnerable a Lysenko durante las décadas siguientes y selló el destino de sus rivales y sus enemigos, que incluían a la mayoría de los genetistas rusos renombrados en esa época. Algunos huyeron, otros perdieron sus empleos y los más encumbrados fueron perseguidos y en ciertos casos empujados al suicidio.

Esto nulificó la contribución soviética a la genética, precisamente en el umbral del periodo de máxima fertilidad de esta ciencia, cuando fue identificada la molécula de ADN como asiento de la herencia y de la fisiología celular (1953), cuando se descifró el código genético (1961) y se sentaron las bases de la biología molecular y de la medicina genética.

Ecología científica

Como toda entidad viviente, el gremio científico está sujeto a su propio filtro darwiniano. Se trata en este caso de un tamiz doble, que permite o inhibe tanto la persistencia de los personajes involucrados, como la de sus creaciones intelectuales. Estos dos filtros no son independientes y cuando la búsqueda de fortuna personal invade el terreno de las ideas se generan las distorsiones del método científico ilustradas por el caso Lysenko.

El tamiz de supervivencia física de los científicos es en el fondo indistinguible del de las personas dedicadas a otros oficios. Sin embargo, la inseguridad resultante se magnifica en el gremio científico por el ingrediente típico de un ego robusto en sus miembros.

El filtro de persistencia de las ideas y las demás creaciones científicas consiste en su confrontación con el comportamiento del entorno. Cuando esto se hace de manera adecuada, se enriquece nuestro repertorio de herramientas de supervivencia, otorgándoles de paso a las creaciones cimeras un aura casi sobrehumana.

Cuotas académicas

Los científicos comen, beben e intentan satisfacer sus demás apetitos, y en su búsqueda de satisfactores han utilizado estrategias muy variadas a lo largo de milenios. Pitágoras, por ejemplo, parece haber obtenido apoyo económico para su escuela en

Crotona aprovechando su influencia personal en el Consejo de los Mil que gobernaba la ciudad. Aristóteles era un hombre acaudalado y recibió además considerable ayuda económica del rey de Macedonia durante el desarrollo de sus investigaciones biológicas. Euclides y los demás científicos alejandrinos encumbrados gozaron de apoyo económico del gobierno de la ciudad, usualmente como miembros del Museo de Alejandría.

Confucio se mantenía de cuotas que les cobraba a sus discípulos. Su estrategia fue imitada —sin saberlo ellos— por los educadores privados de la Edad Media europea. Las universidades de Oxford y de París se conformaron inicialmente alrededor de una amalgama de grupos de profesores privados que vivían de las cuotas pagadas por sus alumnos.

En nombre de Darwin

El ingenio darwiniano de los científicos se acentuó durante el Renacimiento. Algunos vivían de su estipendio universitario; otros lo complementaban con dádivas de papas y emperadores. Galileo mismo realizó sus grandes descubrimientos astronómicos con el segundo telescopio que construyó; el primero se lo había regalado al Gran Duque de Venecia para que “pudiera espiar a sus enemigos marítimos cuando aún se hallaban a gran distancia de la ciudad”.

En el caótico ambiente renacentista sobresale el caso de Gerolamo Cardano, un matemático, médico, astrólogo, inventor y tahúr que durante varias décadas se ganó la vida jugando ajedrez por dinero y haciendo trampa en los juegos de azar. Su *Ars Magna* fue el texto de matemáticas más usado en Europa durante un siglo. Otro famoso libro suyo sobre probabilidad incluye un capítulo con instrucciones expertas para hacer trampa en diversos juegos de azar.

Descartes heredó una fortuna y la administró juiciosamente durante el resto de su vida. En este difícil arte fue superado por Alexander von Humboldt, quien heredó una fortuna aun mayor con la que costó sus viajes y proyectos científicos, agotando su veneno económico al final de su larga e industriosa existencia. Darwin, por su parte, se casó con una pariente rica.

Citation Index

Las proposiciones científicas deben superar la prueba de su confrontación con el comportamiento del ambiente; además, deben completar cabalmente un proceso de socialización, a través de su publicación en revistas adecuadas y de su diseminación en congresos y eventos del género.

A partir de 1960 la cuantificación del impacto de las publicaciones científicas se convirtió en un negocio, con la creación del *Science Citation Index*, que documenta las citas que una publicación dada recibe en otras publicaciones científicas.

Esta labor de conteo se limita a una fracción privilegiada del total de las revistas científicas, elegidas según un criterio de mérito definido también por el conteo de citas.

Esta numerología se ha refinado durante las pasadas cuatro décadas, estableciéndose entre otros muchos cuantificadores un “índice de impacto” para las revistas. Además, la misma compañía contadora de citas ahora premia a los investigadores que destacan en la escala que les endilgó y completa esta oscura simbiosis haciéndole propaganda a las revistas de alto impacto.

El resultado neto ha sido una distorsión creciente de la práctica científica, con la emergencia de un sector significativo del gremio científico que programa y desarrolla su vida útil según los cánones tanto del *Citation Index*, como de una colección de revistas exitosas en el mismo sentido, cuya prioridad cimera es la vigilancia y protección de su factor de impacto, definido por el número de citas que reciben sus artículos.

Asimismo, el reduccionismo numérico resultante se traduce en grandes ganancias económicas para las revistas elegidas y embona a la perfección con los ideales robóticos de los burócratas del mundo, cerrándose así un circuito de retroalimentación que empobrece a largo plazo la actividad científica, al inhibir la búsqueda de novedad debido al riesgo potencial para la reputación (y el factor de impacto y las ganancias) de las revistas prominentes, en caso de que la novedad resultante tenga un fin desastroso.

El lado oscuro

Durante los pasados cien años los científicos han tenido que intensificar la búsqueda individual de fondos para realizar su trabajo de investigación. El tiempo requerido y la energía disipada en este proceso crecen sin tregua, mermando la fracción disponible para la labor científica.

Este incesante ruido ambiental ha contribuido a un aumento paulatino pero evidente en el número de casos de trampa entre los científicos, que consisten en muchas ocasiones en la falsificación de datos de laboratorio para arribar a conclusiones deseables. Con periodicidad se publican en la prensa reportes sobre los hechos más espectaculares de conducta fraudulenta, que usualmente concluyen con la ruina de la reputación y de la vida profesional de los inculpados. No faltan en tales circunstancias aquellos que se rasgan las vestiduras exigiendo castigos aún más severos para los transgresores, sin incluir jamás en su argumento los contaminantes del método científico que han proliferado en décadas recientes.

La vida real

A pesar de la sonoridad de los casos de falsificación de resultados y de la sombra que proyectan personajes como Lysenko, el ambiente científico continúa siendo uno de los más respirables en toda la sociedad.

Las versiones mexicanas de Lysenko, afortunadamente inocuas hasta hoy a pesar de su búsqueda cotidiana de premios y de su generación espontánea de currículos científicos, que resultan ser en ocasiones verdaderos castillos de naipes, no han logrado quebrantar aún la percepción de equidad en el medio científico nacional. Esta convicción recóndita de haber elegido después de todo el mejor de los mundos posibles (diría Voltaire), se refuerza cada vez que abandonamos temporalmente nuestro hábitat natural y nos asomamos al mundanal ruido de la política, del comercio y demás recovecos grises de la vida real.

Biólogas

Es probable que los primeros humanos versados en biología hayan sido mujeres, y que hayan cumplido su función de sabias de la tribu durante muchos milenios. La maternidad contribuyó a mantenerlas en los sitios de asentamiento del grupo, mientras los hombres se ocupaban de asuntos como la cacería y la guerra. En tal escenario, es posible imaginar la invención de la agricultura y el descubrimiento de plantas medicinales como logros femeninos. Aunque los personajes en las pinturas rupestres son generalmente hombres, las “Venus gordas” abundan entre las esculturas diminutas de aquellos tiempos.

Las especulaciones del párrafo anterior no están exentas de método, y permiten interpretar mitos como la incursión de Hércules contra las amazonas, la guerra de Troya, la historia de Lilit y otros episodios bíblicos, como la transición violenta de una larga época matriarcal a la era patriarcal que se prolonga hasta la fecha.

Diosas y biólogas

Para más señas, las deidades asociadas con la agricultura y la medicina en las religiones que precedieron a las dominantes en la actualidad —todas patriarcales— son femeninas en su gran mayoría. La diosa de la agricultura y la fertilidad se llama Perséfone entre los griegos, Ceres en Roma, Uga-no-Mitama en Japón, Gefion entre los vikingos, Itzpapálotl entre los aztecas. La diosa de la medicina se llama Sekhmet en Egipto, Ixchel en el Mayab, Eir entre los vikingos, Airmid entre los celtas.

Durante el Renacimiento y la Revolución Científica no resalta ninguna bióloga. La emergencia de la mitad femenina de nuestra especie en el ámbito biológico se inició el siglo pasado y la ilustraremos con algunos ejemplos.

Rosalind Franklin (1920-1958)

Fue una especialista inglesa en el estudio de la estructura de biomoléculas por difracción de rayos X. Ella trabajaba en el Imperial College, en Londres, el mismo lugar donde lo hacía Maurice Wilkins, uno de los tres acreedores al premio Nobel por la determinación de la estructura química y geométrica de la molécula de ADN. Los otros dos fueron James Watson y Francis Crick. Aunque Wilkins y Rosalind dirigían sus propios laboratorios en el Imperial College, por alguna razón él la percibió al inicio como una subalterna y eso empañó su relación posterior, con perjuicio científico para ambos. Lo cierto es que las imágenes de rayos X que utilizaron Watson y Crick en momentos cruciales de la elaboración de su modelo de doble hélice para el ADN, provenían de Rosalind, vía Wilkins. Después de este episodio

complicado en su vida científica, ella realizó investigaciones fundamentales sobre la estructura de los virus. A los 36 años, en su etapa de máxima productividad, enfermó de cáncer y murió dos años después.

Barbara McClintock (1902-1992)

Fue una investigadora estadounidense dedicada al estudio de las mutaciones genéticas, tanto naturales como inducidas por medio de rayos X. Su descubrimiento mayor fueron los transposones, que son segmentos móviles en la molécula de ADN, o sea, sectores que proliferan por los cromosomas a través de copias móviles de sí mismos. Esto no es novedad en nuestro tiempo, pues la secuencia de un genoma exhibe de inmediato sus intervalos repetidos. Sin embargo, el descubrimiento de Barbara McClintock precede al de la estructura del ADN, en términos de nucleótidos apareados formando una doble hélice. Precede también al esclarecimiento de la función hereditaria y fisiológica de los cromosomas. Su hallazgo fue un triunfo de inferencia molecular, a partir de cambios de coloración de granos en mazorcas de maíz y de las modificaciones correspondientes en sus cromosomas, que ella observaba con un microscopio óptico. Dichas mazorcas provenían de generaciones sucesivas, irradiadas con rayos X.

La elección del maíz como objeto de estudio fue especialmente afortunada, pues casi la mitad de su genoma consiste de transposones, al menos en sus variedades puras (maíz serrano en EUA), que no han sido empobrecidas genéticamente por motivos comerciales en busca de uniformidad del producto. A McClintock se le debe la visión actual del genoma como un sistema dinámico, balanceado precariamente entre el requerimiento de estabilidad (como depositario de la herencia), y el de novedad (por efecto de las mutaciones). Se le debe también la concepción de las perturbaciones (químicas, radiológicas, etc.) como motores de evolución. Con todo, durante cuatro décadas su trabajo no fue reconocido. El premio Nobel le fue otorgado a los 81 años de edad.

Rachel Carson (1907-1964)

Es un lugar común actualmente que los insecticidas deben utilizarse con extremo cuidado, debido a la multiplicidad de sus efectos sobre el ecosistema. Sin embargo, no siempre fue así, sobre todo a partir de la introducción del DDT como pesticida en la Segunda Guerra Mundial. Desde entonces ha salvado millones de vidas en todos los continentes, ya sea eliminando a los moscos y otros vectores de enfermedades como la malaria, o incrementando el volumen de las cosechas al disminuir el impacto de insectos sobre los cultivos. El científico que descubrió sus propiedades insecticidas en 1939 (aunque el DDT se conocía desde finales del siglo XIX) recibió un Premio Nobel por ello. Bendita pócima, que me libró en la niñez del paludismo, los piojos y los alacranes.

Sin embargo, el DDT tiene su lado oscuro. Muy oscuro. Muchos de los insectos que mata (quizá la mayoría de ellos) son útiles desde la perspectiva humana; otros son indispensables para el equilibrio del ecosistema. Además, contamina las plantas y cosechas y se concentra en los tejidos grasos al subir en la escala alimenticia, hasta alcanzar niveles peligrosos en las aves y en los carnívoros. Cuando empezó a acumularse evidencia sobre los perjuicios que ocasionaba esta sustancia, la reacción pública fue mínima, quizá por inercia de la euforia inicial y por los intereses económicos creados alrededor de ella.

Todo cambió radicalmente a raíz de la publicación en 1962 del libro *Silent Spring* (Primavera Silenciosa), de la bióloga, prosista y poetisa Rachel Carson. En él documenta científicamente los estragos ambientales provocados por el empleo excesivo del DDT, y en un capítulo memorable extrapola sus resultados hasta desembocar en la imagen aterradora de una población desierta, silenciada por el insecticida. El presidente Kennedy leyó el libro y quedó tan impresionado que les pidió a sus consejeros científicos que investigaran el asunto. La reacción de la industria química relacionada con el DDT y otros pesticidas fue virulenta, pero al final el reporte de los asesores de Kennedy reivindicó las aseveraciones de Rachel Carson. Gracias a *Silent Spring*, fue abolido el uso del DDT y tomó forma y rumbo el movimiento ecologista actual.

Dian Fossey (1932-1985)

Fue una mujer californiana con una mezcla explosiva de timidez y firmeza de carácter, quien tras una búsqueda prolongada escuchó finalmente el llamado de su destino en África, donde entró en contacto con el famoso paleontólogo Louis Leakey. Él le sugirió que estudiara el comportamiento social del gorila de montaña, una variedad que ocupa los sectores altos en una cadena montañosa del centro de África. La sugerencia de Leakey ocurrió en el contexto de un proyecto de estudio a largo plazo de la conducta de los primates en su hábitat natural. Bajo la hipótesis (o prejuicio) de que las mujeres estaban mejor capacitadas que los hombres para llevarlo a cabo, le encargó a la inglesa Jane Goodall el estudio de los chimpancés, y a la lituana-alemana Birute Galdikas el de los orangutanes.

A Leakey le interesaba conocer el comportamiento de los primates por su cercanía con los humanos y con los homínidos, es decir, los antecesores evolutivos directos de *Homo sapiens*. Sus tres elegidas se transformaron con los años y las décadas en autoridades mundiales en sus respectivos campos de investigación. Jane Goodall y Birute Galdikas son ahora celebridades científicas y ambientalistas; la cosecha de Dian Fossey fue distinta.

Sus gorilas ocupan montañas en una región extremadamente conflictiva, en la confluencia de Ruanda y el Congo. El gran enemigo de los gorilas eran —y son— los cazadores furtivos, capaces de masacrar familias enteras de esos animales

en pos de un cachorro vendible. Con cada nueva atrocidad de los cazadores, la respuesta defensiva de Fossey adquiría un carácter más decidido y violento. Cuando fue asesinado Digit, su gorila más cercano, perdió el control. Organizó brigadas de defensa, esparció historias sobre sus dotes de hechicería para destruir a los cazadores, y sobre los tormentos a los que los sometía cuando caían vivos en sus manos. En 1985 fue hallada muerta en su campamento de trabajo, en un escenario de gran destrucción de sus pertenencias, con un horrible machetazo que penetró por su coronilla y se abrió paso hasta el cuello, partiendo en dos su cráneo y su rostro.

Claroscuros

Además de talento y perseverancia, nuestras cuatro heroínas comparten un misterio: ninguna de ellas se casó ni tuvo hijos. Aunque esto no es bueno ni malo *a priori*, no puede ser fortuito, pues las credenciales familiares no fueron un factor en el proceso de selección de personajes. El misterio se ahonda al considerar que todas ellas eran físicamente sanas y razonablemente atractivas según los cánones vigentes en su contexto cultural.

La solución del enigma se resume en una frase, que resultaba más válida hace medio siglo, cuando nuestras heroínas estaban en su apogeo profesional: las biólogas y demás científicas funcionan en un contexto creado hace siglos por hombres, a su propia imagen y semejanza.

Tomemos por ejemplo los datos correspondientes a EUA: la matrícula biológica universitaria de ese país es femenina en su mayoría, las mujeres obtienen la mitad de las posiciones posdoctorales en el área, y cerca de un tercio de los profesores asociados o titulares son mujeres. Sin embargo, los códigos de conducta, selección y avance profesional siguen siendo medularmente masculinos.

En palabras de una bióloga estadounidense, quien ocupa una posición posdoctoral en un laboratorio bioquímico dirigido también por una mujer, la biología "es una profesión para hombres con pocas responsabilidades adicionales. Si eres mujer en sus treinta, con hijos, éstos son los años clave, tanto para el trabajo como para los niños".

Ecología de la lactancia

Siguiendo la costumbre florentina de aquel tiempo entre las clases altas, a partir de su nacimiento Miguel Ángel (1475-1564) vivió con una nodriza, quien lo devolvió al seno materno dos años después.

El contexto social de esta práctica que en nuestra época podría resultar desconcertante era de una altísima mortalidad infantil, aun entre los poderosos. Intentando ahorrarse el dolor que acarrea la muerte de sus hijos, las familias acaudaladas contrataban los servicios de una nodriza, quien se llevaba el niño o niña a su casa, devolviéndolo(a) unos dos años más tarde, cuando el riesgo de muerte se había tornado menos crítico. Los padres recobraban así a sus hijos supervivientes y la nodriza seguramente se quedaba con un hueco en el alma.

Padres y abuelos

En la región de mi niñez las familias dominantes no actuaban precisamente como la de Miguel Ángel, pero también se distanciaban de sus hijos pequeños. Los nutrían con fórmulas alimenticias a base de leche en polvo y contrataban sirvientas con quienes sus niños pasaban la mayor parte del tiempo. Esto me parecía extraño, pues varias de esas sirvientas eran vecinas nuestras y sabía que en los hogares de algunas había enfermos de tuberculosis y otras enfermedades infecciosas.

En las ranherías de esa época amamantar a un bebé era una actividad que se sumaba al flujo natural de las cosas, el cual destinaba a los hombres al trabajo del campo y confinaba a las mujeres en el hogar, concediéndoles un radio de acción limitado. De hecho, la frecuencia de alumbramientos era suficientemente alta como para permitir que un mismo niño o niña pudiera aprovechar la leche de uno y en ocasiones de dos hermanos menores.

En la sociedad china tradicional la educación de los niños era una tarea que les correspondía en mayor medida a sus abuelos que a sus padres. Este eficiente mecanismo de continuidad sobrevivió incluso al episodio comunista, aunque es posible que ahora se vea perturbado a fondo con el retorno del capitalismo a China y su oferta de actividades y proyectos para la gente en su tercera edad.

Leche materna

La práctica tradicional en las ranherías mexicanas de amamantar a los hijos durante un largo periodo habría entusiasmado a los nutricionistas actuales, quienes consideran a la leche materna como un elixir casi mágico que disminuye la frecuencia y la intensidad de las infecciones del bebé y reduce el riesgo a largo plazo de alergias, obesidad y enfermedades crónicas.

Hacia los años sesenta del siglo pasado se generalizó en EUA y en Europa una tendencia a erradicar químicamente las molestias del embarazo. Una consecuencia accidental y trágica de esta actitud fue el nacimiento de miles de bebés con malformaciones terribles producidas por la talidomida, que los médicos recetaban para eliminar dichas molestias, sin saber que era altamente mutagénica.

Otra manifestación menos perniciosa de esta misma tendencia fue recurrir a operaciones cesáreas en buena parte de los alumbramientos, al menos en el sector de la población que podía pagar los gastos médicos involucrados. Un corolario más fue el uso generalizado de leche de fórmula en sustitución de la leche materna. Como siempre en estos casos, la iniciativa provino de las naciones ricas y fue adoptada con entusiasmo por las clases acomodadas de casi todos los demás países.

Bombeo

Durante los pasados cinco años se ha revertido en algunos países primermundistas la práctica de alimentar a los niños con leche de fórmula. En EUA, por ejemplo, dos tercios de las madres amamantan a sus recién nacidos; después de seis meses, esta fracción se reduce a 53% entre las madres con educación universitaria, y a 29% entre las que no pasaron de la preparatoria en su educación formal.

La estrategia de una fracción creciente de las madres en EUA y en menor medida en Canadá y en Europa para seguir alimentando a sus bebés con leche propia, consiste en extraerse la leche en su sitio de trabajo, refrigerarla durante el resto de la jornada y alimentar con ella a sus bebés en el retorno a casa.

Sin embargo, el contexto socioeconómico en el que ocurre esta reversión es muy distinto del que prevalecía hace unos treinta años, cuando el péndulo osciló en el sentido opuesto. En EUA, por ejemplo, hace un siglo sólo 6% de las mujeres casadas tenía un empleo fuera de casa. El porcentaje de mujeres (solteras y casadas) que trabajaban fuera del hogar alcanzó un máximo hacia el final de la Segunda Guerra Mundial, disminuyó varios puntos porcentuales en los años siguientes y comenzó a subir nuevamente unos diez años más tarde. Hacia el año 2000, el porcentaje de mujeres solteras con empleos fuera de casa era cercano a 75%, y el de mujeres casadas y en las mismas condiciones andaba por 65%.

La estrategia heroica adoptada por las madres con empleos fuera del hogar para alimentar con leche propia a sus bebés requirió varios avances tecnológicos y ajustes diversos en otros factores involucrados. El primer avance tecnológico consistió en diseñar artefactos automáticos de bombeo de la leche (herramienta de ordeña, en términos llanos), tan eficientes y discretos que los más refinados entre ellos le permiten a una madre realizar su bombeo mientras conduce un auto. Un avance menor, aunque también fundamental, consistió en la disponibilidad de recipientes química y mecánicamente confiables.

De manera complementaria, muchas compañías han accedido a otorgarles a las madres lactantes espacios e intervalos apropiados para realizar el bombeo, al menos en los casos afortunados.

Cerca de la mitad de las madres de EUA retornan a su empleo dentro del primer año de vida de su bebé. Sin embargo, este promedio esconde las desigualdades de siempre: las madres con mejor posición económica y laboral pueden tomarse algunos meses y permanecer en casa alimentando a sus bebés con leche propia, mientras que las que se encuentran en el extremo opuesto deben contentarse con permisos de maternidad de pocas semanas de duración.

El problema central a estas alturas es que no existe todavía un respaldo jurídico adecuado del “derecho de bombeo”, ni siquiera en EUA. Las leyes escritas son casi todas de carácter estatal y constituyen poco más que sugerencias dirigidas a los patrones. Esta situación, sin embargo, mejorará sin duda rápidamente debido a la presión que ejercen las innumerables madres que reclaman facilidades laborales para realizar su tarea darwiniana.

¿Por qué ahora?

Es indudable que, al menos en los países desarrollados, el bombeo materno es ya una realidad. Un ingrediente esencial detrás de ello es la convicción de las madres de que su leche es un seguro de vida para sus bebés.

Otro factor, difícil de cuantificar, pero quizá tan importante como el anterior, es que al alimentar a sus bebés con leche propia, muchas madres establecen un vínculo que les permite sentirse menos culpables por “abandonarlos” tan pronto después de su nacimiento.

El futuro

Es indudable que la ecología familiar ha cambiado radicalmente en un intervalo de una o dos generaciones, que resulta demasiado corto como para haber permitido diseñar o descubrir por prueba y error un sustituto eficaz de la familia tradicional. Sin embargo, cualquiera que sea el modelo familiar resultante, podemos estar seguros de que el bombeo generalizado de leche materna será una de sus características distintivas.

¿Qué habría pensado la madre de Miguel Ángel de todo esto? Su hijo fue uno de los genios más prominentes en la cultura de su tiempo y en la de todos los tiempos, con una fertilidad prodigiosa en la pintura, la escultura, la arquitectura y la poesía. Cuando se fatigaba una de sus manos, simplemente se pasaba el pincel a la otra y seguía pintando, literalmente de sol a sol. Murió a los 89 años, en una época en que la esperanza de vida en Europa no llegaba a los cuarenta. ¿Cuánto habría vivido su famoso hijo y cuánto más habría destacado si ella misma lo hubiera amamantado? ¿Cuánto del mérito le corresponde en realidad a la nodriza?

Ecología urbana

Los primeros ambientalistas modernos no tenían en mente a Nueva York o Calcuta al iniciar su cruzada conservacionista. Su ideal consistía en preservar áreas prístinas, minimizando la presencia humana en ellas. Los parques nacionales estadounidenses, como Yellowstone (fundado en 1872) y Yosemite (fundado en 1890), fueron los primeros frutos de su admirable concepción y esfuerzo. Este modelo es el dominante hasta la fecha, y entre sus laureles se cuentan centenares de parques nacionales distribuidos por todo el mundo, donde se mantiene la presencia humana, fija o recurrente, en el mínimo nivel que permiten las circunstancias locales y la necesidad de generar fondos a través del turismo.

La ausencia de una preocupación ecológica por las zonas urbanas quizá tenía algún sentido hace un siglo, cuando sólo 10% de la población mundial vivía en ciudades. Sin embargo, en la actualidad la mitad de la población es urbana, y hacia el año 2020 lo serán tres quintas partes de ella. De hecho, en México 75% de la población es citadina. Las ciudades representan un hábitat de *Homo sapiens* que no podemos ignorar, y nos imponen un reacomodo de prioridades en el esfuerzo de adecuación y preservación ecológica.

Ecología urbana

Aunque hubo estudios previos sobre diversos aspectos de la flora y la fauna en las grandes ciudades de Europa y Norteamérica, el origen de una ecología urbana centrada en el componente humano aconteció en Chicago en los años treinta del siglo pasado, cuando varios ecólogos y sociólogos estudiaron la composición étnica, la distribución geográfica y la evolución de la población de esa ciudad, correlacionando estos aspectos con las actividades económicas y financieras, y evitando en lo posible los factores políticos en su argumento.

Fue en la década de los setenta del siglo xx cuando se formalizó cabalmente esta disciplina, con la medición de flujos de energía y de nutrientes en las ciudades, utilizando métodos desarrollados con el mismo fin para el estudio de islas, pantanos, selvas y demás ecosistemas no urbanos. En el mismo periodo aparecieron revistas de investigación con títulos como *Urban Ecology (Ecología Urbana)*, *Human Ecology (Ecología Humana)*, y otros similares. Se organizaron también grupos de trabajo enfocados al diseño de estrategias para sintonizar aspectos como la vitalidad y la economía de las ciudades, con las aspiraciones de sus habitantes. Un grupo pionero muy influyente, llamado también *Urban Ecology*, nació en 1975 en Berkeley, California, alrededor de un núcleo de arquitectos, en la resaca del movimiento *hippie*.

La estructura ecológica de una ciudad se describe usualmente en términos de una red de asentamientos humanos en interacción mutua. En muchos casos tal estructura conduce a la separación geográfica de las zonas dedicadas a la habitación, el comercio, la industria, las finanzas, etcétera. El ecosistema urbano comprende además los parques ciudadanos, los bosques y reservas circundantes y los sitios donde se deposita la basura. Las ciudades no son autosuficientes en cuanto a la alimentación de quienes las habitan, y dependen en última instancia de ecosistemas no urbanos para el sustento. La riqueza y el dinamismo de la ciudad de Chicago, por ejemplo, se explican en términos de su dominio de la producción agrícola y ganadera en las praderas del Medio Oeste de EUA.

Flora urbana

Han existido jardines botánicos desde hace milenios, en ciudades como Babilonia, Atenas, Constantinopla y Toledo. La flora de las ruinas, parques y panteones de las ciudades y sus bosques aledaños se ha estudiado durante siglos. El uso de árboles con motivos religiosos y de ornato también es una antigua práctica que renació en Europa y se generalizó al resto del mundo durante el siglo XIX. La flora citadina incluye también plantas de ornato en las casas y en jardines públicos y privados, así como hortalizas en patios y techos.

Aunque las ciudades no son autosuficientes en cuanto a su alimentación, su potencial para producir comida en jardines y techos se manifestó de manera espectacular en los Jardines de la Victoria estadounidenses durante las dos guerras mundiales. La producción de vegetales, granos y lácteos en dichos jardines balanceó en buena medida la merma en la elaboración de alimentos que resultó al transferirse buena parte de la mano de obra agrícola a los ejércitos y la planta industrial.

Hace aproximadamente un siglo los botánicos relacionaron la flora y fauna de lagos y ríos ciudadanos con la potabilidad de sus aguas. Hacia 1910 un biólogo alemán de apellido Kolkwitz se convirtió en la primera persona en la historia que logró rehabilitar un lago contaminado. Realizó esta novedosa hazaña en Berlín, donde asoció el crecimiento masivo de algas en un lago ciudadano, con un flujo continuo de nutrientes desde el lodo del fondo. Bombeando agua limpia disolvió y eliminó ese lodo, y logró devolverle al lago su transparencia original.

Fauna urbana

El sector humano es el más conspicuo de la fauna urbana. Coexiste con hormigas, cucarachas, moscas, zancudos, piojos y otros insectos; con arañas, escorpiones y demás arácnidos; con lagartijas, serpientes y otros reptiles, y con algunas decenas de especies de aves.

Ciertas aves han sabido aprovechar nichos novedosos que suministra sin proponérselo la especie dominante. Las golondrinas, por ejemplo, anidan en aleros

altos; las lechuzas y los halcones anidan en los rascacielos y los usan como atalayas de caza, tomándolos quizá por acantilados.

La fauna comprende también varias especies de mamíferos. En la ciudad de México, por ejemplo, hay cerca de 20 millones de seres humanos, unos 2 millones de perros y un millón de gatos con dueño y techo reconocibles, a los que se suma una cantidad comparable de perros y gatos callejeros. Hay caballos, burros, vacas, toros y puercos ciudadanos, ya sea en granjas o en su versión callejera, como las vacas de la India. En los zoológicos existen además animales exóticos. A la llegada de los españoles, el zoológico de Tenochtitlan, *Totocalco*, albergaba una gran colección de aves. Los antiguos egipcios coleccionaban jirafas, leones, osos y otras fieras.

Termiteros y panales

Los hormigueros, termiteros y colmenas ofrecen un símil de las ciudades que resulta cercano en ciertos aspectos. Hay, sin embargo, dos diferencias fundamentales: el ejercicio de la voluntad vuelve a los humanos notablemente más complicados que las hormigas, las termitas y las abejas; además, nuestra experiencia construyendo ciudades se remonta a unos cinco mil o seis mil años (cerca de 300 generaciones), mientras que esos insectos llevan millones de generaciones refinando su hogar. No causa entonces gran sorpresa que nuestras ciudades sean terriblemente sucias, caóticas e incómodas comparadas con el más humilde de los refugios que ellos construyen, al menos desde la perspectiva de sus propios habitantes.

Los problemas de tráfico vehicular que nos agobian en Xalapa, Morelia y el Distrito Federal, por ejemplo, no son peores que los que aquejaban hace más de dos milenios a los habitantes de la Roma imperial en la zona aledaña al Palatinado, o al Coliseo en días de circo. Lo único que ha cambiado son los vehículos: coches y camiones de motor actualmente, y carruajes, burros y carretones en el pasado. El tráfico en Nueva York estaba tan congestionado hace un siglo, con una mezcla de vehículos de motor y carruajes tirados por caballos, como lo está ahora a pesar de sus grandes avenidas y trenes subterráneos. El ansia humana de movilidad parece superar todos los artefactos tecnológicos creados hasta la fecha para apaciguarla.

Adecuación urbana

Desde siempre las ciudades han tenido dificultades con la potabilidad de su agua, la eliminación de sus desperdicios y la pureza del aire que respiran sus habitantes. Todos estos problemas han sido admirablemente resueltos en hormigueros, termiteros y panales. Hace un siglo, cuando el humo de los automóviles aún no mostraba su lado oscuro en Nueva York, las heces pulverizadas de los caballos usados para el transporte se elevaban con el viento y producían una elevada incidencia de tuberculosis en la ciudad. Por supuesto, a medida que han crecido los números ciudadanos, estos problemas básicos se han agudizado, afectando la calidad de vida de los pobladores hasta extremos que no envidiarían la termita ni la abeja más desoladas.

Muchas ciudades están en un proceso permanente de renovación, que en ocasiones les da el aspecto de zonas de guerra. En un afán de adecuarlas a las necesidades de su gente, cambiante en números y preferencias, se añaden puentes y ejes viales, se expanden las redes de drenaje, etcétera. Nada parece ser suficiente, y más que un esfuerzo de conservación, se tiene en la práctica un proceso de ajuste constante, un intento perenne de acertarle aunque sea fugazmente al blanco móvil que representan los apetitos de sus habitantes.

Los hunos

La imagen de Babilonia cercada por los ejércitos persas, la de Aquilea y Roma asediadas por los hunos, y la de Bagdad destruida por los mongoles, constituyen un tema recurrente en la historia humana. Según algunos historiadores influyentes, tales incursiones de los llamados bárbaros no son eventos totalmente destructivos, sino en alguna medida renovadores, como elementos de un ciclo que se inicia con el florecimiento de grandes ciudades, cuya creatividad decae a medida que la buena vida, el tedio o la desesperanza debilita a sus habitantes. Simultáneamente, su opulencia las convierte en foco de atracción para grupos nómadas y aventureros, endurecidos al frío y al calor de la intemperie. Eventualmente empiezan las incursiones de invasores, hasta que cae la ciudad y se instalan en ella sus nuevos dueños, quienes adquieren pronto el gusto por los refinados placeres ciudadanos, se debilitan y son conquistados a su vez por nuevos invasores, reiniciándose el ciclo.

Si esta perspectiva histórica es al menos parcialmente correcta, la creciente urbanización del mundo adquiere un significado ominoso para nuestra especie, al reducir gradualmente el flujo de novedad y renovación potencial que representan los lobos esteparios.

Los otros

Cuando uno emigra del rancho a la capital no parece muy amenazante al arribar a su destino, al menos desde la perspectiva de los ciudadanos, quienes les dedican a los inmigrantes sus mejores chistes. Sin embargo, no sólo los atilas y gengis khanes han conquistado imperios. Los profetas lo han logrado también, en forma más duradera y completa. Los más exitosos profetas religiosos de la historia han recorrido el camino del rancho a la capital.

Según una anécdota con la que cierra Herodoto su maravillosa *Historia*, tras una vida de conquistas extraordinarias coronadas por la toma de Babilonia, el rey persa Ciro se negaba a ocupar los tronos usurpados y continuaba viviendo en sus montañas de origen. En alguna ocasión sus generales le preguntaron si no sería más digno de un rey de su estatura tomar lo que le pertenecía en las grandes ciudades que había subyugado. Este gran experto en ecología urbana les respondió que prefería vivir en las montañas mandando, que en las ciudades obedeciendo.

Perros y gatos

Las mascotas actuales incluyen perros, gatos, conejos, cobayos, monos, peces, tortugas, ranas, serpientes, lagartos, pericos, guacamayas, águilas, leones, tigres, osos, etcétera. Durante milenios, los egipcios fueron unos entusiastas de los perros y gatos, que embalsamaban y enterraban casi con tanta pompa como a sus dueños. En una historia bíblica el profeta Natán se vale de la parábola de un hombre bueno y su mascota favorita (una oveja), asesinada por un hombre rico, para castigar al rey David por su adulterio con Betsabé.

En pleno romanticismo, parejas europeas de enamorados intercambiaban pulgas (no eran difíciles de hallar en sus cuerpos), encerradas en minúsculos joyeros y acompañadas de sentidos poemas sobre el privilegio que habían gozado los bichos al penetrar la intimidad del ser amado en busca de su sangre, para entregarla en turno a su nuevo dueño.

Churchill tuvo una cacatúa que repetía continuamente obscenidades contra los nazis; la perra de Hitler y los lebreles de Barba Azul son famosos también. Murieron mascotas en la caída de Tenochtitlan, la batalla de Stalingrado y el desplome de las torres gemelas de Nueva York.

En su relación casi simbiótica con los humanos, los animales suministran compañía, protección, lealtad, status social y todo lo imaginable bajo el sol y en la penumbra. Requieren a cambio un techo, alimento y un poco de atención. Algo frecuente en esta sesgada relación es que muchas mascotas son abandonadas y adoptan una existencia callejera.

Los grandes números

Por mucho, las mascotas más abundantes son los perros y los gatos. Su élite, privilegiada con techo, comida y afecto supera ampliamente a su versión callejera en los países industrializados, donde se gastan unos 50 mil millones de dólares en su alimento, hospedaje y juguetes. La balanza se invierte en los países pobres. Existen en el mundo unos 500 millones de perros callejeros, y los gatos vagabundos suman cerca de la mitad de este número.

Por las calles de la ciudad de México deambulan más de 2 millones de perros y un millón de gatos, que esparcen unas 400 toneladas diarias de heces, generalmente cargadas de parásitos intestinales, huevecillos, hongos y bacterias patógenas, y otros microorganismos similares. Muerden además a miles de personas cada año, provocando la muerte por rabia de casi un centenar de ellas.

La solución final

El mundo se ve distinto desde el extremo opuesto del microscopio. Los perros y gatos callejeros comen desperdicios, van por su mundo sarnosos y cargados de pulgas, con los intestinos ulcerados por amibas y otros parásitos y las vías respiratorias colonizadas por hongos y bacterias terribles. Su esperanza de vida vagabunda se calcula en unos dos años. Durante décadas, la estrategia tradicional de control de su población se ha basado en sacrificarlos, electrocutándolos o disparándoles un perno metálico al cerebro, y en el mejor de los casos inyectándoles una sobredosis de anestésico. Cada mes se sacrifican en el Distrito Federal más de diez mil perros callejeros y la mitad de esta cantidad de gatos. Por falta de planeación y recursos para completar el proceso, sus cadáveres van a dar a los basureros.

Aun si suponemos una esperanza de vida de unos tres años (para no exagerar los números rojos), la aritmética indica que deben morir diariamente en la ciudad de México más de mil quinientos perros y setecientos gatos callejeros (descontando los que son sacrificados deliberadamente), por enfermedad, maltrato o arrollados por vehículos.

Humanismo abrumador

El humanismo se extendió a los animales de manera muy selectiva al inicio. Los animales sagrados de Egipto y los favoritos de los reyes de todas las épocas eran intocables. En la época de predominio azteca se castigaba con la pena de muerte a quien matara un quetzal. Para obtener sus preciadas plumas de la cola, estas aves eran atrapadas y se les liberaba al final del desplume, seguramente traumático y humillante desde su perspectiva.

La primera ley contra el maltrato a los animales se promulgó en Inglaterra en 1876, y en su aprobación participó Charles Darwin. Casi un siglo después se proclamó la Declaración Universal de los Derechos de los Animales, promovida en 1978 por grupos protectores de animales y adoptada más adelante por la UNESCO. Su premisa fundamental es que "toda la vida animal tiene el derecho a ser respetada". Señala también que "la coexistencia de especies implica el reconocimiento humano del derecho a la vida de las demás especies animales", y que "todo animal dependiente del hombre tiene derecho a una alimentación y cuidado adecuados".

Existe en la ciudad de México una ley contra el abuso y maltrato de los animales, vigente desde 2001; su predecesora había sido promulgada veinte años atrás. La pena máxima que confronta un individuo por maltrato de animales consiste en tres días de cárcel y más de cien mil pesos de multa. Este castigo se antoja riguroso, aunque hay que admitir que, como tantas otras leyes mexicanas, ésta es poco más que un listado de buenos deseos, dada la carencia de una estructura que asegure su cumplimiento en la práctica.

Altruismo y disección

Cada año se utilizan en el mundo unos 100 millones de animales (ratas, perros, gatos, cobayos, monos, etcétera) como modelos para estudiar patologías humanas, provocándoles enfermedades horribles con sustancias tóxicas y microbios, y disfunciones profundas a través de electrodos en el cerebro y el resto de su sistema nervioso.

Se les emplea también para disecciones de carácter educativo, usualmente realizadas por aprendices. Esto magnifica el dolor y el estrés de los animales, que frecuentemente concluyen su ciclo de vida suturados grotescamente y asfixiándose en un basurero. Según la nueva ley al respecto en el Distrito Federal, las disecciones sólo están permitidas en instituciones de educación superior, aunque muchos en los niveles educativos inferiores aún parecen ignorarlo.

Si interpretamos en un sentido minimalista la afirmación “toda la vida animal tiene el derecho a ser respetada”, restringiéndonos a la minimización del dolor y el estrés, esta frase adquiere un sentido práctico. Su carácter pragmático se acentúa al enfocar tan sólo a los perros y gatos callejeros, y conduce a una estrategia basada en reducir sus números drásticamente a través de campañas de adopción por humanos, puestas en práctica sobre todo en los países industrializados, y programas de esterilización en los demás países.

La esterilización se practica sólo en los machos, por ser más simple y barata que en las hembras. El procedimiento consiste en clausurar sus conductos seminales apretándolos súbita y fuertemente con unas pinzas metálicas. Los animales así neutralizados son devueltos a su vida vagabunda (el altruismo tiene sus limitaciones), con la seguridad de que no incrementarán el número de habitantes de las calles.

Ciencia dolorosa

La estrategia limitada de minimizar el dolor y el estrés también rindió frutos en relación con los millones de animales utilizados en la experimentación médica y biológica. En este caso se tradujo en la elaboración de reglas específicas sobre las condiciones de alojamiento, transporte y alimentación de animales, el nivel académico del personal que realiza los experimentos y su experiencia en el manejo de los animales bajo su responsabilidad, incluyendo el empleo de anestésicos y otros paliativos durante los experimentos con ellos, y el uso de analgésicos y ansiolíticos aun cuando el punto final del proceso sea la eutanasia de los animales involucrados.

Estos códigos de operación y conducta han sido establecidos por las máximas organizaciones científicas de los países industrializados, donde tienen carácter obligatorio. En México el procedimiento de protección de los animales de laboratorio

es menos sistemático. Aunque en 2001 entró en vigor la *Norma para la Producción, Cuidado y Uso de los Animales de Laboratorio* (NOM-062-ZOO-1999), esta ley no rige en medida apreciable el funcionamiento de los laboratorios que conozco. En la práctica que he observado, se nombra un comité local de ética que revisa los protocolos experimentales y vigila el funcionamiento del bioterio (sitio de cría y mantenimiento de animales de laboratorio), rigiéndose por una amalgama de códigos que les resultan familiares a sus miembros, a través de su formación como investigadores en diversas instituciones nacionales y extranjeras. Este nivel de eclecticismo no se antoja del todo congruente con el bienestar de los animales involucrados, pero constituye un avance considerable en relación con el horror de antaño.

Ricos y felices

Recientemente tuvo lugar en Nueva Escocia, Canadá, una reunión internacional sobre la Felicidad Interna Bruta (FIB), un indicador de bienestar social que propuso el rey de Bután, un pequeño reino budista en los Himalayas, al ascender al trono en 1972. Según el ideal butanés, un buen gobierno es aquel que maximiza este indicador, basándose en estrategias complementarias de desarrollo económico, preservación del ambiente y promoción cultural.

Este ideal, apoyado en prácticas budistas tradicionales como el *jimba* (trabajo comunitario gratuito), condujo gradualmente a resultados que en conjunto se antojan paradigmáticos: los setecientos mil butaneses actuales comen mejor, tienen un nivel de vivienda y de escolaridad más alto que en el pasado, cuentan con una red de carreteras más amplia y con bosques más extensos que hace tres décadas, etcétera, habiendo logrado todo esto sin endeudamiento externo.

El Producto Interno Bruto

El índice FIB no es por supuesto la primera propuesta histórica de buen gobierno. Resulta conceptualmente cercana al utilitarismo, definido por el ideal de maximizar el bienestar del mayor número posible de habitantes de un país. El utilitarismo inglés fue concebido a inicios del siglo XIX por el filósofo Jeremy Bentham, y condujo durante la época victoriana a la promulgación de leyes de carácter socialista en Inglaterra, promovidas en gran medida por el economista John Stuart Mill.

En la actualidad el criterio mundialmente aceptado de buen gobierno consiste en acrecentar el producto interno bruto (PIB). Este concepto fue desarrollado en los años treinta del siglo pasado por el economista Simon Kuznets, quien en las décadas siguientes insistió en más de una ocasión sobre sus limitaciones. El PIB es una medida de la actividad económica de una nación, consistente en la suma del valor agregado en un año en todas las transacciones de carácter monetario que ocurren en un país, más los impuestos generados por ellas, menos los subsidios monetarios no incluidos en el precio de los productos o servicios resultantes.

El PIB es una medida objetiva, práctica y conceptualmente simple del dinamismo económico. En todos los países del mundo su crecimiento es motivo de júbilo de economistas y políticos; su condición estacionaria se interpreta como un estancamiento de la nación, y su merma constituye una mancha que sume en el descrédito al gobierno en turno y acelera su caída.

Sin embargo, no todas las transacciones monetarias son benéficas para una nación. En los años sesenta del siglo pasado Robert Kennedy se quejaba en EUA

de que la producción y venta de pistolas y cuchillos incrementan el PIB, sin tomar en consideración que se utilizan para destruir la vida y propiedades de muchas personas. Y podemos agregar que los delincuentes que incrementaron el PIB al comprar tales armas siguen inflándolo después de utilizarlas, a través de los salarios que obtienen los policías que los atraparon y los abogados que los defendieron, sin olvidar los honorarios de los médicos que atendieron a sus víctimas, las ganancias de los que vendieron los ataúdes requeridos, y el jornal de los sepultureros.

Defectos del PIB

Aun más graves que los excesos anteriores resultan dos omisiones fundamentales del PIB en su recuento de la productividad de un país: las transacciones que no implican una transferencia monetaria, y el costo de los recursos naturales utilizados o degradados como consecuencia de la actividad económica.

Entre las transacciones que no implican una transferencia monetaria está el trabajo doméstico no remunerado, de gran relevancia económica por la magnitud de la población involucrada y el número diario de horas de labor. Otro ejemplo lo suministra el trabajo voluntario en tareas que benefician a la comunidad. En Bután, el *jimba* tiene una profunda raíz budista y constituye un eje central de la economía, pues se realiza cotidianamente en tareas que van desde la construcción de una casa hasta la reforestación del paisaje y el mantenimiento de los caminos y los templos. En México tenemos como práctica equivalente el *tequio*, desde tiempos precolombinos.

La omisión del PIB relativa al costo de los recursos naturales consumidos o degradados en una transacción monetaria conduce también a distorsiones que resultarían cómicas, si no fuera porque dichos recursos empiezan a escasear en grado alarmante. Por ejemplo, si se tala un bosque el PIB registra un primer aumento cuando se convierten sus árboles en madera labrada; registra un nuevo aumento cuando la madera es transformada en muebles o casas, y uno más cada vez que dichos muebles y casas cambian de dueño. Sin embargo, al final de la historia el país fue despojado de un bosque, cuya desaparición no dejó huella en el conteo. Para el PIB habría dado lo mismo que el bosque hubiera brotado instantáneamente y de la nada.

Una cajetilla de cigarros

El simplismo conceptual del PIB dificulta la tarea de ponerle precio a las mercancías. Por ejemplo, el precio de venta de una cajetilla de cigarros toma en consideración actualmente los factores siguientes:

1. El costo de los insumos (semillas de tabaco, plántulas, fertilizantes, plaguicidas, etcétera).
2. El precio de la tierra de sembradío, o de su renta.

3. Los salarios pagados en la producción del tabaco y la manufactura de los cigarrillos.
4. Los gastos de transporte y publicidad.
5. Los impuestos que genera su venta.

Sobre esta base, el precio de una misma cajetilla de cigarrillos en Canadá es más del doble que en México, debido en gran medida a los impuestos que se le aplican al tabaco en ese país.

Sin embargo, hay que añadirle a lo anterior los siguientes factores, como mínimo:

6. El costo de atención médica de las enfermedades que producirá o propiciará el producto tanto en sus consumidores como en los no fumadores en su periferia.
7. El costo de las horas de trabajo perdidas por la misma causa por los fumadores y no fumadores afectados.
8. El costo de los incendios generados por fumadores al deshacerse inadecuadamente de sus cigarrillos encendidos.

Por supuesto, tales costos deben calcularse de manera fraccionaria, en relación con el total anual de enfermedades e incendios atribuibles al tabaquismo. Este cálculo no presenta mayores dificultades y arroja un enorme sobrepeso que no se le aplica actualmente a la cajetilla de cigarrillos, convirtiéndolo así en un subsidio oculto de la sociedad en "beneficio" de los fumadores.

La magnitud de este subsidio involuntario puede estimarse considerando que en 1998 las compañías cigarreras de EUA le pagaron en conjunto 246 000 millones de dólares a los gobiernos estatales de ese país, para resarcir sus erogaciones médicas y hospitalarias al atender a fumadores. Posteriormente, las mismas compañías tabaqueras fueron demandadas por 130 000 millones de dólares por el gobierno federal, para solventar un programa de rehabilitación de los 45 millones de adictos al tabaquismo, quienes de acuerdo con la parte acusadora habían sido inducidos al vicio a través de una campaña química y propagandística fraudulenta (elevando artificialmente los niveles de nicotina, enfocando las campañas de publicidad en las escuelas, etcétera). En el momento en que prácticamente tenía ganado el caso, sin mayor explicación, el Departamento de Justicia rebajó su demanda de 130 000 millones a 10 000 millones de dólares. Misterios del gran capital, cuando se invierte sabiamente en campañas políticas.

Índice de Progreso Genuino

Existe una organización no gubernamental en California dedicada a diseñar un balance de la actividad económica de un país o región, más realista y completo que el PIB. Para lograrlo añade en el recuento transacciones no monetarias que tienen una

consecuencia económica tangible, como el trabajo doméstico no remunerado y la labor comunitaria. Más importante aún, incluye en el balance (con signo negativo) el precio de los recursos naturales (suelos, bosques, petróleo, etcétera) perdidos o degradados como consecuencia de los productos y servicios que generan.

Le resta además al PIB el costo de las medidas que se toman en el hogar para defenderlo tanto de la degradación social (cerraduras extras, blindajes, seguros contra robo y accidentes, gastos médicos por ataques), como de la ambiental (filtros y purificadores del agua y del aire, daños en la ropa y las paredes debido a la lluvia ácida, gastos médicos por respirar aire impuro, etcétera). Asimismo, le resta el gasto social que acarrea la criminalidad, los divorcios, la merma del tiempo de recreación por vivir al galope, etcétera.

El llamado Índice de Progreso Genuino (IPG) que resulta de este balance contrasta marcadamente con el PIB. En el caso de EUA, por ejemplo, el PIB *per capita* ha crecido más de veinte mil dólares (descontando la inflación de la moneda) de 1950 a la fecha (pasando de doce mil a treinta y cinco mil dólares). En contraste, durante el mismo periodo el IPG ha crecido apenas dos mil dólares, de seis mil a ocho mil.

Índice de Desarrollo Humano

Existe otra medida del bienestar, el Índice de Desarrollo Humano (IDH), diseñado por un economista paquistaní en 1990 y adoptado por la ONU en 1993 como estándar de desarrollo. Se basa en un amplio conjunto de parámetros de carácter económico y social, que se condensan en tres aspectos fundamentales:

- Una existencia prolongada y saludable, cuantificada por la esperanza de vida al nacer.
- La educación, medida a través del nivel promedio de escolaridad de los adultos, y de la matrícula en los niveles educativos primario, secundario y profesional.
- El estándar de vida, estimado a través del PIB *per capita*.

Cada año la ONU clasifica a los países del mundo según el valor de este índice. De 1994 a 2004, Canadá ha encabezado la lista cinco veces, lo mismo que Noruega, y Japón lo ha logrado en una ocasión. Cerca del sitio de honor han orbitado siempre los mismos países: Australia, Holanda, Islandia, Bélgica, Suiza y algunos más.

Recuento

Aunque resulta extremadamente difícil cuantificar la felicidad de una persona o de un grupo humano, es indudable que el PIB, el IDH, y el IPG nos dicen algo sobre el asunto, con un grado de veracidad que aumenta del primero al último de ellos.

¿Cuál es la posición de México en el concierto mundial, de acuerdo con estos indicadores? Según el IDH de la ONU, nuestro país ha ocupado siempre un lugar cercano al número 50 en la lista mundial. De acuerdo con el PIB, su rango actual es el duodécimo (o el décimo, según la corrección airada de la propaganda oficial); sin embargo, considerando al PIB *per capita*, fluctuamos año tras año alrededor del sitio número 80. Es un triste veredicto que seguramente empeoraría si utilizáramos el IPG, el cual refleja de manera más fidedigna el reparto entre la población de la riqueza generada por la actividad económica. Cabe preguntarse cómo calificaría el rey de Bután a nuestros gobernantes, según su estándar de máxima Felicidad Interna Bruta.

Papel

Una escuela pública de Arizona anunció que a partir del próximo año escolar eliminará el uso del papel. Sus alumnos recibirán computadoras portátiles y obtendrán materiales de lectura y de consulta a través de una red inalámbrica interna. Entregarán sus tareas a través de esta red y serán calificados de la misma manera. Lo único tradicional serán las clases colectivas en un salón.

Aunque existen muchas otras instituciones educativas donde se enfatiza el uso de computadoras, y aunque se trata en este caso de una pequeña escuela secundaria con unos cuantos centenares de alumnos, el valor simbólico de su decisión de erradicar el papel es profundo, pues rompe con una tradición educativa de al menos tres mil años.

Historia

El papel está compuesto de fibras entrelazadas que le otorgan resistencia a la ruptura y permiten su extensión en sábanas delgadas. Se le utiliza como vehículo de escritura y de expresión artística, y como material de envoltura de otros objetos. El cartón con el que se fabrican las cajas de incontables productos comerciales es un papel grueso, con dos capas planas que confinan una tercera de papel corrugado.

La concepción del papel ha permanecido sin cambio durante varios milenios, a pesar de que los detalles de su manufactura hayan variado enormemente a través de la historia. Sus mudanzas evolutivas se han limitado al tipo y origen de las fibras usadas, a los métodos para extraerlas y refinarlas en cuanto a longitud, color y resistencia, y a la variedad de tamaños, texturas y demás propiedades de las hojas de papel fabricadas. A este desarrollo químico hay que añadirle una tendencia constante al aumento en la escala de producción y a la automatización en su elaboración.

Las primeras fibras utilizadas provenían de la corteza interna de algunos árboles. En el territorio que hoy comprende a México se obtenían del amate; en Asia oriental (China, Corea, Japón) se utilizaban árboles propios de la región. Para ablandar y extraer las fibras se hervía la corteza y se le golpeaba con un martillo de madera. Se añadía agua a continuación formando una pulpa, para luego extenderla sobre un bastidor con una malla plana (una coladera) y secarla por escurrimiento y evaporación del agua. Cuando la pulpa estaba parcialmente seca se le separaba de la malla y se obtenía así una hoja de papel.

En Egipto se le fabricaba con la corteza del papiro (origen del vocablo papel), una planta con hojas de largos tallos que crece en los pantanos del río Nilo y en el delta de su desembocadura. Segmentos de la corteza debidamente lavados y

aplanados se pegaban manteniendo las fibras de capas vecinas orientadas en direcciones perpendiculares.

Hacia el siglo I de la era actual empezó a elaborarse papel en China a partir del desperdicio de fibras textiles. Esta técnica se extendió gradualmente a regiones aledañas como la India y Japón, y fue aprendida por los árabes en Samarcanda (Uzbekistán), durante su expansión religiosa hacia el oriente. Por varios siglos la producción de papel fue una industria musulmana, hasta que empezó a fabricarse en Italia y después en Alemania durante la Edad Media europea. La imprenta y el aumento de la actividad comercial incrementaron la demanda de papel y la escasez resultante de fibras se remedió hasta el siglo XIX, cuando nuevos métodos volvieron posible obtenerlas de la madera. A partir de entonces la evolución de esta industria ha consistido en un gran aumento de escala y en una creciente automatización.

Talamontes

El impacto ecológico que se deriva de la producción papelera proviene de la explotación forestal y del proceso químico de extracción y lavado de fibras, que se practica en una escala gigantesca en todos los continentes. No es exagerada la afirmación de que la pujanza industrial de Japón ha resultado catastrófica para los bosques de Indochina, transmutados en incontables cajas de cartón corrugado con el letrero "*Made in Japan*". En México el deterioro causado por las fábricas de papel es notable. Por ejemplo, los estragos provocados por una fábrica papelera en Morelia son evidentes en los bosques de toda la sección michoacana del Eje Volcánico. Papeleras como la de Río Blanco, en Veracruz y la de San Rafael, en Puebla, han dejado una evidente estela de deterioro de la vegetación. En décadas recientes la destrucción mundial de bosques por esta causa ha disminuido un poco, al aprovecharse nuevas especies de arbustos y otras plantas.

La mayor consecuencia ecológica de la industria papelera proviene de la extracción de fibras de celulosa a partir de su matriz original de madera y del proceso simultáneo de lavado y blanqueado de las mismas para liberarlas de lignina, resinas y otros materiales. Para ello se utilizan grandes cantidades de ácido sulfuroso, sosa cáustica, cloro y diversas sustancias igualmente agresivas. Una parte de estos compuestos se arroja a la atmósfera a través de chimeneas que emiten una nube maloliente, provocando trastornos respiratorios y lluvia ácida en grandes áreas, pues el bióxido de azufre liberado se transforma con la lluvia en ácido sulfúrico. El resto de los materiales tóxicos se lanza a los ríos y cañadas, para desgracia del ecosistema circundante.

Los papeles con un alto grado de brillo y blancura, y aquellos que emplean tintes especiales, requieren ingredientes como el mercurio y el titanio, que incrementan el impacto ecológico de esta industria.

¿Mundo sin papel?

Un proyecto de Bill Gates, creador de la compañía de computación Microsoft, consiste en eliminar dentro de su intervalo de vida el uso del papel como medio de escritura. Se trata de una empresa extremadamente ambiciosa, que incluye metas parciales como el diseño de escuelas y oficinas sin papel, la sustitución de los libros, revistas y periódicos tradicionales por versiones electrónicas, y la eventual desaparición de las bibliotecas como las conocemos actualmente, con un sistema basado todavía en el papel como vehículo último de almacenamiento de información.

El grado de avance en los diversos capítulos de tal propuesta es desigual. Las oficinas sin papel se antojan aún lejanas, pues a pesar de que los programas computacionales manejadores de archivos son sofisticados, la presencia de las impresoras genera una irresistible tentación de utilizarlas. El resultado neto de estas dos tendencias antagónicas fue un aumento inicial en la utilización de papel al generalizarse el uso de computadoras en las oficinas. Sin embargo, la tendencia dominante es ahora en el sentido opuesto. Un esfuerzo mexicano notable en este contexto lo ofrece la Comisión Federal de Electricidad, que recientemente puso en marcha un programa para eliminar en un plazo de cinco años el uso del papel en su sistema administrativo.

La sustitución de libros, revistas y periódicos de papel por sus versiones electrónicas marcha a paso lento, pero el camino en esa dirección es claro y parece definitivo, a pesar de la probable futura nostalgia por las tardes de lluvia en un sillón mullido, al lado de una chimenea y con un hermoso libro en las manos. La emergencia de escuelas sin papel sugiere que el sector educativo será uno de los primeros logros contundentes del proyecto de Bill Gates.

La transformación de las bibliotecas tradicionales va viento en popa, sobre todo a partir de un proyecto extraordinario de Google, la compañía de búsqueda en la Internet, que consistió en transferir a un formato electrónico la información en papel de varias de las mejores bibliotecas del mundo, como la Biblioteca del Congreso de Estados Unidos, la de la Universidad de Harvard, la de Yale y otras universidades famosas de ese país. Su enorme acervo está a disposición de todo el mundo a través de la Internet, sin costo alguno para los usuarios.

El futuro

En una conferencia que dictó en 1959, el físico estadounidense Richard Feynman ponderó la posibilidad de guardar grandes cantidades de información en memorias electrónicas con elementos individuales de dimensiones atómicas o moleculares. Tomando en consideración el tamaño típico de los átomos y las moléculas, especuló que llegaría un día en que la *Enciclopedia Británica* podría almacenarse en una memoria electrónica del tamaño de una cabeza de alfiler. Esta profecía de Feynman

parece muy cercana de cumplirse, aunque su alfiler se asemeje todavía a un tornillo de cabeza ancha, que representa sin embargo una ganancia fenomenal respecto a los treinta pesados volúmenes de la enciclopedia original.

El obstáculo principal en la tarea de eliminar el papel lo constituyen las deficiencias actuales de los medios electrónicos para almacenar información. Los discos y memorias son aún frágiles y se degradan en pocos años; además, las computadoras y los lenguajes que utilizan cambian con tal frecuencia que cualquier equipo se vuelve obsoleto en pocos años.

Desde una perspectiva puramente técnica, las revistas de investigación podrían adoptar con ventaja un formato electrónico, ya que procesarían sus artículos con gran celeridad e incluirían material suplementario y fotografías a color, que resultan caras impresas en papel. Sin embargo, los dueños de ellas prevén una merma en sus ganancias al perder en la transición una fracción considerable de sus compradores de anuncios, y posponen cuanto pueden lo inevitable, ofreciendo suscripciones electrónicas al mismo precio que las tradicionales, o vendiéndolas sólo en combinación con una de papel. Esta lamentable actitud monetarista ha sido adoptada incluso en las publicaciones científicas más prestigiadas en el campo de la ecología.

Con todo, la desaparición del papel se antoja inevitable. En un futuro cercano, todo texto que llegue a manos del público lector se habrá transmutado en una pantalla electrónica de alta resolución. Habrán desaparecido los voceadores y repartidores mañaneros, y los trozos de papel donde están escritos los grandes documentos de la historia serán piezas de museo casi tan valiosas como el texto que contienen.

La sal

Los soldados romanos recibían como pago parcial de sus servicios una porción de sal, que utilizaban en campaña para preservar sus alimentos. Este pago en especie es el origen de la palabra salario.

La conquista española de lo que hoy es México fue facilitada por la alianza de los invasores con los tlaxcaltecas, quienes tenían restringido el acceso a las fuentes de sal como parte de una estrategia azteca de guerra de baja intensidad, suficiente según algunos historiadores para mantener un enemigo cercano, intrépido pero no demasiado peligroso, con el fin de entrenar a sus propios soldados en las guerras floridas, dedicadas a la búsqueda de prisioneros para el sacrificio ritual.

Una causa de la Revolución Francesa fue la gabela (*gabelle*, en francés), un impuesto estratosférico que imponía la corona a la producción y venta de sal, el cual en años previos a la revuelta llegó a ser más de cien veces su precio real de producción. Una de las primeras acciones del gobierno revolucionario triunfante fue abolir este impuesto odioso, pero tan lucrativo, que poco tardó Napoleón en implantar una nueva gabela (menos onerosa que antes) en su búsqueda de fondos para financiar campañas guerreras.

Usos de la sal

La sal es sin duda el condimento más importante en la cocina de todas las culturas. Se le utiliza también para preservar alimentos, por lo que resultaba indispensable hasta tiempos recientes para la supervivencia de muchos pueblos y para mantener andando a los ejércitos en campaña.

Las fuentes principales de sal son el agua marina, los yacimientos que afloran a la superficie en forma de enormes domos y las corrientes de agua que emergen cargadas de sal tras haber transitado en contacto subterráneo con uno de tales domos. La sal se obtiene de manera directa en las minas que se excavan en los yacimientos, o evaporando el agua donde está disuelta. El primer documento sobre su producción es un detallado texto chino de hace casi cinco mil años, el cual describe además sus múltiples usos farmacéuticos en aquel tiempo.

Palabras como salsa y salchicha atestiguan el uso de la sal como condimento y preservador de alimentos. También se le ha utilizado para conservar momias y como antiséptico. La raíz de sal es la misma que la de Salus, la diosa romana de la salud.

Se le ha empleado como dinero en diversas culturas. Los griegos la usaban para comprar esclavos y de esa antigua práctica sobrevive la expresión despectiva

“no vale su sal”. Un mandato del antiguo ritual bíblico era que toda ofrenda debía ser sazonada con sal. “La sal de la tierra” es una expresión bíblica que se les aplicó más adelante en el *Nuevo Testamento* a los apóstoles y demás elegidos. En los combates de sumo los luchadores frecuentemente arrojan sal al aire, para alejar a los malos espíritus y purificar el círculo de batalla.

Sal y poder

A pesar de su abundancia en la corteza terrestre, históricamente el abasto de sal ha sido un problema grave para muchas culturas, especialmente aquellas alejadas del mar. Apropiarse de las fuentes de sal se convirtió desde muy temprano en una estrategia para adquirir poder. En China su comercio era acaparado por el estado y más de una dinastía perdió el poder por abusos cometidos a través de ese monopolio. Marco Polo anotó en la reseña de sus viajes que la principal actividad económica en el río Yang Tze era la venta de sal, en su trayecto de la costa hacia el interior.

Durante el siglo previo a la Revolución Francesa, la gabela se convirtió en una fuente primordial de fondos para el reino. También eran notables por su voracidad los impuestos de la sal en Rusia y en China, al grado de que contribuyeron a la caída de esos imperios a finales del siglo XIX e inicios del XX.

Un método de control utilizado por los ingleses en su imperio hindú fue restringir el abasto de sal para los rebeldes y los descontentos. Su política se tornó pronto odiosa para toda la población y la lucha de Gandhi contra el imperio buscó la abolición de esa estrategia de hambre regulada.

El comercio de esclavos en África tuvo un fuerte ingrediente salino, pues los tuareg y otros traficantes de esclavos controlaban el comercio de sal en la vasta región del Sahara, por medio de caravanas que en los siglos de apogeo incluían “diez mil camellos” y un sinnúmero de esclavos, según el refrán nostálgico de los últimos descendientes de aquellos magnates.

Ecología de la sal

El cuerpo humano contiene cerca de un cuarto de kilogramo de sal, que regula el intercambio de agua entre nuestros tejidos y los fluidos que los rodean y los irrigan. El sodio, que obtenemos principalmente de la sal, resulta esencial en el mecanismo de contracción muscular y en la transmisión de los impulsos nerviosos. La cantidad de sal en nuestro cuerpo es regulada por los riñones y a través de la sudoración. La concentración de sodio en el interior de las células es mucho menor que en el fluido circundante. Este desequilibrio se mantiene por medio de un constante bombeo de sodio hacia fuera de la célula, a un costo energético considerable.

El metabolismo de la sal y del sodio es similar en los demás animales, por lo que la sal resulta indispensable en su dieta. La escasez de sal parece ser una

condición generalizada entre ellos, a juzgar por el tiempo y esfuerzo que dedican a buscarla. “Amansar con sal” es una expresión basada en la avidez de los animales domésticos por esta sustancia. La sal es esencial también para muchas plantas, y los humedales y pantanos salinos se encuentran entre los ecosistemas más productivos de la biosfera.

Salinidad de los mares

El depósito supremo de sal lo constituyen los océanos, que contienen en promedio unos 35 gramos de sal por litro, suficientes para cubrir la corteza terrestre con una capa de unos 45 metros de altura si se evaporara el agua marina. La vida se inició en el mar y los primeros seres unicelulares vivían rodeados de agua salina. Cuando apareció la vida multicelular encapsulada por una piel, las células y los tejidos se rodearon de un fluido que era en el fondo una “porción de mar”, en la que la concentración de sal, calcio, potasio y demás sustancias de importancia biológica eran similares a sus valores en el agua marina de aquella lejana época, distante unos 1000 millones de años de nosotros. Los seres que más adelante colonizaron el ambiente terrestre trajeron consigo la misma herencia marina.

La salinidad de la sangre y de los demás fluidos que bañan nuestros tejidos se mantiene cercana a la de los mares actuales, lo que sugiere que la salinidad de éstos no ha variado en gran medida. La evidencia geológica al respecto indica que la constancia de la salinidad marina se ha mantenido al menos durante 1500 millones de años, y probablemente durante el doble de este inmenso intervalo.

La evidencia señalada se basa en la proporción relativa de dos isótopos del oxígeno (oxígeno-16 y oxígeno-18, donde los números indican la suma de protones y neutrones en el núcleo) medida en los fósiles y en los sedimentos marinos más antiguos. Los átomos de oxígeno-16 son más ligeros y se mueven con más facilidad y rapidez que los de oxígeno-18, y esto tiene diversas consecuencias físicas y químicas. Por ejemplo, el agua que contiene al oxígeno más ligero se evapora un poco más rápido que la que contiene al elemento más pesado, enriqueciéndose así la presencia de oxígeno-18 en el agua residual (líquida), en relación con la de oxígeno-16. Este fenómeno suministra información sobre la temperatura del entorno. Un análisis similar indica que dicha proporción provee datos sobre otros parámetros ambientales, incluyendo la salinidad.

Balance de sal

Los antiguos vikingos explicaban la salinidad marina imaginando que en el fondo del mar había un gran molino de sal. Hoy sabemos que la fuente principal de la salinidad oceánica la constituyen los ríos cargados con el residuo de rocas salinas erosionadas y con productos orgánicos con un alto contenido de sal; también contribuyen a este

flujo las erupciones volcánicas, pues emiten cloro y una fracción del mismo se combina con sodio para formar sal, ya sea en tierra firme o en el agua marina, donde la sal se separa en un par de iones, uno de sodio y el otro de cloro. Además de estas fuentes se tienen los vertederos de agua caliente y cargada de sal y otros minerales, que existen en los lechos marinos profundos, sobre todo en las regiones donde se ensancha el fondo por la emergencia de nuevo material del interior de la tierra. Después de todo, los vikingos no andaban tan errados.

Los mares tienen también mecanismos para disminuir su cantidad de sal, pues de lo contrario se tornarían progresivamente más salados, algo que no ha sucedido. Uno de los métodos de control más eficientes es la precipitación de sal al fondo del mar cuando su densidad aumenta demasiado por evaporación o por una disminución del influjo de agua dulce. El Mar Mediterráneo contiene en el fondo un inmenso depósito de sal precipitada de esta manera, de unos trescientos metros de espesor en promedio. Acumulaciones similares existen en el Golfo de México y en el Océano Atlántico.

La precipitación de sal se acentúa en mares que pierden su comunicación con el resto de los océanos y reciben insuficiente agua de los ríos para contrarrestar la evaporación. Fenómenos de este tipo han dado lugar a grandes salinas, como las que se encuentran en Utah, EUA, donde un cuerpo de agua que se convirtió en un mar interior como resultado de ciertos procesos geológicos está en su última fase de evaporación. Estas sedimentaciones de sal pueden ser sepultadas por otras más pesadas, y emerger después por su menor densidad, como "dedos" de sal que al aflorar se perciben como grandes domos de este material.

Control biológico

La salinidad oceánica es un factor biológico esencial para los seres marinos, que extraen su oxígeno y emiten muchos de sus desechos químicos a través de procesos fisiológicos que dependen de la composición química del agua circundante. La variación en la salinidad marina debe estar entonces muy restringida, limitándose a un estrecho margen para permitir el metabolismo de los seres acuáticos.

Consideraciones de este tipo sugieren que existe un mecanismo de control biológico de la salinidad marina, complementario de los geológicos y quizá más preciso que ellos. James Lovelock, un científico famoso por su búsqueda de vida en las misiones estadounidenses de exploración de Marte, planteó en los años setenta del siglo pasado su Hipótesis Gaia, que propone la existencia de procesos biológicos de alcance global, que regulan la temperatura y la composición química de la biosfera con gran precisión, manteniendo estos parámetros dentro de rangos apropiados para la persistencia de la vida terrestre.

En el caso concreto de la salinidad marina, formuló un mecanismo biológico de acopio de sal en los atolones que forman los grandes arrecifes de coral al emerger

del fondo y constituir un cinturón cerrado, dada su tendencia a crecer en curvas. La concentración de sal en los atolones aumenta gradualmente por evaporación, de manera que la sal residual es en último análisis separada del mar. El gran reto para determinar si este mecanismo de control es apropiado consiste en demostrar que la rapidez de formación de atolones es cercana al menos en promedio a la requerida para balancear el flujo de sal de los ríos que desembocan en el mar. El proceso es tan lento y tan vasto en sus dimensiones, que esta demostración se antoja difícil de lograr, a pesar de la magnitud y belleza del mecanismo de control propuesto.

En la actualidad, hemos pasado en gran parte del mundo de la escasez a la sobreabundancia de sal en la dieta, debido sobre todo a los alimentos elaborados industrialmente, que parecen oscilar entre el exceso de sal y el de azúcar, aunque hay algunos que suman ambos con notable éxito comercial. Esperemos que nos resulte posible moderar esta opulencia nociva sin gabelas ni guerras floridas.

Azúcar

Según una leyenda, hace mucho tiempo un jefe de los iroquois (un pueblo aborigen de lo que ahora es Canadá) lanzó su *tomahawk* (hacha de combate) contra un árbol de arce (o maple). Al recuperarla el día siguiente quedó una herida por la que manó savia durante muchas horas, acumulándose en un recipiente de madera que su esposa había olvidado al pie del árbol. Cuando ella lo recogió con el fin de acarrear agua para cocinar la cena, se percató de que estaba lleno de un líquido transparente y se alegró de haberse ahorrado el esfuerzo de ir al manantial. Puso el agua al fuego y pronto se maravilló del olor que despedía al hervir. Cuando retornó su esposo percibió el mismo aroma, acentuado al concentrarse por evaporación el contenido de la olla. Finalmente detuvieron el proceso y disfrutaron la miel resultante. Habían descubierto los placeres de la miel de arce, un regalo magnífico que la naturaleza le confería a su pueblo.

En mi edad de inocencia esperaba la puesta de sol con los demás niños de la rancharía en lo alto de una loma, donde endulzábamos la plática masticando los tallos tiernos de ciertas variedades de zacate dulce. Cuando espigaba el maíz, buscábamos en las milpas plantas vanas (sin elote), y masticábamos el interior esponjoso de su tallo, lleno de un jugo casi tan dulce como el de la caña de azúcar. En mis caminatas de verano sigo asaltando las milpas a la vera del camino montañoso, en busca de cañas tiernas, hueras y melosas, al precio en ocasiones de una reprimenda o amenaza de algún dueño de milpa que defiende su territorio.

Endulzar la vida ha sido desde siempre un imperativo de supervivencia en un mundo imperfecto. En un principio esto se logró con la miel que producen muchas especies de abejas y avispas. Más adelante se diversificaron las fuentes de dulzura con la savia de árboles como el arce y de gramíneas como la caña de azúcar y la remolacha. En tiempos modernos los azúcares se volvieron un peligro para la salud debido al sedentarismo y prosperaron sustitutos como la sacarina y el espartame, que endulzan el día sin arruinar los dientes ni provocar gordura, al precio de riesgos potenciales eternamente en discusión, como el cáncer. Sin embargo, desde hace siglos (si no es que milenios), los guaraníes (aborígenes de Paraguay) utilizaban las hojas de una hierba llamada *stevia* para endulzar sus alimentos, la cual contiene una sustancia cientos de veces más dulce que el azúcar y nutritivamente neutra.

Azúcar de mesa

Los azúcares son compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno; son de sabor dulce y suministran la mayor parte de la energía que utilizan los seres vivos. Sus átomos

de carbono se unen configurando un soporte al cual se ligan los de hidrógeno y oxígeno en formas diversas, definiendo así azúcares diferentes. Los soportes de carbono pueden ser abiertos o cerrados; los monosacáridos (azúcares simples) establecen ligaduras entre sí y constituyen disacáridos (compuestos de dos azúcares simples) y polisacáridos, como los almidones.

La glucosa, un azúcar simple de seis carbonos formando un anillo (bajo condiciones típicas de temperatura y concentración), juega un papel primordial en el metabolismo, pues lo emplean todos los organismos para obtener energía. Para ser biológicamente utilizables, otros azúcares deben ser transformados previamente en glucosa. El azúcar de mesa es un disacárido de glucosa y fructosa, un azúcar con seis carbonos anillados muy común en la fruta. La lactosa (azúcar de la leche) es una combinación de glucosa con galactosa, otro azúcar con seis carbonos en anillo cerrado.

Historia

La etimología de la palabra azúcar reproduce en buena medida su historia. Proviene del sánscrito *sharkara*, y ha llegado a nosotros a través de múltiples variaciones. Los persas la llamaron *shakar*, los árabes *sukkar* y los latinos *succarum*. Su producción a partir de la caña de azúcar fue lograda y perfeccionada hace unos 2500 años en la India. Soldados griegos al servicio del rey persa Darío trajeron noticias a Grecia de la “miel sin abejas” que habían conocido en su incursión por la India. Más adelante un comandante del ejército de Alejandro Magno que conquistó parte de esa región propaló en su retorno la misma noticia.

Los árabes establecieron plantaciones de azúcar en territorios europeos recién conquistados en España y Sicilia. Cristóbal Colón trajo el azúcar a nuestro continente en 1493, durante su segundo viaje de exploración. Hernán Cortés lo introdujo en 1520 a lo que hoy es México y estableció un trapiche en Santiago Tuxtla.

La incursión en América de la caña de azúcar no está exenta de romanticismo. Cuando Cristóbal Colón emprendió su segundo viaje de exploración programó un desembarco de cuatro días en las Islas Canarias, para aprovisionarse de agua y de vino. Este episodio se alargó a un mes pues entró en amores con la gobernadora de la isla, de nombre Beatriz. Al despedirse, ella le regaló unos cortes de caña de azúcar y él llevó consigo este dulce recuerdo hasta el Nuevo Mundo.

La caña de azúcar se extendió rápidamente por la costa atlántica sudamericana y las islas del Caribe. En pocos años las unidades familiares de producción sumaban miles en la costa brasileña, y un número similar en el Caribe. A partir de ellas emergieron gradualmente las grandes plantaciones, hasta dominar la producción y la comercialización del azúcar. A mediados del siglo XVIII, Haití se convirtió en el

mayor productor del mundo; a finales del mismo, Jamaica se tornó un competidor importante y 100 años más tarde ambas islas fueron superadas por Cuba.

El enorme éxito económico de las plantaciones de caña de azúcar se debió a un cambio notable en la dieta europea, caracterizado por el consumo en grandes cantidades de alimentos y bebidas endulzados (caramelos, pasteles, chocolate en pasta, café y té, etcétera). Esta transición ocurrió durante el siglo xvii y sus pioneros fueron los ingleses, quienes pronto adquirieron fama en el resto de Europa por su mala dentadura, consecuencia de su afición melosa.

Durante las guerras napoleónicas los ingleses bloquearon los puertos continentales y aislaron a Francia de sus fuentes caribeñas de azúcar. Los franceses no pudieron sufrir esta afrenta a su dieta. La respuesta de Napoleón fue impulsar la producción de azúcar de mesa a partir de la remolacha o betabel. En la actualidad, aproximadamente la mitad del azúcar de mesa proviene de la raíz de esta planta. Para producir azúcar a partir de la caña o la remolacha se les extrae el jugo y se elimina el agua por ebullición, hasta provocar la cristalización del azúcar. El producto inicial es pardo y se le blanquea con sustancias como el óxido de calcio (cal viva), neutralizado a continuación con bióxido de azufre. Una parte del azúcar permanece sin cristalizar, en forma de melaza.

Lluvia negra

Las repercusiones que resultan de la producción de azúcar de caña provienen de la gran cantidad de insumos (agua, fertilizantes y pesticidas) que requiere esta planta, capaz de empobrecer los suelos al cabo de pocos años si no se renueva su dotación de nutrientes. Los europeos que establecieron plantaciones de caña en el Caribe tuvieron que ir de isla en isla en busca de nuevos terrenos fértiles. Eventualmente concentraron sus operaciones en las islas mayores, como Haití, Jamaica y, finalmente, Cuba, que dominó la producción de azúcar en la región durante buena parte del siglo xx.

El impacto ecológico derivado del proceso aplicado a la caña de azúcar incluye además el humo proveniente de la quema de cañaverales previa a la cosecha, que eleva la cantidad de bióxido y monóxido de carbono en la atmósfera y provoca irritaciones de las mucosas, así como otros trastornos. Además, el fuego calienta el suelo y mata buena parte de su flora y fauna superficial, la cual cumple una importante función en la restauración de su fertilidad.

Asimismo, las chimeneas del ingenio azucarero en las que el jugo se purifica, se concentra por ebullición y se cristaliza, emiten gran cantidad de humo y residuos de la quema incompleta de la basura de caña, que se utiliza como combustible. Esto genera una lluvia perenne de fragmentos parcialmente carbonizados en amplias zonas aledañas a los ingenios. Esta lluvia negra es notoria en Xalapa,

donde basta con detenerse un rato y mirar con atención al cielo para descubrirla. Para colmo, estos fragmentos muestran una tendencia perniciosa a pegarse en la ropa, desintegrándose sobre el tejido tan pronto como uno intenta liberarse de ellos.

Otro aspecto nocivo de la producción de azúcar es que la expansión de la zona de cultivo se logra frecuentemente al precio de la destrucción de humedales y bosques, que se hallan entre los ecosistemas más productivos y con mayor diversidad biológica en el mundo. Por ejemplo, en un programa brasileño reciente para utilizar caña de azúcar en la producción de alcohol como combustible, fue deforestada una extensa área, sobreviviendo sólo 3% de la selva que cubría previamente la región.

En el caso de la remolacha, la protección química de la raíz (donde se concentra el azúcar) se logra a través de una mezcla de agroquímicos que son parcialmente absorbidos por la planta, contaminando el producto.

Impacto social

El impacto social de la producción de azúcar de caña ha sido enorme, pues requiere una gran concentración de capital y fuerza de trabajo. Además, los principales centros de producción se encuentran en el trópico, donde prevalecen enfermedades como la malaria y la fiebre amarilla. Esto condujo a una estrategia basada en la esclavitud, sobre todo de personas provenientes de África, donde algunos de los nativos eran inmunes o al menos parcialmente tolerantes a algunas de estas terribles enfermedades.

Además, el comercio del azúcar ha sido de envergadura mundial durante varios siglos, lo que provoca que su precio sea fijado en los mercados internacionales, basándose en criterios que frecuentemente tienen poca relación con las realidades de las zonas productoras.

Por ejemplo, EUA y la Unión Europea (UE) fijan precios del azúcar de mesa que son tres o cuatro veces superiores al vigente en el resto del mundo. Mantienen esta situación artificial a base de subsidios a sus propios productores, y de tarifas especiales que le imponen al azúcar proveniente de otras zonas. Además la UE, de manera recurrente, vende sus excedentes de azúcar en el mercado internacional a precios de *dumping*, o sea, inferiores al costo de elaboración, con grave perjuicio de los productores en países pobres. Es tan alto el precio del azúcar en EUA, que la industria de bebidas carbonatadas de ese país no utiliza azúcar de mesa para endulzarlas, sino un almíbar de maíz que contiene principalmente fructosa. Las compañías embotelladoras de refrescos han extendido esa práctica a nuestro país, importando almíbar de maíz con gran menoscabo para los productores mexicanos de azúcar.

La pobreza perenne de Haití proviene en parte de su incapacidad para sacudirse la sombra histórica y económica del azúcar. El caso de Cuba es también dramático.

Pulso ecológico

El auge azucarero de la primera mitad del siglo XX, cuando tenía en EUA a su principal comprador, se vio afectado por la Revolución Cubana, que intentó diversificar la economía y terminó rindiéndose a la tiranía del azúcar, con la URSS como su nuevo cliente. El colapso del socialismo nulificó este mercado y arruinó la industria de la isla. Desde una perspectiva histórica, proyectos cubanos como el de la zafra de 10 millones de toneladas de azúcar en 1969, se nos revelan como sublimaciones de la esclavitud. Para los pueblos tropicales productores de azúcar, su cultivo está exento de inocencia y tiene un resabio agridulce.

Hombres de maíz

Antes del apogeo de la Internet, mi punto de partida para la búsqueda de información era la *Enciclopedia Británica*. En alguna ocasión mi tema de interés era el maíz y busqué ahí el artículo correspondiente. Lo que hallé fue una larga letanía sobre sus deficiencias como alimento, tan detallada y reiterativa que abandoné el artículo antes de terminarlo. Simplemente contrastaba demasiado tanto con la versión del *Popol Vuh* sobre el origen del hombre a partir de masa de maíz moldeada por los dioses, como con la leyenda de la excursión de Quetzalcóatl al bajo mundo en busca de nuestro sustento, y con todo lo demás que sabía sobre el tema.

Estadísticas

El maíz es el cereal más importante del mundo en cuanto a la superficie cultivada y al volumen de su producción (unos 600 millones de toneladas anuales). EUA genera cerca de la mitad de este gran volumen y China contribuye al total con 130 millones de toneladas, México con 21 millones de toneladas anuales, al igual que Argentina, y Brasil con 35 millones de toneladas. Varios países europeos cultivan el maíz a gran escala: Francia produce 13 millones de toneladas anuales e Italia 11. Otros productores importantes son Indonesia, la India y África del Sur.

Los números anteriores no incluyen el maíz para forraje. En este caso se le corta tierno y se le pone a fermentar en grandes silos, incrementando así su valor alimenticio y su nivel de alcohol, para delicia del ganado consumidor. El maíz es además el cereal más versátil en cuanto al número y diversidad de sus aplicaciones industriales.

La cantidad de variedades conocidas del maíz es enorme. Existe un banco de variedades mutantes de esta planta en la Universidad de Illinois, en EUA, que alberga casi 80 000 muestras. El genoma del maíz es un poco menor en extensión que el humano y contiene 10 cromosomas (el humano incluye 23), y cerca del doble de genes que el nuestro. En 2005 se inició en la Universidad de Washington, en San Luis, Missouri, un proyecto para secuenciar el genoma del maíz, una labor que tomará en total unos tres años.

Tamales y polenta

Durante una estancia académica en un instituto italiano me inscribí en un club de alpinismo en el que varios de los excursionistas eran personas de más de 60 años de edad, que habían vivido en su niñez la experiencia de la Segunda Guerra Mundial. La comida escaseó a tal grado que el alimento casi único para ellos era la polenta,

una especie de tamal gelatinoso e insípido a base de harina de maíz. Al concluir las excursiones por los Alpes comíamos juntos en restaurantes carreteros y ellos frecuentemente complementaban sus platillos con polenta. Yo les pregunté en alguna ocasión la razón por la que combinaban sus manjares sofisticados con polenta, y me respondieron que estaban convencidos de que les había salvado la vida durante la guerra y que por ello les merecía respeto y afecto.

En México el maíz se come de muchas maneras, apetitosas en su gran mayoría: tortillas, tamales, sopas, pinole y palomitas; chicha, pozole agrio y un larguísimo etcétera.

Pelagra

El maíz se propagó por todo el mundo a partir del descubrimiento de nuestro continente por los europeos. Sin embargo, por ignorancia o por rechazo voluntario, sus nuevos consumidores no adoptaron el proceso original de nixtamalización, o sea, el tratamiento del maíz con cal (hidróxido de calcio) a temperaturas altas.

A inicios del siglo XVIII circularon en España descripciones de una enfermedad frecuente en zonas consumidoras de maíz. Sus síntomas incluían lesiones de la piel, diarrea, sensibilidad a la luz solar y trastornos de conducta (agresión, confusión mental y eventualmente demencia). En los casos graves los síntomas progresaban y mataban al paciente en pocos días. La enfermedad se tornó endémica en varios países europeos y fue llamada *pelle agra* (piel agria) en el norte de Italia.

Tras casi dos siglos de ignorancia y confusión sobre esta enfermedad, se descubrió que era de origen nutricional y que se debía a la ausencia en el maíz del aminoácido triptófano, el cual no podemos sintetizar en nuestro metabolismo, y de la vitamina B3, llamada niacina, en una forma digerible para nosotros. Se descubrió a continuación que el tratamiento con cal vuelve digerible a la niacina del maíz y se adoptó finalmente el proceso de nixtamalización.

Orígenes

La “domesticación” del maíz ocurrió en el altiplano mexicano hace varios milenios, posiblemente a partir de la hibridación de variedades antiguas y poco productivas con diversos tipos de teosinte, una planta parecida al maíz actual que en tiempos precolombinos y coloniales se sembraba alrededor de las milpas para mejorar las cosechas. Los vestigios más antiguos de este cereal se han hallado en cavernas del Valle de Tehuacán, entre Puebla y Oaxaca.

El maíz alcanzó su forma actual hace más de tres mil años y se propagó rápidamente hacia todo el continente americano, donde se convirtió muy pronto en la fuente central de alimento o en un suplemento importante de los alimentos autóctonos, como en el caso de la papa en la zona andina y de la yuca en la cuenca

amazónica. A partir del siglo XVI los españoles esparcieron el maíz por el resto del mundo, aunque existe una versión de que su diseminación mundial fue iniciada por los chinos un siglo antes que ellos, tras haberlo obtenido en Mesoamérica durante el apogeo de su era de exploración marina.

Maíz transgénico

Desde hace un siglo la evolución del maíz y la multiplicación de sus usos se han concentrado en EUA, desplazando en este sentido a México. Una de las fuentes de innovación más recientes es la transformación genética del maíz, en busca de variedades deseables desde el punto de vista económico.

La aparición de nuevos tipos de maíz por hibridación es un suceso recurrente y milenario y no ha causado alarma en el pasado, pues se trata de un proceso lento que hasta la fecha no parece haber provocado ningún problema de salud entre la población. La generación de distintas variedades por manipulación genética, por el contrario, se consigue en periodos comparativamente cortos.

Es posible que modificaciones puntuales del genoma provoquen nuevas transformaciones en cascada, y que alguna de ellas conduzca por ejemplo a la producción de una sustancia nociva para la salud. La introducción de variedades genéticamente alteradas constituye entonces un experimento potencialmente peligroso para grandes sectores de la población, pues los genes modificados pueden propagarse por hibridación al maíz preexistente.

La probabilidad de que este escenario catastrófico se materialice no se antoja elevada; sin embargo, persiste un elemento de duda razonable que indica que la introducción de las variedades modificadas debe condicionarse en cada caso a la realización de un estudio cuidadoso de las hibridaciones potenciales con tipos ya establecidos, cerciorándose que los híbridos así obtenidos no se propaguen más allá del área de experimentación. Este proceso es largo y costoso y no ha sido cumplido hasta ahora de manera satisfactoria por las compañías que venden semillas genéticamente alteradas.

Hombres de maíz

Un hermoso espectáculo en el escenario veraniego mexicano (al menos en el altiplano central y la región costera y sureña) lo ofrecen las casas rodeadas de maíz espigando, aun cuando el área del patio sea tan pequeña que la cosecha que alberga tenga un impacto casi nulo en la economía familiar.

Es bien sabido también que en regiones pobres de Oaxaca y otros estados las hijas y las nietas subsidian las milpas de sus padres y abuelos, trabajando en la ciudad.

En alguna ocasión pasé un año sabático en Canadá y después de dos o tres meses de vida social empobrecida, un día tomé un autobús que se dirigía hacia las

regiones cultivadas al sur de Toronto. Era el final del verano y las huertas de manzanos y ciruelos ofrecían un bello espectáculo. Sin embargo, cuando divisé los primeros campos de maíz mi corazón se aceleró y disfruté y absorbí su presencia a lo largo de muchos kilómetros. Al llegar al lugar de destino del autobús compré un boleto de vuelta y repetí mi dosis de placer, arribando a Toronto con una gran tranquilidad de espíritu. No estaban errados los autores del *Popol Vuh* al pregonar que, a pesar de las contorsiones de nuestra curva de vida, seguimos siendo hombres y mujeres de maíz.

Etanol

Recientemente en México ha sido causa de gran agitación el aumento exagerado y al parecer incontrolable del precio de la tortilla, que en sus fluctuaciones duplicó y aun triplicó su costo en algunos lugares del país. Por supuesto, muchos otros productos han aumentado de precio, como sucede al inicio de cada año, sobre todo si coincide con la alborada de un nuevo sexenio. Sin embargo, la tortilla se halla aún más cercana al corazón de la mayoría de los mexicanos que a su propio estómago.

¿Por qué ha aumentado tanto el precio de la tortilla? Una hipótesis que circula entre mis amigos es que la élite mexicana en el poder no consume tortillas, por lo cual no conoce ya el maíz y se requiere explicarle desde cero cuál es la raíz del problema. Hipótesis aún más oscuras se han concebido, en términos por ejemplo de complots para obligar al país a cultivar variedades de maíz transgénico. Bien puede ser así. Sin embargo, lo único claro es que el incremento en la tortilla proviene del precio ascendente del maíz, que ha escaseado en el mercado tanto por una merma en la cantidad total disponible de grano en México, como por un alto grado de especulación de los comerciantes del ramo.

Un factor novedoso de esta crisis es que tal vez constituya el primer asomo de algo mucho más profundo: una insuficiencia global de maíz y otros granos, generada por la emergencia de un nuevo y formidable consumidor, que podría agotar la capacidad productiva de los graneros del mundo.

Etanol

Nuestro gran rival futuro como consumidor de granos es el automóvil. Hasta ahora los autos han utilizado hidrocarburos, pero el precio del petróleo se ha elevado tanto que la búsqueda de fuentes opcionales de combustible ocupa un sitio primordial en la agenda de muchos países.

Un carburante alternativo prometedor es el etanol (alcohol etílico), que combinado con la gasolina en concentraciones bajas (10% de alcohol como máximo), puede utilizarse sin problema en los motores usuales de gasolina. Para concentraciones más elevadas de alcohol en la mezcla, el motor tendría que modificarse para prevenir la corrosión de sus partes de plástico.

Una ventaja de este compuesto es que el etanol disminuye la emisión de gases nocivos para la salud, respecto al uso de gasolina pura. Además, si el que se utiliza es obtenido de la fermentación de azúcares, su fuente se torna renovable, en contraste con los hidrocarburos. Esto implica por ejemplo que la cantidad de bióxido de carbono que genera al quemarse es exactamente la misma que se extrajo

de la atmósfera para producirlo. El resultado neto es que el uso de etanol de origen biológico no contribuye a la acumulación neta de ese gas de invernadero.

Pérdida de inocencia

El etanol comenzó a llamar la atención como sustituto de la gasolina hace unas tres décadas, tras el *shock* de la gran crisis petrolera de 1973. Brasil inició poco después un programa nacional de producción de etanol a base de caña de azúcar. En la actualidad los automóviles de ese país utilizan una mezcla con 22% de etanol, una concentración que permitió eliminar al plomo como agente antidetonante en sus gasolinas.

En EUA la alternativa energética representada por este combustible se volvió importante sólo en años recientes, cuando el número de plantas productoras de etanol a partir de maíz creció exponencialmente, en parte por el alto precio del crudo.

Glucosa

El etanol se obtiene biológicamente a partir de la fermentación de glucosa, que es un azúcar con seis carbonos que forman un anillo. La fermentación conduce a la ruptura de esta molécula en dos porciones idénticas con dos carbonos cada una (dos moléculas de etanol), más dos moléculas de bióxido de carbono.

La glucosa es el producto principal de la fotosíntesis y existe en todas las plantas, que la almacenan en sus frutos en forma de sacarosa, en sus semillas como almidón y en su tronco como celulosa. En algunos casos la acumulan como sacarosa también en su savia —como en la caña de azúcar—, o en sus raíces —como en el betabel—.

La sacarosa, el almidón y la celulosa son polímeros estables, de donde hay que extraer los monómeros de glucosa como un paso inicial en la síntesis de etanol. El proceso de ruptura de los polímeros requiere energía, la cual tiene un costo ambiental y económico, que debe sumársele al costo de cultivo y procesamiento de las plantas utilizadas.

La fermentación es una de las reacciones biológicas fundamentales y el alcohol etílico es entonces común en la naturaleza; *Homo sapiens* aprendió a emborracharse seguramente hace muchos milenios. La evidencia arqueológica indica además que desde hace al menos diez mil años nuestra especie ha sido capaz de elaborar alcohol sistemáticamente, a partir de la miel y los frutos dulces.

Etanol de caña

La fuente de glucosa elegida por Brasil fue la sacarosa de la caña de azúcar. La sacarosa es un azúcar doble, compuesto de glucosa y fructosa. El proceso de

producción de etanol comienza entonces con el cultivo de caña de azúcar, continúa con la extracción de su savia en molinos y su purificación a alta temperatura; prosigue con la ruptura de la sacarosa para obtener glucosa y fructosa, y con la conversión de la fructosa en glucosa por medio de enzimas. El proceso concluye con la fermentación de la glucosa resultante a través de levaduras.

Almidón y celulosa

En EUA eligieron al almidón como fuente de etanol debido a sus grandes excedentes de maíz. La molécula de ese azúcar contiene muchos eslabones de glucosa y su ruptura es por lo tanto más cara que la de la sacarosa, tanto en términos energéticos como económicos. En parte por ello, el costo de producción de etanol en Brasil es casi un tercio menor que en EUA.

El gran depósito natural de glucosa es la celulosa, la cual constituye buena parte del cuerpo de las plantas, suministrando en combinación con otra sustancia —la lignina— la estructura que sostiene su peso. Cada molécula de celulosa es una cadena con varios miles de moléculas de glucosa, pero para liberarlas se requiere primero separar al conjunto de la lignina. Los procesos químicos disponibles para lograrlo consumen una gran cantidad de energía, por lo que la producción de etanol a partir de celulosa aún no resulta costeable.

Tiranía de los números

La producción de etanol se ha convertido en una verdadera fiebre en EUA, al grado de que la mitad de la cosecha de maíz de ese país se utilizará para fabricar etanol —y no para alimentar humanos y ganado—. Sin embargo, el potencial del almidón como fuente de etanol es limitado, pues aún si toda la cosecha de maíz en EUA se utilizara para fabricar etanol, alcanzaría apenas a satisfacer 15% de su demanda actual de gasolina.

La última frontera en la producción biológica de combustibles es la fermentación de celulosa, pues permitiría convertir en etanol una fracción significativa de la masa entera de las plantas. Sin embargo, aun si todas las selvas y bosques del mundo se dedicaran a la producción de etanol como combustible, la cosecha total no sería suficiente para satisfacer las necesidades humanas, pues la ruptura química de la celulosa resulta hasta ahora energéticamente muy costosa, consumiendo buena parte de la cosecha esperada de energía.

Transgénicos

Una estrategia prometedora en la industria del etanol es modificar genéticamente al maíz y a las demás plantas de manera que incrementen su contenido de sacarosa o de almidón. Además, se produjo recientemente una variedad de maíz que contiene

en sus semillas la enzima necesaria para fraccionar el almidón. Esto se consiguió introduciendo el gen correspondiente en el genoma del maíz.

En el caso de la celulosa la investigación se ha orientado a producir plantas con una baja cantidad de lignina, de manera que resulte menos costoso energéticamente separar la celulosa de su matriz de esta sustancia. Sin embargo, al escasear la lignina las plantas pierden su resistencia mecánica y se tornan incapaces de sobrevivir a una brisa e incluso de soportar su propio peso.

Además, la polinización transferiría gradualmente los genes asociados con bajo contenido de lignina a todo el reino vegetal, poniendo en peligro la supervivencia a largo plazo de las plantas en su conjunto.

Hace tres décadas se consideró en EUA la posibilidad de utilizar maíz ensilado durante varios años como combustible en una central termoeléctrica. El clamor público en contra de esta propuesta fue ensordecedor, pues para muchos constituía un pecado "quemar comida". Hoy en día consideramos posibilidades como la transmutación de nuestros bosques en chaparrales fofos y gelatinosos... A lo que hemos llegado.

Plásticos

—*Go into plastics* (Dedicado al negocio de los plásticos)—, le aconsejó uno de los invitados a la fiesta que le habían organizado sus padres al personaje interpretado por Dustin Hoffman en la película *El graduado*, para celebrar la conclusión de sus estudios universitarios. Corrían los años sesenta del siglo pasado y desde la perspectiva puramente monetaria era la mejor sugerencia que podía recibir un joven de la clase media acomodada de su tiempo. En la actualidad el consejo obligado habría sido dedicarse al negocio de las computadoras y la Internet, pero tampoco podría considerarse errada una recomendación de probar fortuna con los plásticos.

Calzado y vestido

Si nos despojáramos de los plásticos que nos visten y calzan quedaríamos prácticamente desnudos. Aparte quizá de la ropa interior, las camisas ocasionales de algodón y el traje de lana para las grandes ocasiones, el resto de nuestro atuendo es de plástico, desde el abrigo y los pantalones hasta los calcetines y en buena medida los zapatos. Nos protegemos del sol con lentes y gorros de plástico, y de la lluvia y el frío con impermeables de nailon, abrigos de *goretex* y guantes de acrílico.

Hasta hace unos cien años el atuendo de una persona típica habría sido reconocible para nuestros antepasados neolíticos, al menos en cuanto a sus materiales de fabricación. Habrían hallado en el vestido fibras naturales como el algodón, el lino, la seda y la lana, cuero en los zapatos y plumas en el sombrero de palma o el bombín de fieltro. Sin embargo, a partir de los años treinta del siglo pasado nuestros parientes neolíticos habrían tenido dificultad para reconocer nuestra ropa, confeccionada con “seda artificial” (rayón, según su nombre comercial), nailon y otros tantos plásticos elaborados a partir del petróleo.

Transporte y lo demás

Si le quitamos a un motor de automóvil sus componentes plásticos (mangueras, poleas, engranes, bandas de transmisión, etcétera), queda un esqueleto que no puede funcionar y se quema al punto debido a cortocircuitos. Si retiramos los materiales plásticos de la cabina de pasajeros, no queda prácticamente nada.

Nuestro hogar es mayoritariamente plástico también. Si removemos los elementos plásticos de los muebles de la sala, el refrigerador, la televisión, el comedor y la cocina, quedan armazones inútiles o terriblemente incómodos. El asunto empeora si entramos en la recámara, donde el colchón, los cobertores y las sobrecamas

son de plástico, por no mencionar el secador de pelo, el cepillo de dientes y el de cabello, el peine y los envases de las cremas y afeites.

Si persistimos en esta labor imaginaria de suprimir los plásticos en oficinas, discotecas, tiendas, mercados, cines, cabarets y demás pilares de la cultura, nos convenceremos del papel primordial que éstos juegan en nuestra civilización.

Algo de química

Los plásticos son sustancias que cambian su forma bajo la acción de fuerzas, al menos cuando su temperatura es suficientemente elevada, preservando la nueva forma al bajar la temperatura. Este cambio puede ser reversible, es decir, el cuerpo deformado recupera su forma original si se le calienta de nuevo y se le aplican fuerzas contrarias a las iniciales, o irreversible si tal cosa no ocurre, rompiéndose el objeto en el proceso.

Los plásticos están compuestos de moléculas muy largas (polímeros) producto de la repetición de una molécula unitaria simple (monómero), la cual generalmente incluye átomos de carbono en su zona medular y átomos de sustancias como flúor y cloro en su periferia. Tales átomos periféricos definen en gran medida las propiedades mecánicas, térmicas y químicas del plástico resultante. Los polímeros contienen entonces una "columna vertebral", usualmente de átomos de carbono, flanqueada por cadenas de átomos periféricos, paralelas a la cadena central.

Las uniones químicas entre monómeros son fuertes y el polímero que se obtiene es difícil de romper. A través de los átomos laterales se generan uniones más débiles entre polímeros vecinos. Los estímulos mecánicos y térmicos conducen a la generación, ruptura o deformación de uniones débiles, determinando así las propiedades mecánicas y térmicas del material.

Por ejemplo, el polímero básico del polietileno tiene una "columna vertebral" de átomos de carbono, con átomos de hidrógeno a los lados de cada uno de ellos. El teflón tiene una estructura similar, pero con átomos de flúor en lugar de hidrógeno a los lados. En el polímero del nailon alternan en la cadena central un átomo de nitrógeno por cada seis de carbono, flanqueados por átomos de hidrógeno y, en menor proporción, oxígeno.

El hule

Uno de los plásticos naturales más importantes, el hule, se obtiene de la savia de un árbol tropical. A temperatura ambiente, cuando se le aplica una fuerza de tensión a un trozo de hule se deforman las uniones laterales entre sus polímeros individuales, permitiéndoles alargarse mientras dura la fuerza aplicada. Decimos entonces que el hule se comporta de manera elástica a la temperatura ambiente.

En contraste, si calentamos el hule moderadamente podemos cambiar su forma aplicándole fuerzas y volver este cambio permanente si lo enfiamos a

continuación. Si lo calentamos hasta alcanzar temperaturas suficientemente elevadas, el hule fluye como un líquido y toma la forma del recipiente donde lo coloquemos, manteniéndola al enfriarlo. Decimos entonces que el hule y los materiales que se comportan como él muestran plasticidad, o que son plásticos.

Desde el punto de vista molecular lo que sucede al calentar el hule es que rompemos una fracción de las ligaduras químicas laterales que forman entre sí sus polímeros. La relativa escasez de ligaduras permite moldear al material caliente, modificando con facilidad la posición y orientación de muchos de sus polímeros. Al dejarlo enfriar se generan nuevas ligaduras que fijan a los polímeros en sus nuevas posiciones y conformaciones, manteniéndose así el objeto en su nueva forma. Cuando el calentamiento es suficientemente grande, se rompen además las ligaduras centrales y los polímeros se desintegran liberando sus monómeros, haciendo fluir al material como lo haría un líquido.

El hule en su estado natural se torna pegajoso y quebradizo cuando sufre variaciones de temperatura. Este problema fue remediado en 1939 por el inventor Charles Goodyear, derritiendo hule mezclado con azufre. Desde la perspectiva molecular lo que consiguió con este proceso, llamado vulcanización, fue incrementar el número de ligaduras laterales del hule natural, utilizando a los átomos de azufre como “puentes” entre átomos laterales de polímeros vecinos.

Algo de historia

La cera y el chicle son polímeros que se han conocido y utilizado durante milenios. Unos veinte años después del descubrimiento de la vulcanización del hule, un inventor inglés mejoró las propiedades de la celulosa (la fibra vegetal que le otorga resistencia a los hilos y cuerdas vegetales), tratándola con ácido nítrico. Este material fue refinado por un inventor estadounidense, quien lo llamó celuloide, fabricando con él largas cintas que se utilizaron más adelante en la naciente industria cinematográfica. Las pelotas de ping pong se fabrican hasta la fecha con celuloide.

El celuloide suministró un sustituto barato del marfil, el carey y el hueso. En busca de una alternativa para la seda, a finales del siglo XIX fue diseñado y manufacturado el rayón, un plástico del que se obtiene una fibra en uso hasta la fecha.

Los plásticos anteriores se obtuvieron mejorando plásticos naturales. A inicios del siglo pasado, Leo Baekeland, un investigador belga que buscaba un buen aislante eléctrico, inventó la baquelita, un plástico totalmente artificial útil hasta hoy por su dureza, y por ser eléctrica y químicamente casi inerte. Todos los plásticos diseñados a partir de entonces son artificiales y se fabrican a partir del petróleo.

Después de la Primera Guerra Mundial se desarrollaron en Alemania el poliestireno y el cloruro de polivinilo (PVC), dos plásticos de gran importancia comercial hasta la fecha. En la década de los treinta del siglo pasado se fabricaron los primeros

hules sintéticos, culminando un proceso iniciado tres décadas antes. El hule sintético tuvo un enorme valor estratégico durante la Segunda Guerra Mundial, pues Japón se apoderó de las fuentes principales de caucho en Indochina desde el inicio de la contienda. Otros plásticos importantes en ese periodo fueron: el teflón —diseñado para revestir superficies calientes—, el acrílico, el polietileno y el poliuretano (que se usa en su configuración esponjosa como relleno de colchones). Un derivado del polietileno se utiliza hasta nuestros días en la forma de fibras con nombres como poliéster y dacrón.

Sin embargo, el más importante entre los plásticos de ese tiempo fue sin duda el nailon, introducido por la compañía Dupont en 1939. Tuvo un éxito fenomenal en la fabricación de medias para dama (medias nailon o simplemente nailons). En 1941 Dupont suspendió la producción de medias para fabricar paracaídas con la misma fibra, los cuales resultaban indispensables al entrar Estados Unidos en la contienda mundial en curso. Al término de la guerra esa compañía reintrodujo las medias nailon, con un éxito superior al que había alcanzado originalmente.

A partir de los años setenta del siglo pasado se introdujeron al mercado plásticos como el policarbonato, por la compañía General Electric, y el kevlar, un plástico de Dupont que se utiliza en la fabricación de chalecos antibalas.

Balance ecológico

Los plásticos se han vuelto esenciales para nuestra civilización porque son resistentes, ligeros, altamente impermeables, y pueden moldearse en todas las formas imaginables. Su diseño y fabricación se ha refinado en tal medida durante los pasados cien años, que cuando la compañía Dupont desarrolló el kevlar, con una combinación superlativa de ligereza y resistencia, tuvo que desmentir públicamente el rumor de que lo había obtenido de extraterrestres.

El balance de impacto ecológico de los plásticos es complicado. Por un lado, como sustitutos del marfil han ayudado a preservar la población mundial de elefantes. Además, al erradicar el uso de peines y adornos de carey han salvado innumerables tortugas. Tampoco podemos pasar de largo que las bolsas y demás empaques plásticos han librado de la destrucción a millones de árboles, y que la formica y otros sustitutos de la madera han tenido un efecto similar. Los utensilios de plástico usados en el hogar y en la industria han ahorrado además enormes cantidades de acero, cobre, aluminio y otros materiales que se producen a un costo ecológico muy alto.

Sin embargo, es importante señalar que la materia prima para fabricar los plásticos actuales es el petróleo, cuyos días como motor de la industria mundial están contados. Además, el carácter no biodegradable de los plásticos los convierte en basura permanente al final de su ciclo de uso, con el resultado de que las botellas,

vasos y zapatos de plástico tapizan continentes, playas y ríos, amén de grandes regiones del océano, de los fondos marinos y de las zonas polares. Para colmo, la incineración no es una alternativa viable, pues al quemarse los plásticos producen compuestos tóxicos.

La moraleja es que resulta muy difícil juzgar a los plásticos a partir de un balance de sus méritos y defectos. Aun con la nueva información adquirida durante el pasado medio siglo, no estaríamos en mucha mejor posición que Dustin Hoffman al ponderar la sugerencia que le hicieron cuando terminó sus estudios universitarios (en celuloide al menos), de dedicarse al negocio de los plásticos.

Buenos y malos

La Navidad significa para muchos una buena cena lubricada con burbujas espirituosas, coronada con un intercambio de regalos... y ensombrecida por una montaña de basura, en la que resaltan los envases de los licores consumidos y, sobre todo, las envolturas de los obsequios.

En su afán por llamar la atención de los compradores, los fabricantes de perfumes, ropa y juguetes exhiben su mercancía en nichos extravagantes, elaborados con plástico transparente y cartón impreso con colores llamativos y precisión milimétrica. El regalo es envuelto con una hoja de plástico que intenta ser elegante, y es adornado con un gran moño, también de plástico. Por último, el conjunto es introducido en una enorme bolsa (de plástico) que ostenta el sello de la tienda vendedora, y queda lista al fin una nueva contribución al basurero mundial navideño. Este ritual se repite sin término y con escasa variación el resto del año, en cada fiesta de cumpleaños, de bodas, etcétera.

Envolturas

La envoltura de una computadora es una verdadera obra de arte, pues se requiere proteger su delicado corazón electrónico de los vaivenes y accidentes que la acechan durante el trayecto de medio mundo para llegar a los puntos de venta.

Para empezar, su caja es de cartón muy resistente, reforzada internamente con una capa del mismo material, engomada y corrugada. En el interior de la caja la computadora, envuelta en un manto de plástico aderezado con ampollas de aire, flota sostenida por una estructura de poliestireno que la mantiene aislada de las paredes de la caja y de sus peligros.

El ritual más sofisticado hasta la fecha en el arte de proteger la mercancía delicada incluye, además, rociar al conjunto flotante dentro de la caja de cartón con una espuma plástica que se endurece al instante, ajustándose de manera perfecta al tesoro que esconde en su intimidad.

El precio ecológico

¿Cómo era el mundo de las envolturas antes del arribo de los plásticos? Usualmente el equipo delicado era empacado en una caja de madera e inmovilizado con madejas de hebras del mismo material, o con aserrín. Cuando se empacaba maquinaria de este modo, podía uno estar seguro de que se había utilizado en el proceso la madera de un gran árbol, o de un pequeño bosque.

Aun ahora que “solamente” se utilizan cajas de cartón, es notable el descontento en Indonesia y varios países de Indochina, por la destrucción de sus bosques y selvas para suministrarle a Japón la materia prima de las cajas donde coloca y transporta sus mercancías.

Más recientemente, la víctima ha sido la taiga siberiana, que está siendo saqueada por Japón, Corea y China con el mismo fin: obtener madera barata para sus recipientes de cartón. La queja contra Japón es doble, por la ancestral costumbre de sus habitantes de envolver lujosamente hasta un alfiler, y de destruir cada 25 años sus casas, fabricadas de papel y de madera, para reconstruirlas con madera nueva.

Nao de China

En nuestro tiempo las mercaderías que se venden masivamente viajan en grandes contenedores metálicos que se agrupan por centenares en la cubierta de cada barco de carga. El manejo de los contenedores se realiza por medio de inmensas grúas, y resulta casi milagroso que los objetos delicados que transportan sobrevivan en su mayoría ilesos, gracias al esmero con que se les empaqa.

Esta proeza moderna es digna de encomio, pero para ponerla en una perspectiva justa basta recordar que la Nao de China cruzó durante tres siglos el Océano Pacífico cargada de mercaderías exóticas y delicadas, que incluían una gran cantidad de piezas de porcelana china, de joyas hindúes y de esculturas de marfil provenientes de toda la región indochina. La travesía duraba dos meses o más y los riesgos comprendían tormentas, ataques de corsarios y perturbaciones del género. Sin embargo, con pocas excepciones los tesoros de la nao arribaban intactos a su destino.

Los buenos

Un fenómeno alentador que viene cobrando impulso desde hace algunos años, es la preocupación de algunas compañías por disminuir su impacto ecológico rediseñando los envases de sus productos. Aunque los cambios en los casos individuales se antojan minúsculos, su efecto acumulado es significativo, dado el enorme volumen de ventas de las empresas involucradas.

En 1991, por ejemplo, McDonald's cambió el empaque plástico de sus hamburguesas por otros, hechos de cartón reciclado. El efecto ecológico de esta acción minúscula se magnificó notablemente, dado que la compañía vende más de 2000 millones de hamburguesas al año.

La compañía Nestlé logró ahorrar anualmente unas diez mil toneladas de papel con sólo reducir ligeramente las etiquetas en las botellas de plástico que vende en Estados Unidos.

Coca-Cola, por su parte, decidió modificar la geometría de las botellas en algunos de sus productos, alcanzando un ahorro unitario cercano a 7% en la

cantidad de material que utiliza. Esta ganancia ecológica se torna importante por el número de botellas involucrado.

Wal-Mart también se vio inmersa en esta fiebre ecológica y promueve ahora entre sus proveedores una reducción considerable en el material de embalaje de sus mercancías. Diseñó además un programa a largo plazo que tiene como meta volver neutra a esta compañía en el renglón de empaques, con el propósito de recuperar (a través del reciclaje, el uso repetido y la fabricación de composta) todo el material de este tipo que fluya por sus tiendas.

Fiebre verde

Los efectos de la reciente fiebre verde que felizmente aqueja a algunos de los gigantes comerciales de nuestra época están a la vista en los supermercados y en las grandes tiendas, pero sólo llaman la atención después de que uno se entera de su existencia por algún otro medio.

Por ejemplo, algunas pastas de dientes, entre ellas una muy exitosa, se exhiben y venden ya sin envoltura. La mayoría de los desodorantes, champúes y demás objetos del género se venden también sin envase. Algunos cepillos de dientes se exhiben y se venden en paquetes muy simplificados.

Sorprendentemente, existe al menos una marca de perfumes lujosos y caros que decidió utilizar aluminio reciclado en la tapa de sus botellas. Lo anterior implica un cierto riesgo comercial para la compañía que hace esto, pues las tapas de aluminio reciclado no brillan con la misma intensidad que aquellas fabricadas con aluminio nuevo.

Los malos

Por supuesto nos hallamos muy lejos todavía del paraíso ecológico, donde los bienaventurados minimizan su impacto ambiental guiados por su instinto y su corazón. La beatitud de McDonald's, Wal-Mart y Coca-Cola tiene sus limitaciones, pero sería injusto y erróneo negar el impacto positivo de sus acciones, dado el enorme factor de amplificación que suministra el volumen mundial de sus ventas.

En contraste con estas novedades ecológicas alentadoras, es innegable que un amplio sector de nuestra especie persiste en su consumismo a ultranza, comprando monstruos mecánicos todo terreno (que en su mayoría no abandonan nunca la cinta asfáltica), encapsulándose de día y de noche en burbujas de aire acondicionado para evitar la más mínima fluctuación de temperatura ambiental, y haciendo o dejando de hacer muchas otras cosas.

Sin embargo, el infierno ecológico no será el destino manifiesto de tales consumistas, pues ese nicho está reservado para los hipócritas. En el campo de la ecología, por ejemplo, existen dos revistas científicas que sobresalen del resto por

su impacto tanto en la comunidad académica como en el resto de la sociedad. Se trata de las revistas semanales *Nature* y *Science*, las cuales publican, tanto en forma impresa como en formato electrónico, buena parte del conocimiento científico recién adquirido sobre calentamiento global, la extinción de especies, la contaminación de los mares y ríos, y demás espectros.

Su tiraje es enorme y durante varios años los usuarios les han insistido en que vendan suscripciones electrónicas, de manera que pueda ahorrarse buena parte de la cantidad de papel que utilizan en sus ediciones. Sin embargo, por razones mercantiles ninguna de ellas se ha atrevido a hacerlo y ambas ofrecen suscripciones electrónicas sólo como un beneficio adicional al adquirir una suscripción impresa tradicional. De haber conocido a los administradores de estas dos revistas, Dante los habría condenado al octavo infierno, donde colocó a los hipócritas. El noveno lo reservó para Satanás.

Por la boca

Jesucristo y sus discípulos no eran modelos de limpieza y buenos modales para los israelitas de su tiempo, quienes los consideraban desaliñados y sucios. En cierta ocasión sus coterráneos le preguntaron por qué no se lavaban las manos para comer, y él respondió que lo importante no era lo que entraba en la boca, sino lo que salía de ella (o sea, las palabras).

Vino y plomo

Las vasijas consideradas óptimas por los vinicultores romanos para hervir el jugo de la uva eran las fabricadas de plomo, o de cobre recubierto con plomo. Según ellos, el cobre desprendía un óxido que le daba mal sabor al vino. En contraste, el plomo le confería al jugo y al vino un resabio dulce muy apreciado. Además, el buen vino se almacenaba y se envasaba para su venta en vasijas que contenían plomo, seguramente por la misma razón.

El contacto del pueblo romano con el plomo comprendía además el sistema de distribución de agua potable (la plomería de la ciudad), los platos donde comían y muchos de los platillos favoritos de las clases opulentas, que eran aderezados con compuestos como el acetato de plomo (azúcar de plomo). Las mujeres usaban en el rostro el polvo de plomo blanco (carbonato de plomo).

Según algunos historiadores el precio pagado por el pueblo romano por su afición al plomo fue muy alto. Julio César tuvo sólo un hijo, a pesar de sus numerosos amoríos, y Octavio Augusto no tuvo ninguno, al parecer porque era estéril. No es imposible entonces que el potencial reproductivo y de liderazgo de la aristocracia romana haya mermado con los siglos a consecuencia de una intoxicación gradual con plomo.

En la actualidad el peligro de intoxicación persiste en muchas ciudades (Oxford y otras urbes antiguas, entre ellas), donde la cañería sigue siendo de plomo, sobre todo cuando el agua tiene un alto grado de acidez. Una medida preventiva en estos casos es vigilar el pH del agua (que disminuye con su acidez), manteniéndolo suficientemente alto.

Fugu y lagarto

Un platillo favorito de los japoneses es el pez globo o fugu, en sus diversas variedades y especies. Se le considera una delicia, a pesar de que almacena en algunos de sus órganos sustancias tóxicas muy poderosas, capaces de causar la muerte con gran rapidez. Sin embargo, los japoneses consumen más de diez mil toneladas de fugu

al año y están dispuestos a pagar cientos de dólares por un platillo de ese peligroso manjar en los restaurantes más reputados. Los cocineros autorizados para preparar fugu requieren una licencia para ello, que obtienen tras un entrenamiento especial. Con todo, el pueblo japonés paga una cuota anual de muertes por fugu mal preparado.

Otro platillo que conlleva su dosis de riesgo es la carne de cocodrilo, que produce esterilidad en los hombres cuando se le consume de manera sistemática y prolongada. En algunas regiones de África ha conducido a la extinción de poblados donde los habitantes se alimentaban casi exclusivamente de esa carne. Se reconoce cuándo empieza el declive porque los niños escasean y cada nacimiento es motivo de una gran fiesta que usualmente incluye un banquete... con carne de cocodrilo.

Agua radiactiva

La contaminación del agua con arsénico, plomo y mercurio alcanza niveles peligrosos en las zonas mineras (Incluyendo a Guanajuato y una región cercana a Atenas donde existía una famosa mina de plomo). En esos lugares han aprendido a importar su agua potable desde manantiales lejanos y limpios. Sin embargo, a finales del siglo XIX y principios del XX el agua radiactiva por contaminación accidental o premeditada (con uranio, radio y otras sustancias radiactivas), se consideraba tonificante y se vendía como complemento energético. Su apogeo comercial ocurrió en EUA en los años veinte del siglo pasado.

Un producto famoso en esa época se llamaba Revigator (algo cercano a revigorizante en español), y consistía en una vasija de barro veteadas con material radiactivo. El agua se dejaba reposar en ella durante la noche y se bebía al día siguiente debidamente activada con el material disuelto. Otro tipo de agua se activaba disolviéndole radio —una sustancia altamente radiactiva—. Un conocido magnate del acero se aficionó a esa bebida y mil 400 botellas más tarde tuvieron que removerle quirúrgicamente parte de la boca y la mandíbula debido a su degradación por el radio. Este acontecimiento marcó el principio del fin del comercio con agua radiactiva en EUA.

Coca

La compañía Coca-Cola compra anualmente 115 toneladas de hojas de coca en Perú y otras 105 toneladas en Bolivia, que utiliza como ingredientes en la fórmula secreta de su famosa bebida. Aunque al parecer no siempre fue así, en la actualidad la cocaína de las hojas se separa químicamente y se vende a la industria farmacéutica.

La coca se ha masticado durante milenios en la región andina, por razones de supervivencia. Además del estímulo de energía y resistencia suministrado por la cocaína que contiene, sus hojas son ricas en proteínas y vitaminas, algo especialmente bienvenido en regiones donde escasean las fuentes de carne y el oxígeno. Los miembros

de ciertas tribus sudamericanas medían la distancia en *cocadas*, es decir, el número de bocados de coca que había que masticar en el proceso de recorrerla. La cocada era también una unidad de tiempo, equivalente al intervalo necesario para que un bocado de coca perdiera su sabor y su efectividad, a partir del momento en que se comenzaba a masticarlo.

Tabaco

El cultivo del tabaco se originó en la región andina hace varios milenios y se extendió gradualmente hacia el norte, volviéndose común entre las civilizaciones de Mesoamérica y las islas del Caribe, donde lo conocieron los españoles en 1492. Uno de los compañeros de Cristóbal Colón se aficionó a fumar tabaco y a su regreso a España fue encarcelado por la Inquisición acusado de brujería, bajo el argumento de que sólo el demonio podía haberle otorgado a un hombre la facultad de sacar humo por la boca.

En tiempos precolombinos el tabaco se fumaba, se aspiraba por la nariz, se comía, se bebía, se soplaba en el rostro de los guerreros antes de entrar en combate y se esparcía en el cuerpo de las mujeres como preludio de una sesión amorosa. Los usos actuales del tabaco son sin duda menos imaginativos que en el pasado.

El cáncer pulmonar y otras enfermedades derivadas del tabaquismo se hallan entre las causas principales de muerte en numerosos países. Como resultado, muchos de ellos prohíben fumar en sitios públicos y colocan letreros de advertencia en la propaganda impresa de los cigarrillos, sin mermar en gran medida con ello el uso del tabaco.

Ajenjo

El alcohol nos acompaña desde la infancia, pues las frutas maduras producen cierta cantidad de esta sustancia por fermentación de sus azúcares. Hay muchas variedades de alcohol, algunas de ellas venenosas; el que se consume en mayor cantidad es el alcohol etílico. Sus fuentes comerciales son frutas como la uva, el durazno y la naranja, y gramíneas como la caña de azúcar y la cebada.

Es común en Europa y en otras regiones mezclar el brandy y otros aguardientes con hierbas que les dan un sabor especial o les agregan algún vivificante del sistema nervioso. Una de esas hierbas es el ajenjo (llamado en México hierba maestra o estafiate), que le suministra al brandy un color verde y un estimulante que en concentraciones elevadas es tóxico. Al brandy con ajenjo se le llama simplemente ajenjo en español y *absinthe* en francés. El absinthe se asociaba durante la segunda mitad del siglo XIX con los artistas y escritores parisinos, quienes lo consumían en grandes cantidades y con frecuencia pagaban por ello un alto precio en términos de su salud. A inicios del siglo XX el ajenjo llegó a considerarse peligroso y fue prohibido

en Francia y en muchos otros países. Sin embargo, nunca fue vedado en España ni en México, y en años recientes se le ha reintroducido en varias naciones europeas.

Por la boca

Recientemente la compañía farmacéutica Merck, fabricante de un antiinflamatorio llamado Vioxx, que retiró voluntariamente del mercado algunos meses atrás, fue condenada a pagar más de 250 millones de dólares como compensación a los familiares de un usuario de ese medicamento, quien murió a causa de un desorden cardíaco asociado con su empleo terapéutico. La talidomida, un regulador de las molestias del embarazo que condujo al nacimiento de miles de niños con malformaciones terribles durante los años sesenta del siglo pasado, es otra manifestación del lado oscuro de las cosas que introducimos en nuestro cuerpo por la boca.

El exceso de azúcar y grasas en la dieta está asociado con una alta incidencia de diabetes en casi todas las sociedades actuales. El daño resulta especialmente notable entre los navajos y otros grupos aborígenes de EUA, cuya población era en varios aspectos más sana durante los tiempos de escasez. Los alimentos transgénicos posiblemente tendrán también un impacto apreciable en el estado de salud de nuestra especie.

Epílogo

Los ejemplos anteriores muestran que no sólo lo que sale de la boca es relevante para nuestra supervivencia individual y como especie, sino también lo que entra por ella. La etiqueta de alerta de cada hongo, planta o animal venenoso que conocemos pregona el sacrificio de al menos un héroe anónimo, que por designio o accidente descubrió su potencial siniestro, pagando en muchas ocasiones el precio último por ello.

¿Por qué resultan adictivos tantos de los placeres a los que accedemos a través de la boca? En alguna caminata montañera conocí a una pareja de ancianos que no llenaba su recipiente de agua para beber en el manantial, sino algunos metros más abajo en el arroyo de salida, eligiendo siempre las zonas menos profundas para ello, pues consideraban que el agua que corría cercana al fondo era la más deliciosa, por el "sabor a barrito" que adquiría. Ponderando la fragilidad y la pobreza de los ancianos, y su fuente de gozo, concluí que vivimos en un mundo imperfecto, el cual necesita endulzarse con montañas de azúcar, y pintarse de colores en viajes mágicos y misteriosos, a la manera de los Beatles.

Manjares exóticos

Elegir lo exótico como fuente de placer no es una rareza. Está tan generalizado el binomio de estímulo y respuesta en este caso, que debe tener una raíz darwiniana profunda y remota, relacionada quizá con el éxito sexual de los pavorreales con los adornos más vivos y de los leones con la melena más negra. Los caracteres superlativos y el aura de novedad son condimentos eróticos potentes. De hecho, la mayoría de las comidas exóticas son asociadas con poderes afrodisíacos.

Los ingredientes excéntricos requieren ser exhibidos, y un contexto crucial para ello es la indumentaria. La ostentación de alimentos novedosos no le va muy a la zaga, y una mansión fastuosa tampoco.

El despliegue de pieles finas y metales preciosos, aderezados con diamantes, esmeraldas y rubíes, ha servido de anzuelo (o muleta) desde hace milenios. Por supuesto cada estrato cultural responde a sus propias variantes del tema. Unas botas de piel de jaguar no producen el mismo efecto en un palenque que en un simposio de ecólogos.

Durante al menos dos milenios los habitantes de lo que hoy es Francia han mostrado gran curiosidad y creatividad en la búsqueda de sabores e ingredientes culinarios *sui generis*. Durante la conquista de la Galia, el César se aficionó al queso de cabra colonizado por hongos, antecesor del roquefort actual y de sus innumerables imitaciones.

Las trufas son hongos culinarios muy apreciados en Francia, Italia y España. Viven simbióticamente en las raíces de ciertos árboles y para cosecharlas se utiliza el olfato de perros amaestrados (antiguamente se usaban puercos con el mismo fin). Las trufas del Piamonte, en Italia, son las más apreciadas. Circulan historias de algunas trufas que se han vendido en miles de dólares.

La evolución de la comida china es aun más larga y sofisticada. En el sur de China se considera comestible gran parte de lo que camina, nada, vuela o se arrastra. Un mercado de animales comestibles en esa parte del mundo resulta para muchos extranjeros un escaparate del infierno.

La enumeración y exageración de las proezas culinarias chinas han sido un pasatiempo mundial durante siglos, destacando en el conjunto la descripción del supuesto platillo supremo de esa cultura: los sesos de mono al fresco, servidos en su envase original debidamente sujeto bajo una mesa, de la que emerge sólo la coronilla a través de un hueco apropiado. Ignorando los chillidos del animal se practica rápida y rudamente la trepanación y se consume el manjar aún caliente.

Ahora que una fracción creciente de la población china ha adquirido un poder de compra comparable con el de los europeos occidentales, la sopa de aleta de tiburón y otras delicadezas tradicionales han pasado a segundo término, desplazadas por platillos aun más exóticos como las "orejas de mar", unos mariscos tan costosos que un solo platillo supera los doscientos dólares en un lujoso restaurante chino de Londres.

Caviar y cabrito

James Bond aprendió a comer caviar de los rusos, quienes en su expansión hacia el sur descubrieron los placeres de la hueva del esturión del Mar Caspio. El caviar es un platillo muy antiguo; Cervantes incluyó en *El Quijote* el episodio de una comilona con caviar. Pedro el Grande, por su parte, le envió caviar como regalo a Luis xv, quien lo vomitó en el acto frente al consternado portador del regio presente.

Los rusos de la era soviética asiduos al teatro comían caviar en el intermedio de la función, y un amigo mío que fue estudiante en la URSS se aficionó al caviar más que a los dramas de Pushkin. Cuando terminó sus estudios retornó a México con una lata de dos kilogramos de caviar de beluga, para hacer negocio con ella. Sin embargo, fuera de contexto el caviar es sólo una hueva negra y maloliente, y ningún restaurante moreliano le compró su tesoro. Mi amigo tuvo que consumirlo solo, hasta el último huevo, temeroso de que sus invitados potenciales respondieran al regalo como lo había hecho Luis xv.

Por supuesto los chinos y franceses no inventaron el hedonismo. Los antiguos egipcios sabían de las trufas, los romanos comían lengua de flamencos y los italianos actuales continúan la tradición con las trufas piemontesas. En España los jamones más apreciados se elaboran con las piernas negras de puercos alimentados exclusivamente con avellanas.

México no está libre de pecado. Por ejemplo, el cabrito norteño canónico es un animal de 15 días de edad alimentado exclusivamente con leche materna, y esto nos acerca peligrosamente a violentar el mandato bíblico de no cocinar un animal en la leche de su propia madre.

Contrabando

Por definición, los productos y alimentos exóticos provienen de especies de difícil acceso y de escasa abundancia en relación con la demanda humana. Esto hace que su precio se eleve de manera estratosférica, lo cual incrementa su atractivo, completándose así el círculo vicioso.

Hace varios años, durante una visita a la cuenca del Amazonas, conocí unos enormes almacenes ruinosos cerca de la ciudad de Leticia, el puerto amazónico de Colombia. El guía me comentó que habían pertenecido a un aventurero

estadounidense de origen griego, quien “periódicamente los llenaba del piso al techo con pieles de cocodrilo”. Ni siquiera el Amazonas soporta a largo plazo un saqueo de tal magnitud, y eventualmente la bonanza menguó (para desgracia de muchos hedonistas), y el aventurero abandonó esos rumbos y se refugió en algún rincón de Miami, según la versión de mi informante.

La mayor parte del caviar proviene del Mar Caspio. La cosecha legalmente autorizada el año pasado por la ONU para esa región fue de unas cien toneladas, pero se vendieron más de doscientos en el mercado mundial, lo que implica que el contrabando supera al comercio autorizado. Este año la ONU rechazó una fracción elevada de las peticiones de cuotas de explotación para esa misma zona, y mantendrá su actitud hasta que demuestren los interesados que no aceleran con ello las alarmantes curvas de disminución de las diversas especies de esturión. Empero, el caviar del Mar Caspio alcanza los siete mil dólares por kilo y esto vuelve irresistible la tentación de explotarlo, legal o ilegalmente y al precio ecológico que sea.

La explotación total autorizada de orejas de mar es de algunos cientos de toneladas. Sin embargo, es tan grande la presión de la demanda china que las cantidades compradas duplican o triplican las cuotas legales de explotación, incluso en el caso de países productores bien controlados, como Australia. A 120 dólares por kilo (con todo y concha), resulta imposible hacer respetar cabalmente las vedas.

¿Desarrollo sostenible?

Una fracción creciente del caviar se produce actualmente en granjas donde se eligen las hembras más sanas de cada generación, se les insemina artificialmente varios años más tarde y se aguarda con gran expectación la semana crítica en la que la hueva está en su punto óptimo para la cosecha. Con delicadeza y muchas caricias se conducen las hembras al matadero, donde son decapitadas de improviso, pues el estrés las haría segregar sustancias que arruinarían su carga preciosa. Aunque el procedimiento suena moralmente cuestionable, tales granjas encierran el potencial de aliviar la presión sobre las reservas silvestres, alejándolas del umbral de extinción.

El caso de las orejas de mar suena más promisorio, al menos según la versión del protagonista de la historia, un biólogo francés que aprendió a cultivar esos moluscos en Australia colocando a las crías en un ambiente ricamente aderezado con sus algas predilectas, y fundó la primera granja de producción en la costa francesa. Se dice que su granja ocupa un local “del tamaño de un taller mecánico” y su primera cosecha fue de unas veinticinco toneladas, que corresponden a una cuarta parte de la producción nacional francesa de orejas de mar silvestres.

Gauchos

Aun conociendo el enorme impacto ecológico de las granjas productoras de camarón sobre los manglares y otros ecosistemas costeros, la historia del cultivo de las

orejas de mar resulta alentadora, pues todos los actores parecen salir ganando: los bancos de moluscos silvestres, la balanza comercial francesa y el biólogo. Ante la evidencia incluso el corazón endurecido por los desengaños ecológicos se acelera y hace votos porque se materialicen victorias semejantes con el caviar, que generen ganancia para los esturiones silvestres, las economías aledañas al Caspio y (por supuesto) para James Bond y demás consumidores.

Sin embargo, el realismo obligado y pendenciero susurra atronadoramente que en algún momento la realidad o la propaganda convencerá al mercado de que la versión silvestre del caviar y las orejas de mar posee un buqué del que carecen las cultivadas, y que ésta o alguna otra necesidad dará al traste con los proyectos mencionados de cultivo sostenible.

Los precedentes históricos son inquietantes. Las buenas perlas cultivadas, por ejemplo, resultan indistinguibles de las buenas perlas silvestres para un testigo objetivo. Lo que hacen en este caso los expertos es tomarle una radiografía a cada perla para observar su núcleo diminuto. Si el núcleo es irregular, la perla es silvestre o "natural"; si es esférico eso indica que es cultivada y por lo tanto merecedora de un precio menor.

Ecología de los vicios

La imagen imborrable de Sigmund Freud es la de un burgués impecablemente vestido, con un enorme puro a medio fumar en la mano. A inicios del siglo pasado le diagnosticaron cáncer en la mandíbula y fue operado para implantarle una prótesis. Varios años más tarde retornó el cáncer y le fue implantada una segunda prótesis, de la que él se quejaba amargamente en una de sus cartas porque le estorbaba al fumar. Por supuesto en su tiempo no se había establecido todavía la conexión entre cáncer y tabaquismo; sin embargo, con un vicio tan arraigado cabe preguntarse si habría intentado dejarlo, incluso contando con información adecuada sobre el asunto.

República de los niños

De acuerdo con Margaret Mead, una famosa antropóloga estadounidense que estudió y describió sus costumbres a inicios del siglo pasado, los niños y niñas de Samoa abandonaban el seno familiar a muy temprana edad y se integraban a la llamada república de los niños, una comunidad que incluía en su extremo tierno a infantes como ellos, y en el opuesto a adolescentes solteros de ambos sexos, al parecer muy activos y diestros en el arte de amar. Los miembros de la república de los niños retornaban al nicho familiar literalmente sólo para comer y dormir.

En un ambiente tan pródigo resulta difícil imaginar transiciones traumáticas en el desarrollo. Según Margaret Mead, la violencia de origen sexual era prácticamente desconocida en Samoa, detectándose a lo más una cierta tendencia entre los adultos jóvenes a ponderar exageradamente su destreza amorosa a la menor provocación.

Alcohol y tabaco

“¡Todo lo bueno trae cáncer!”, según la queja recurrente de uno de mis amigos. Considerando la evidencia disponible, podemos completar su rezongo diciendo que todo lo bueno trae además cirrosis hepática, deficiencia renal, diabetes, oclusión arterial, sida, adicción, locura y demás linduras.

“Yo he contemplado a las mejores mentes de mi generación destruidas por la locura, desnudas, histéricas, arrastrándose en la madrugada por los callejones del barrio negro en busca de una infusión colérica de droga”, exclama Allen Ginsberg en su famoso poema “Alarido”.

Cocaína

El repertorio químico del entorno incluye sustancias potentes, tan avasalladoras que sólo podemos confrontarlas en grupo, cobijados por una sociedad que conoce cómo manejarlas apropiadamente, seguramente al precio de muchas muertes individuales en el proceso de aprendizaje colectivo.

En el famoso Museo del Oro de Bogotá se exhiben innumerables ejemplares en oro del depósito de cal que llevaban al cuello los antiguos habitantes de la región andina, para liberar el alcaloide (cocaína) de las hojas de coca que masticaban. Los artefactos son muy hermosos y constan de un recipiente parecido a un medallón finamente labrado y de una aguja hueca o sólida, también de oro, con la cual extraían periódicamente una pizca de cal y la colocaban en su lengua, mezclándola a continuación con la coca masticada.

La profusión de tales recipientes indica que eran de uso cotidiano, al menos entre quienes podían costear esas obras de arte. El consumo de la coca no era entonces una actividad ilegal y secreta en aquellas sociedades, sino que se practicaba abierta y controladamente. Cada persona heredaba de sus mayores el conocimiento indispensable sobre el poder encerrado en las hojas de coca, y aprendía a utilizarlo en su beneficio.

Esto contrasta dolorosamente con el empleo de la misma sustancia en las sociedades contemporáneas, donde se le utiliza en una forma concentrada y frecuentemente adulterada por los narcotraficantes con ingredientes tóxicos. Para colmo, los novicios normalmente aprenden el arte de usarla cobijándose en las sombras de callejones y sitios peores, solos o en compañía de desconocidos tan ignorantes como ellos sobre los alcances del poder que confrontan.

Crack

La cocaína es el elemento activo de las hojas de coca. Se trata de un alcaloide y se le extrajo y purificó por primera vez en 1855. A partir de entonces diversas personalidades (entre ellas Sigmund Freud y Arthur Conan Doyle), experimentaron con esa sustancia y describieron las reacciones que les provocó.

Tras su introducción en Europa y en Norteamérica se le comercializó de diversas maneras. En 1863 un empresario italiano lanzó al mercado vino fortificado con hojas de coca. Tres años más tarde apareció la receta de la Coca-Cola, que durante los veinte años siguientes incluyó hojas de coca molidas entre sus ingredientes. Hacia 1880 la firma estadounidense Parke-Davis ofrecía cocaína a la venta en cigarrillos, polvos perfumados y otras presentaciones. Vendía también dosis inyectables, incluyendo una aguja hipodérmica en el envase. De acuerdo con su propaganda comercial, la cocaína en sus productos volvía “valientes a los cobardes, elocuentes a los tímidos, e insensibles a los que sufren dolor”.

El poder adictivo de la cocaína fue evidente a partir de la primera década del siglo pasado y su venta se tornó ilegal en un grupo creciente de países. En la actualidad se le comercializa legalmente sólo en el contexto médico.

La purificación de la cocaína involucra en sus etapas finales el uso de éter, una sustancia inflamable y peligrosa. Para ahorrarse este riesgo (y aumentar sus ganancias), los traficantes de cocaína comenzaron a venderla hace algunas décadas en su forma impura previa a la purificación con éter. En tal estado toma la forma de cristales toscos (piedras) que contienen cierta cantidad de agua atrapada, la cual produce al calentarse el sonido "crack", que le dio el nombre.

Las dosis de crack son potentes, tóxicas (por las impurezas accidentales y los adulterantes añadidos), y muy baratas en relación con la cocaína pura. Esto provocó una verdadera avalancha de usuarios en los años ochenta del siglo pasado, que ha disminuido lentamente desde entonces.

Peyote

Según una leyenda huichol, uno de sus antepasados descubrió un hermoso ciervo azul en el semidesierto de Chihuahua y contra toda lógica y toda regla huichol de conducta le disparó un flechazo. Auxiliado por sus compañeros comenzó a perseguir al ciervo, que escapó a grandes saltos, dejando retoños de peyote en cada sitio donde tocaban el suelo sus pezuñas.

La tradición huichol agrega que aquellos ancestros suyos se llevaron a la boca algunos de los brotes y los masticaron largamente, consiguiendo así percibir en una sola mirada el lastimoso estado del mundo, que ellos intentaron restaurar a su nivel de armonía mientras duraba el trance.

Desde entonces los grupos familiares huicholes abandonan sus hogares cuando se aproxima la temporada de cosecha del peyote y atraviesan grandes distancias en el páramo chihuahuense, hasta arribar a los refugios de ese cactus, donde los padres y los abuelos instruyen a los novicios en el uso de la sustancia milagrosa.

En los viejos tiempos los huicholes peregrinos tardaban 45 días o más en su travesía por el semidesierto en busca de peyote. Actualmente recorren el mismo sendero en pequeñas camionetas, que les permiten completar el trayecto en unos dos o tres días. En años recientes han resentido una merma en su cosecha, provocada por advenedizos que consumen el cactus sagrado.

Seguramente los pueblos que aprendieron a vivir con la coca sufrieron dislocaciones y muertes en su noviciado. Sin embargo, cuando lograron confrontar en grupo el poder de esta sustancia, obtuvieron un premio que tuvo entre sus productos menores al increíble arte de orfebrería que se exhibe en el Museo del Oro de Bogotá. En contraste, el poema de Allen Ginsberg suministra una idea

aproximada del infierno que aguarda a los que se enfrentan solos al genio oculto en las hojas de coca.

En Canadá está prohibido fumar en los edificios públicos y los fumadores empedernidos tienen que salir a la intemperie para disfrutar un cigarrillo, soportando durante los meses de invierno temperaturas que llegan a ser inferiores a los veinte grados bajo cero. En cierta ocasión uno de esos desventurados fue arrollado por un auto que derrapó en la nieve, matándolo instantáneamente. Al día siguiente pasé por el sitio del percance y miré a un fumador disfrutando su cigarrillo, parado quizá en el mismo punto que resultó fatídico para otro fumador un día antes.

Herencia de Colón

Con sus caballos, vacas, viñedos y trigales, el panorama americano actual le resultaría irreconocible a Tlacaélel y a Nezahualcóyotl, por no mencionar a sus antecesores mayas y teotihuacanos. El 12 de octubre de 1992 se celebró con gran pompa en buena parte del mundo el encuentro de Cristóbal Colón con nuestro continente, medio milenio atrás. Sin embargo, fueron muchos también los que no celebraron entonces (ni lo hacen ahora), basados en un recuento del impacto social e histórico del descubrimiento de estas tierras.

Perros y gatos

El primer viaje de Colón fue primordialmente de exploración; el segundo fue de colonización genética. Sus diecisiete barcos traían semillas de los granos, las frutas y los vegetales considerados indispensables para la supervivencia de los colonizadores europeos: trigo, vid, garbanzo, cebolla, melón, rábano, lechuga, etcétera; traían también cortes de caña de azúcar, que la gobernadora de las Islas Canarias le había regalado a Colón en un arranque amoroso.

Transportaban además los animales más importantes desde la misma perspectiva: caballos, perros, gatos, vacas, burros, puercos, gallinas, cabras y borregos. Todos ellos crecieron y se multiplicaron a lo largo y lo ancho del continente, eclipsando en poco tiempo a los animales domésticos de las diversas culturas americanas, escasos en número y diversidad y sorprendentemente mal equipados para resistir el embate de los animales colonizadores. Sólo pudieron realizar la transición con éxito los guajolotes y, en menor escala, las llamas y alpacas.

Los tipos de forraje que trajeron los españoles para su ganado resultaron también muy exitosos en la invasión del nuevo ambiente, favorecidos por la costumbre europea de quemar los campos para renovar su cubierta de pastura. Muchas hierbas americanas no estaban adaptadas a este *shock* térmico y fueron desplazadas por las invasoras europeas.

Ratas

Además de las plantas y los animales programados para la colonización de las nuevas tierras, llegaron a América muchos polizontes genéticos. En el lodo de los zapatos de los marineros vinieron semillas de hierbas y pastos silvestres. En las bodegas de los barcos llegaron las ratas. Beneficiadas por la escasez de enemigos en su nuevo ambiente, se reprodujeron con gran rapidez y se esparcieron tierra adentro a partir de los puertos, devastando los sembradíos y las áreas circundantes.

En palabras de un testigo español de la época, “Las ratas se multiplicaron infinitamente y se posesionaron del territorio, destruyendo las cosechas y las plantas y los árboles frutales, royendo su corteza desde el suelo hasta los retoños”.

Caoba y leña

Durante los siglos **xvi** y **xvii** los mejores barcos de guerra en el mundo eran españoles. Estaban acorazados con gruesas planchas de caoba, cortadas transversalmente de modo que sus fibras fueran perpendiculares a la superficie del barco. Este material ofrecía la mejor protección disponible contra el impacto de la metralla enemiga en las contiendas navales.

El apetito de caoba de la flota de guerra española era insaciable, pues cada galeón requería enormes cantidades de madera, que se preparaba siguiendo un proceso marcado por el despilfarro. Por ejemplo, en un solo accidente maderero en un río del sureste mexicano, se perdieron más de tres mil enormes troncos de caoba extraídos de las selvas circundantes. Pronto las demás potencias imperiales de Europa se sumaron a España en el saqueo de los bosques y selvas, para satisfacer sus propias necesidades navales. Belice se inició como un coto de explotación maderera, arrebatado a Guatemala por piratas ingleses apoyados por su gobierno, sin que la corona española hubiera sido capaz de expulsarlos. La destrucción de bosques fue especialmente intensa en ese territorio, quizá por la precaria situación de sus ocupantes, que los condujo a intentar enriquecerse en el menor tiempo posible.

La deforestación causada por la actividad minera fue mayor. La purificación de la plata y el oro extraídos requiere que sean fundidos, y esto involucraba en el pasado la combustión de enormes cantidades de leña, convirtiendo a las zonas aledañas a las minas en semidesiertos.

¿Pan o tortillas?

Los aztecas consumían el amaranto en grandes cantidades, aprovechando sus semillas, hojas y tallos. A pesar de su alto valor nutritivo, el uso de esta planta fue prohibido por las autoridades españolas porque en ciertas celebraciones religiosas los aztecas mezclaban las semillas de amaranto con sangre de sacrificios humanos para hacer un pan muy apreciado por ellos. En la actualidad las semillas de amaranto se utilizan para fabricar dulces (alegrías, donde la cohesión se logra con miel en vez de sangre), y la planta se usa para cocinar algunas sopas y guisados. Sin embargo, el consumo actual de amaranto resulta insignificante comparado con el antiguo, empobreciéndose así la dieta nacional por motivos que perdieron su vigencia siglos atrás.

Cuando introdujeron el trigo los españoles obligaron a muchos de sus vasallos aborígenes a sembrar esta planta, en detrimento de la superficie dedicada a la producción de maíz y hortalizas. La expansión del cultivo de la caña de azúcar

tuvo un efecto similar. Sin embargo, las tortillas cautivaron finalmente el gusto de los conquistadores y en la actualidad coexisten pacíficamente con el pan de trigo en los hogares mexicanos.

De colores

Según la crónica de los vencidos, durante el éxodo que siguió a la caída de Tenochtitlan, las mujercitas de piel clara se echaban lodo en el cuerpo y el rostro para no despertar la lujuria de los españoles que formaban una valla codiciosa ante el cortejo lastimero, quienes de todas formas se aseguraban de no ser engañados “metiéndoles las manos bajo la ropa y palpándoles las carnes”.

Más tarde se introdujeron en el escenario esclavos provenientes de África, que trabajaban en las minas y en los cañaverales ante el colapso de la población aborigen, la cual disminuyó enormemente (en 90% según algunos cálculos), durante las décadas posteriores a la conquista.

Estos tres elementos raciales, americanos, europeos y africanos, a los que se sumó posteriormente el asiático, se combinaron genéticamente en todas las proporciones imaginables durante los siglos siguientes.

Enfermedades

La viruela arribó a la entonces llamada isla de Santo Domingo en 1519 y mató en poco tiempo a la mitad de la población aborigen, que carecía de anticuerpos contra el virus causante de la enfermedad. Un año más tarde la viruela llegó a México a través de un esclavo negro en el ejército de Pánfilo de Narváez que venía a apresar a Cortés. Un soldado de Cortés se contagió en la batalla donde Narváez fue vencido, y tras el retorno a Tenochtitlan murió durante el sitio que desembocó en la Noche Triste. En su busca de trofeos de guerra entre los enemigos caídos, muchos soldados aztecas se infectaron con el virus. Cuando Cortés volvió un año más tarde para completar la conquista, la ciudad había sido devastada por la viruela, que había matado a la cuarta parte de la población, incluyendo al rey y a una fracción elevada de la élite militar.

Otras enfermedades que llegaron con los conquistadores fueron la malaria, la fiebre amarilla, la rubéola, la tos ferina y la gonorrea. Dada la ausencia de contacto previo con los microbios que las producen, la mortalidad inicial de aborígenes fue muy alta y se mantuvo así durante muchos años, mientras los supervivientes desarrollaban niveles adecuados de inmunidad biológica.

Medicinas

No existen datos confiables sobre la esperanza de vida en lo que es hoy el continente americano a finales del siglo xv. Sin embargo, no es del todo aventurado suponer

que era comparable con la esperanza de vida europea en la misma época, o sea, cercana a los 40 años. Basados en esta premisa podemos decir que la práctica médica europea de ese tiempo era comparable en efectividad con la práctica médica en este continente, la cual se basaba principalmente en la herbolaria. Una fracción considerable del conocimiento mesoamericano sobre el tema se perdió al ser quemados los códices mayas durante la conquista de Yucatán.

Una contribución notable de la herbolaria americana a la medicina mundial fue el descubrimiento, durante la época colonial, de que la malaria podía curarse con la quina (corteza del árbol de quino), que se había utilizado desde tiempos muy antiguos como remedio contra la fiebre en la región que comprende al Perú actual. El principio activo de la quina es la quinina, que salvó innumerables vidas en todos los continentes y fue hasta mediados del siglo pasado la única defensa contra esa enfermedad.

Mangos

Además de la quina, Europa y el resto del mundo recibieron de nuestro continente plantas como el maíz, la papa y el cacao (dejando de lado al tabaco). Cuenta la historia que en el siglo XVIII Federico el Grande, en Prusia, y Pedro el Grande, en Rusia, tuvieron que utilizar la coerción y la violencia para lograr que sus súbditos aceptaran la papa como alimento. En la actualidad constituye un elemento tan profundo en la estrategia de supervivencia de esos pueblos y en su concepción del mundo, que si algún tirano decidiera erradicarla de esas regiones sería necesaria una rudeza mayor que la ejercida por los dos "Grandes" de antaño para introducirla.

Si la argumentación anterior constituyera toda la historia, el balance sobre el descubrimiento de América sería negativo para los americanos. Sin embargo, el espectro de Cristóbal Colón tiene en el mango —y no en la manga— un as invencible. Esta fruta es originaria de la región indochina y se le ha cultivado en la India desde hace más de cuatro mil años. De la India los españoles la llevaron a Filipinas y la transportaron eventualmente a América en la Nao de China. Aunque el intercambio comercial de la Nao se realizaba entre Manila y Acapulco, por alguna razón misteriosa el mango se cultivó en las islas caribeñas antes que en México, a donde no fue introducido sino hasta finales del siglo XVIII.

En la actualidad los árboles de mango forman parte integral del paisaje veracruzano y de casi todos sus ecosistemas. Su cultivo comercial en el sureste y el noroeste del país convirtió a México en el mayor exportador mundial de esa fruta. Sin embargo, las cifras no alcanzan a explicar el verdadero significado del mango, que constituye para muchos su único vínculo anual con el cuerno de la abundancia. Bajo el peso de esa fruta maravillosa, el fiel de la balanza retorna al punto de equilibrio y libera al espíritu de Colón del purgatorio.

Creacionismo y darwinismo

El Libro de Josué (10:12-14) contiene un pasaje interesante: “Y entonces Josué habló con el Señor cuando Jehová puso a los amoritas en manos de Israel. Y dijo Josué delante de los hijos de Israel, ‘Oh, Sol, detente sobre Gibeón, y tú también, Luna, en el valle de Aijalón’. El Sol se detuvo, y la Luna también, hasta que la nación de Israel se hubo vengado de sus enemigos. El Sol se detuvo en mitad del cielo y se mantuvo ahí casi un día. No hubo un día igual antes de eso, ni después; fue un día en que Dios escuchó la voz de un hombre, un día en que peleó por Israel”.

Esta referencia a un acto divino casi le costó la vida a Galileo dos milenios más tarde, por haber adoptado el sistema del mundo propuesto cerca de un siglo atrás por Copérnico, en el que establecía que el Sol estaba fijo en el cielo y que la Tierra y los demás planetas giraban alrededor de él. Copérnico, a su vez, sólo se atrevió a publicar su gran libro *De revolutionibus orbium coelestium* (Las revoluciones de las órbitas de los cuerpos celestes) al final de su vida, recibiendo según la leyenda el primer ejemplar impreso en su lecho de muerte.

Cambian los tiempos. Dos siglos más tarde, cuando Laplace le describió a Napoleón su modelo del sistema planetario como producto de la condensación de una inmensa nube de polvo hasta generar una estrella central y varios planetas, el famoso guerrero se mostró gratamente impresionado por el ingenio del científico, pero agregó con perspicacia que le extrañaba que Dios no apareciera como elemento integral del esquema. Laplace le respondió que la intervención divina era una hipótesis innecesaria en su análisis.

Selección natural

Darwin enunció su mecanismo de evolución por selección natural en 1849, así que hay esperanza de que la hostilidad eclesíástica contra ella se diluya en pocos siglos, de forma que no dure más que el rechazo oficial de la iglesia cristiana a la cosmología moderna, que concibe a nuestro planeta como uno más girando alrededor de una estrella típica, en una galaxia de tantas. Sin embargo, el encono contra la propuesta de Darwin se antoja más profundo que el mostrado contra la posibilidad de una Tierra giratoria.

El tono de la disputa lo definió desde el inicio el obispo anglicano Samuel Wilberforce, quien en una conferencia que ofreció en un encuentro científico algunos meses después de la aparición del libro *El origen de las especies* de Darwin, preguntó en voz alta por cuál vía le habría llegado la herencia de mono a un famoso interlocutor y rival suyo que estaba en la audiencia (el darwinista Thomas Huxley),

si por el lado de su padre o el de su madre. La virulencia de este lenguaje puede medirse considerando que provenía de un obispo en el apogeo de la época victoriana, cuando una imprecación en voz alta provocaba el desmayo en cadena de veinte damas alrededor.

El Génesis

El episodio donde Jehová detuvo al Sol en su curso para que el ejército israelita pudiera ver y exterminar a sus enemigos amoritas, se describe en tres breves versículos del libro de Josué. En contraste, la creación de los seres vivientes y de Adán y Eva constituye el inicio y el corazón del *Génesis*, donde se afirma que Dios creó al hombre “a su imagen y semejanza”. Conectar genealógicamente al hombre con los monos resulta entonces del todo inaceptable para los creacionistas, o sea, aquellos que aceptan literalmente la versión bíblica sobre el origen del universo, de la vida y del hombre.

Una manera de reconciliar al evolucionismo darwinista con *La Biblia* es interpretar a esta última en un sentido puramente alegórico. Tal estrategia ha resultado adecuada para personas con una educación sofisticada, incluyendo a muchos científicos.

Juicio del Mono

La tensión entre darwinistas y creacionistas se acentuó en el ámbito educativo de EUA, donde la descentralización permitió a los creacionistas diseñar programas educativos hostiles al evolucionismo, sobre todo en condados pequeños y remotos.

En los años veinte del siglo pasado un profesor de educación secundaria, John Thomas Scopes, fue procesado en Tennessee por enseñar la teoría de evolución biológica en su escuela, lo cual contravenía una ley creacionista estatal recientemente aprobada. Scopes fue hallado culpable y multado, pero el episodio constituyó un triunfo para los evolucionistas, pues el juicio acaparó la atención de la prensa y significó el ridículo nacional de los creacionistas.

Sin embargo, fue a la larga una victoria pírrica para los darwinistas, pues en aras de proteger sus ventas esquivando temas controvertidos, los editores de libros de biología eliminaron de sus textos los capítulos relacionados con este asunto. Durante las décadas siguientes la evolución estuvo ausente de la mayoría de los libros de biología usados en EUA, hasta que bajo el lema “un siglo sin Darwin es suficiente”, propuesto por un biólogo, retornó en la práctica el evolucionismo al sistema educativo elemental e intermedio de ese país.

Encuentros y desencuentros

A pesar de los episodios recién descritos, no todo ha sido hostilidad en la respuesta cristiana a la visión darwinista sobre el origen y evolución de la vida. Uno de los

esfuerzos sintetizadores más notables se debió al sacerdote jesuita y paleontólogo Pierre Teilhard de Chardin, quien participó en el hallazgo del primer cráneo del Hombre de Pekín.

Su obra más famosa, *El fenómeno del hombre*, propone que la evolución por selección natural produjo al ser humano como eslabón en un proceso cósmico de espiritualización progresiva de la materia, que culminará eventualmente con la fusión de las facultades de todas las mentes humanas.

Otro gesto notable de reconciliación fue protagonizado en 1996 por el papa Juan Pablo II, quien en un discurso pronunciado ante la Academia Pontificia de Ciencias enfatizó la consolidación de la base científica del concepto de evolución biológica, y concluyó su argumento con la afirmación de que la teoría evolucionista era “más que una hipótesis”.

Sin embargo, en una oscilación del péndulo eclesiástico en el sentido opuesto, un influyente cardenal cercano al nuevo papa modificó recientemente su propia postura al respecto y tomó distancia del evolucionismo, calificando el pronunciamiento de Juan Pablo II sobre el asunto como una afirmación “vaga y de escasa importancia”.

Diseño inteligente

Con la “derechización” del escenario político y económico mundial de las últimas dos décadas, acentuada tras la caída del bloque socialista, el embate contra la enseñanza de la teoría de evolución por selección natural se recrudeció. Sin embargo, el creacionismo tradicional, basado en la interpretación literal de la Biblia, se hallaba tan desacreditado por los ecos del Juicio del Mono, que sus proponentes inventaron un nuevo artilugio, al cual llamaron creacionismo científico, que consiste en apoyar su interpretación literal de la Biblia con evidencia científica.

¿Cuáles son los fundamentos científicos de los nuevos creacionistas? Proponen por ejemplo que los fósiles son los restos de organismos que murieron durante el diluvio universal (bíblico) y fueron enterrados durante ese cataclismo, en sedimentos de lodo que se tornaron en roca por compresión. Proponen también que el Cañón del Colorado es un vestigio de la erosión causada por las enormes corrientes de agua generadas en el diluvio.

Tales argumentos han hallado un amplio nicho de seguidores, aun en estos tiempos de la ingeniería genética y los medidores de tiempos geológicos con isótopos radioactivos. La fe hace milagros. En 1640, en pleno arranque de la Revolución Científica, el obispo John Lightfoot, vicerrector de la Universidad de Cambridge, anunció basado en un conteo cuidadoso de generaciones bíblicas, que la creación del mundo había ocurrido el domingo 23 de octubre del año 4004 antes de nuestra era, a las nueve de la mañana. No fueron pocos quienes lo tomaron en serio.

En años recientes algunos creacionistas con formación científica y otros con credenciales humanísticas han cambiado de estrategia, adoptando como argumento

central que “un análisis científico profundo de las complejidades del estado viviente demuestra que no pudo originarse por azar, sino que requirió ser diseñado”. Postularon a continuación que tal diseño debió estar a cargo de un ser sobrehumano, dada la magnitud de la tarea. Para distinguirse de los creacionistas (tradicionales y científicos), llaman “diseño inteligente” a su propuesta y evitan tanto identificar explícitamente al diseñador, como mencionar la Biblia en sus escritos.

Juicio del Mono II

La propuesta de diseño inteligente cobró ímpetu durante la década pasada. Sus adherentes adoptaron la táctica de no intentar suplantar con ella la enseñanza de la evolución por selección natural, como en los viejos tiempos. Modestamente, se limitaron a sugerir que en las escuelas se le otorgue a su propuesta de diseño inteligente un tiempo comparable con el dedicado a enseñar la “alternativa darwinista”.

Armados de una gran persistencia, han logrado algunas victorias en condados generalmente rurales y pequeños de EUA. Sin embargo, sus triunfos han sido invalidados hasta ahora por la Suprema Corte de ese país.

Hace cerca de un año el comité de educación de un pequeño condado industrial en Pensilvania determinó que en sus escuelas secundarias se enseñaran de manera paritaria las diversas alternativas científicas sobre el estado viviente, incluyendo la teoría de diseño inteligente. Sus oponentes eligieron como bandera este nuevo desacato a las leyes vigentes y a los mandatos de la Suprema Corte, e iniciaron una querrela legal contra el comité de educación, con el ánimo de ridiculizar el argumento de diseño inteligente tanto como sucedió con el creacionismo en el Juicio del Mono. El juicio fue llamado por los periodistas “Scopes II”, o “Juicio del Mono II”.

Los abogados del comité educativo en entredicho fueron patrocinados por derechistas prominentes, como el dueño de Domino’s Pizza. Los respaldaban además las principales organizaciones de EUA relacionadas con el diseño inteligente, y personajes como George Bush. Sus acusadores fueron apoyados por organizaciones educativas, científicas y de derechos humanos de ese país. En diciembre de 2005, el juez a cargo del caso declaró a los miembros del comité educativo “culpables de promover la religión en el sistema de educación pública”.

Eldorado

Existe en Bogotá un famoso museo dedicado a las creaciones de orfebrería de los habitantes de lo que hoy es Colombia, acumuladas durante varios milenios. Se trata del Museo del Oro, que despliega en una espiral arquitectónica ascendente el talento de aquellos pueblos enamorados del oro, que lo utilizaban para adornar sus cuerpos desde el talón hasta la coronilla, de la cuna a la sepultura, y aun para arropar con grandes sábanas de ese metal los cadáveres de sus personajes notables.

La espiral incluye varias salas dedicadas a culturas y épocas específicas, y culmina en un recinto donde naufraga toda pretensión de orden y de preocupación histórica, dispersándose el conjunto en una enorme profusión de joyas y ornamentos y esculturas que cuelgan del techo y tapizan paredes de cemento y particiones de cristal. Muchos de los visitantes transitan a paso veloz por las salas preliminares y guardan su entusiasmo y sus exclamaciones de asombro para el ápice del cuerno de la abundancia.

Conquistadores

El oro fue un motor del descubrimiento de América desde el nacimiento del proyecto, si hemos de creer la historia de que la reina Isabel empeñó sus joyas para ayudar a costear el primer viaje de Colón. Más allá de las especias hindúes y las sedas y porcelanas chinas, la preocupación central de Colón en su primer viaje era localizar a Zipango (Japón), una potencia minera de primer orden en aquella época. Algunos años más tarde Su Majestad Católica, el rey Fernando, definió con claridad descarnada las prioridades de su proyecto imperial en el Nuevo Mundo: “Consigan oro”, les ordenó a sus expedicionarios, “humanamente si es posible, pero, a cualquier costo, consigan oro”.

La arenga del rey Fernando salía sobrando para aquellos súbditos aventureros, motivados casi hasta el paroxismo por las historias reales y fantásticas sobre la riqueza que aguardaba al otro lado del Atlántico. Las pesquisas de Cortés desde el primer día de su expedición de conquista orbitaron en torno de la riqueza en oro del imperio azteca. Para los nativos de estas tierras resultaba incomprensible la manera en que los españoles se abalanzaban “como perros” sobre las maravillas en oro labrado que conseguían como obsequio o botín de guerra, fundiéndolas al punto y convirtiéndolas en lingotes.

En Cajamarca, Pizarro marcó en lo alto de una pared el nivel hasta donde su prisionero Atahualpa debía llenar la habitación con objetos de oro, como pago de

su rescate. El soberano inca cumplió cabalmente su parte, a pesar de lo cual fue asesinado por el español.

Tales historias doradas circulaban por España y el Nuevo Mundo, alimentando la fantasía y exacerbando la crueldad de los emuladores de Cortés y de Pizarro en su búsqueda de oro. En algún lugar de lo que es hoy Centroamérica el castigo que le aplicaron los aborígenes a un grupo de aventureros españoles que habían caído en sus manos fue vaciarles oro fundido en la garganta.

Vanidad

El primer metal que se menciona en *La Biblia* es el oro (en el *Génesis*, nada menos). Su nombre en latín (*aurum*), significa aurora brillante. Las coronas de reyes, emperadores y papas son de oro aderezado con piedras preciosas. Lo más impresionante de las mujeres hindúes en los aviones que dan servicio entre Londres y Nueva Delhi o Mumbai —aparte de sus ojos extraordinarios—, son las joyas de oro que ostentan en el pecho, las orejas, los brazos y antebrazos. La pieza medular en la dote de una tehuana recién casada es un enorme collar de cuentas de oro, que adquiere un toque mágico cuando se hereda de la madre y, aún mejor, de la abuela.

Las ventas anuales de joyería de oro se acercan a los 40 000 millones de dólares. Ahora que China e India son potencias económicas emergentes, su apetito por las joyas de oro se ha tornado insaciable, elevando sin tregua el precio de ese metal durante la última década.

A pesar de que han transcurrido más de dos siglos desde que Adam Smith demostró que la riqueza de las naciones reside en la labor de sus habitantes, muchos países en la actualidad conservan grandes reservas de oro. El gobierno de EUA, por ejemplo, almacena más de 8000 toneladas de oro puro, con un valor de casi 125 000 millones de dólares al precio actual.

Aunque el elemento irracional es prominente en casi todo lo relativo al oro, en razón de justicia hay que añadir que es un metal que nunca pierde su brillo, pues es prácticamente inmune a la oxidación. Además, es el material más maleable que se conoce, ya que una onza del mismo (treinta gramos, aproximadamente), puede extenderse sin ruptura hasta formar una sábana de unos cien metros cuadrados, o un alambre de muchos kilómetros de extensión.

Metalurgia

El oro emerge de las profundidades terrestres en las erupciones de magma a través de conos volcánicos o fisuras de las placas tectónicas, constituyendo una matriz en filones de cuarzo, o concentrándose en pepitas de diversos tamaños y gran pureza. Cuando dichos filones se hallan expuestos se erosionan y el oro es arrastrado por el agua de lluvia hasta el lecho de los ríos. La pepita de oro más grande registrada se

halló en Australia a mediados del siglo XIX y pesaba un poco más de 70 kilogramos; la más grande que se conserva intacta pesa 27 kilogramos y es el emblema de un casino en Las Vegas. La matriz de oro con cuarzo más rica de los tiempos modernos fue hallada en una mina inglesa y contiene más de 100 kilogramos de oro.

Descontando a las pepitas de oro, en las que la naturaleza tomó a su cargo la purificación del mineral, es necesario separar al oro del material donde está confinado. Para ello se requiere pulverizar dicho material y capturar el oro disperso en el polvo resultante, ya sea amalgamándolo con mercurio, o disolviéndolo con sustancias como el cianuro. A continuación el oro amalgamado o disuelto debe ser separado y purificado a elevadas temperaturas, hasta obtener el metal fundido y puro, que se solidifica al final del proceso en forma de lingotes.

El mercurio es altamente tóxico y contamina con frecuencia los mantos freáticos en las zonas mineras. Es una sustancia mutagénica y en siglos previos producía en los mineros un grado muy alto de intoxicación, además de úlceras terribles que dejaban expuestos sus tendones, en especial los de los codos. El cianuro es aún más tóxico que el mercurio.

Fiebre de oro

Para obtener 10 gramos de oro hay que triturar y procesar químicamente 10 toneladas de mineral. Para tener acceso al mineral, hay que excavar y mover entre 40 y 50 toneladas de tierra.

El oro fácilmente accesible ya fue cosechado en su mayoría por gambusinos, conquistadores y aventureros de los pasados seis milenios. En su búsqueda se han intentado todos los esquemas imaginables. Por ejemplo, durante la fiebre de oro de California a mediados del siglo XIX, se utilizaban chorros de agua a muy alta presión para erosionar laderas y cañadas y lechos de ríos, de forma que quedaran expuestas las pepitas y los filones ricos en oro. Muchas de esas cañadas y laderas continúan desiertas hasta nuestros días.

En la actualidad se obtiene la mayor parte del oro en yacimientos de tan baja concentración, que el proceso resultaría incosteable si se tratara de cualquier otro metal precioso. Los yacimientos subterráneos se alcanzan a través de minas de hasta cuatro kilómetros de profundidad. La explotación de yacimientos superficiales involucra excavaciones en una escala descomunal, que generan cráteres enormes y verdaderas montañas de mineral pulverizado. Todo es gigantesco en esos lugares: excavadoras que arrancan "bocadas" de tierra y rocas de 100 toneladas, camiones grandes como casas que transportan 400 toneladas en cada viaje, etcétera.

Las zonas aledañas a las minas son deforestadas muy pronto debido al consumo de madera como combustible y soporte de túneles. El mercurio, el cianuro y otras sustancias tóxicas empleadas en la separación y concentración del oro contaminan las aguas y dejan sin vida a los ríos y lagunas.

Las minas a cielo abierto tienen un impacto ecológico mayor. Grandes áreas son convertidas en desiertos en el proceso de excavación. Las montañas resultantes de mineral pulverizado son empapadas continuamente con una solución de cianuro que avanza por percolación y se colecta en la base de tales montañas, con su carga de oro disuelto. Sin embargo, el cianuro no sólo disuelve oro, sino cadmio y otras sustancias peligrosas. Además, frecuentemente el mineral pulverizado contiene azufre, que se oxida convirtiéndose en bióxido de azufre y reacciona con el agua portadora del cianuro, formando ácido sulfúrico que acidifica los suelos y cuerpos de agua.

Herencia

La minería actual a gran escala se concentra en zonas tradicionales como Sudáfrica, la India y Australia, y de manera creciente en países como Perú, Guatemala, Ghana y Filipinas, donde los consorcios mineros no están sujetos a reglas ecológicas y éticas tan estrictas como las imperantes en países más ricos.

La productividad de los campos mineros decae usualmente en cuestión de décadas, durante las cuales generan ganancias que, en casos afortunados, se antojan fabulosas, pero son, en último análisis, menores que el costo a largo plazo de restauración y descontaminación del entorno, frecuentemente reducido a ruinas de poblaciones fantasmas. La ciudad de Kolar Gold Fields, nacida alrededor de los famosos campos mineros con el mismo nombre en el sur de la India, tenía después de un siglo de bonanza unos trescientos mil habitantes; hace pocos años fueron clausurados por incosteables los campos mineros y la ciudad perdió en los tres años siguientes dos tercios de su población.

En México los emporios mineros del pasado han tenido que redefinirse para esquivar su extinción. Guanajuato renació como un centro turístico y administrativo. San Luis Potosí se transmutó gradualmente en una ciudad industrial. Taxco se desplomó económicamente durante la primera mitad del siglo pasado, al cerrar la mayoría de sus minas, y fue rescatada por un orfebre estadounidense que reeducó a la población en el arte de fabricar y diseñar joyas. En la actualidad complementa su industria de joyería con el turismo.

Eldorado

Los usos industriales del oro son limitados. Se le utiliza por ejemplo para fabricar contactos eléctricos en computadoras y otros artefactos con circuitos sofisticados, debido a su inmunidad a la oxidación.

Sin embargo, la magia del oro se nutre en los veneros últimos de la vanidad: 80% del oro producido en el mundo se destina a la fabricación de joyas. En nombre del oro se han cometido infinitos pecados en los seis continentes. Fernando el

Católico seguramente no encabeza la hueste del cinismo con su arenga a conseguir oro en el Nuevo Mundo a cualquier costo. Judas se antoja más codicioso que él, y Midas más ingenuo.

Sin embargo, la celada del oro es también implacable. Una de las piezas más famosas en el Museo del Oro de Bogotá es una balsa que transporta a Eldorado, el mítico rey que se cubría de polvo de oro y se bañaba en el centro del lago Guatavita, en la actual Colombia, donde dejaba como ofrenda su cutícula dorada y multitud de joyas. Buscando el reino de Eldorado, los aventureros españoles de la época de la colonia realizaron hazañas comparables con las de los argonautas. Remontaron el Amazonas, recorrieron palmo a palmo las soledades, los desiertos y pantanales de Norteamérica y naufragaron en la turbulencia de su propia quimera con nula cosecha.

Cazadores

En España fueron encarcelados recientemente varios “cazadores” que pagaban por el derecho y el placer de dispararle a tigres, leones y otros animales, que eran liberados de su jaula a una señal de los compradores. La conclusión de este ejercicio era invariablemente una fiera muerta, fotografías de un Orión perfumado posando junto a su presa, y la cabeza y piel de la víctima exhibiéndose como trofeo en algún salón citadino, rubricando con su presencia las fantasías del cazador.

En la redada que acabó con este escenario fue apresado el dueño del negocio, quien compraba los animales en zoológicos y cobraba cerca de treinta mil dólares por cada infusión de adrenalina que demandaban sus clientes.

Evolución de la cacería

Las pinturas rupestres de todos los continentes muestran escenas de cacería. Las leyendas más antiguas contienen relatos sobre el mismo tema. Los ritos de iniciación de muchos pueblos incluían hasta años recientes la caza de un animal peligroso por el novicio en turno, quien tenía que pasar esta prueba con escasa o nula asistencia por parte de la comunidad.

A medida que la agricultura y la domesticación de animales menguaron la importancia de la cacería como proveedora de alimento, esta actividad se tornó gradualmente en un asunto de especialistas, encargados de conseguir pieles y ornamentos para comerciar con ellos, relegando la carne de los animales sacrificados a un segundo término. Paralelamente, la cacería se convirtió en un pasatiempo de los poderosos y en un símbolo de estatus.

No tardaron los reyes y emperadores en asignarse cotos de cacería, que defendían con ferocidad. Uno de los delitos que se le imputaron a Robin Hood fue que “cazaba los venados de Su Majestad”. Más adelante los señores feudales y los miembros del alto clero se adjudicaron también extensos terrenos para tal fin.

La caza del zorro

En Inglaterra, la caza del zorro, orientada inicialmente a proteger los rebaños y los animales domésticos de un depredador persistente y habilidoso, evolucionó hasta convertirse en un privilegio de los señores medievales, adoptado posteriormente por los burgueses. Esta tradición de siglos originó con el tiempo la cría de varias razas de perros, especializadas en actividades relativas a la cacería —localizar a la presa,

perseguirla, etcétera—. También generó códigos precisos sobre el rango, la indumentaria y la conducta de los participantes.

Este ritual comenzó a percibirse a finales del siglo pasado como una rutina cruel, en la que las víctimas eran sacrificadas después de aterrorizarlas durante horas, sin otro fin discernible que el regocijo de los cazadores. El Parlamento de Escocia prohibió en 2002 la caza del zorro y otras formas de cacería que utilizan perros, y en febrero de 2005 entró en vigor una prohibición idéntica del Parlamento Británico.

El tigre de Bengala

Durante la Edad Media europea la cacería se convirtió en el pasatiempo favorito de rajás y maharajás de la India, quienes montados en elefantes y auxiliados por un ejército de *shikaris* (asistentes), irrumpían en la selva en busca del tigre. Cuando los europeos comenzaron a incursionar en la India se maravillaron del esplendor de aquel espectáculo y se sumaron a él tan pronto como se presentó la oportunidad de hacerlo.

Los ingleses reaccionaron con particular entusiasmo, en parte por su antecedente de la caza del zorro. Con el tiempo se organizaron expediciones combinadas de cacería que incluían aristócratas hindúes y funcionarios coloniales ingleses, con el resultado de que la población de tigres comenzó a declinar de manera alarmante. El movimiento de independencia hindú logró finalmente expulsar a los ingleses, pero esto no se tradujo en un repunte de la población de tigres, por el aumento de la población humana y porque casi todos los fragmentos de su cuerpo, de la piel al esqueleto y de la cabeza a la punta de la cola, se consideran potentes afrodisíacos en China y en gran parte de Indochina.

Los rinocerontes también han sufrido por su reputación de tutores de la virilidad humana. Por motivos quizá de geometría su cuerno se considera también un afrodisíaco infalible, y durante décadas muchos rinocerontes han sido sacrificados anualmente con el solo fin de cercenarles el cuerno. Los elefantes han corrido una suerte similar con sus colmillos, pues durante siglos el marfil ha sido un material muy apreciado en joyería y en escultura.

Cacería moderna

Hay más de 13 millones de cazadores registrados tan sólo en EUA, y la cifra europea bien pudiera ser mayor. Cada año, al inaugurarse la temporada de cacería se esparcen por los valles y serranías en busca de patos, venados, jabalíes, pumas, osos y casi todo lo que se mueva. Los más ricos y avezados toman parte en *safaris* africanos y excursiones semejantes. En el ocaso de la era socialista, los cazadores de países ricos del occidente europeo se dirigían en grandes números a Hungría, Bulgaria y

Rumania para cazar en sus montañas, pagando grandes sumas por este derecho y convirtiéndose así en fuentes importantes de divisas para aquellos empobrecidos países.

¿Por qué hay tantos cazadores, y por qué están dispuestos a invertir miles de millones de dólares en su pasatiempo? Bien pudiera ser un caso terminal de nostalgia. Existen por toda Europa restaurantes que sirven carne silvestre, usualmente de faisán y otras aves, de venado, jabalí, etcétera. Son bastante caros, pero tienen una clientela numerosa y fiel que encuentra en esos platillos sabores ausentes de la cocina urbana.

Además, no todos los cazadores utilizan rifles de alto poder, con mira telescópica diurna y nocturna. Una fracción creciente de ellos ha abandonado estos artefactos y retornado al arco y las flechas. Los puristas insisten en cazar solos, aun en zonas peligrosas e inhóspitas de África, la Amazonia y la región ártica.

Conservacionistas

Safari es una palabra swahili que significa "gran caminata". El safari como un método peculiar de cacería fue popularizado por personajes como el escritor Ernest Hemingway y el ex presidente de EUA, Theodore Roosevelt. Consiste en una prolongada incursión en la selva o la sabana africana para buscar caza mayor (elefantes, leones, leopardos, etcétera), acampando sobre la marcha y dependiendo en general de porteadores y asistentes. El resultado final de un *safari* es usualmente la cabeza de un gran animal adornando la sala marmoleña de un cazador.

Aunque muchas pieles de visón y de armiño utilizadas para fabricar abrigos provienen de granjas especializadas, todavía existen cazadores de esos animales en Siberia y en otras regiones nórdicas, quienes en aras de no estropear la piel de sus víctimas las atrapan y sacrifican de manera lenta y cruel.

Cambian los tiempos. La devastación ecológica es tan intensa y ha afectado tanto la abundancia de grandes animales, que muchos cazadores se han transmutado en conservacionistas convencidos y efectivos, en su intento de preservar hábitats suficientemente extensos como para sostener una población estable de las especies de su interés. Ya que estas últimas ocupan los estratos superiores en la cadena alimenticia, su estabilidad lleva asociada la de muchas otras especies de su ecosistema.

Por ejemplo, en EUA se paga en conjunto cerca de doscientos millones de dólares por licencias de cacería. Buena parte de ese dinero se gasta en costear programas de manejo de vida silvestre y en comprar terrenos necesarios para las presas favoritas, los cuales se convierten en parques protegidos. A través de un impuesto especial aplicado a los cazadores de patos, se han adquirido en ese país

más de veinte mil kilómetros cuadrados de terrenos propicios para las aves acuáticas, que se han transformado posteriormente en áreas públicas sometidas a cacería regulada por las autoridades.

Los cazadores de trofeos argumentan además que su impacto ecológico es mínimo comparado con el del turismo masivo. En EUA, por ejemplo, toman cursos obligatorios impartidos por cazadores experimentados, sobre seguridad personal y comportamiento ecológicamente aceptable. Añaden también que no requieren instalaciones lujosas para hospedarse y que cada uno de ellos gasta entre cincuenta y cien veces más que un ecoturista típico, y que este dinero usualmente permanece en el área de cacería, ayudando con ello a la economía local.

Cazadores mexicanos

En las rancherías de mi niñez en Los Tuxtlas la mayoría de las casas tenía como único adorno unos cuernos de temazate (venado pequeño); algunas empero ostentaban cornamentas mayúsculas. Abundaban también las historias de visitas a la montaña (la parte alta de la Sierra de Los Tuxtlas), con sus neblinas y lobregueces, con sus rugidos nocturnos y sus anteburros (tapires) infinitamente poderosos.

Muy poco queda ya de todo aquello, por la grandísima culpa de los talamontes, ganaderos y paracaidistas. Los cazadores cumplieron también su función tradicional, pero hay que admitir que no fueron un factor determinante en la debacle.

Al transitar por las serranías centrales y sureñas del país descubrí que pululan en ellas los cazadores. Me topé con sus cuernos y escopetas en parajes tan desolados, que me resultaba incomprensible entender cómo habían logrado hallar y balear a los grandes venados que cargaban en andas.

A riesgo de satanizar un tanto injustamente a la cofradía de los cazadores, mencionaré un episodio que presencié durante la festividad del santo patrono de Paracho, el famoso centro guitarrero en la sierra michoacana. Cada día de esa celebración un gremio del lugar le hace una ofrenda al santo. La de los cazadores ha sido desde siempre un venado recién cazado en los montes.

Desgraciadamente, los montes michoacanos han sido prácticamente despojados de su fauna, y ese año los esfuerzos de los cazadores resultaron infructuosos durante muchos días. Ante la inminencia de su cita con el santo patrono, resolvieron su problema con una argucia un tanto diabólica.

Resulta que una ranchería cercana a Paracho era visitada por un venado que, contradiciendo todas las reglas de su especie, adquirió el hábito de pastar en las orillas del poblado. Cuando los lugareños se percataron de su presencia recurrente, ataron sus perros y comenzaron a dejar a lo largo de las rutas habituales de su nuevo

vecino pequeñas cantidades de los granos y verduras predilectas de los venados. Poco a poco el visitante relajó sus impedimentos ancestrales, internándose cada vez más en el poblado durante cada visita, de forma que pocos meses más adelante parecía un habitante más del lugar.

Cuando llegó esto a sus oídos, los cazadores en apuros resolvieron su problema con el santo patrono tendiéndole una emboscada al venado amistoso. Los lugareños perdieron así un amigo, el venado perdió su vida y los cazadores tuvieron al fin una ofrenda para el santo de su devoción.

Desarrollo insostenible

Marco Polo menciona en la crónica de sus viajes una gran ciudad china cruzada por un río con un embalse al final de su tránsito por la ciudad. Recibía entonces todos los desechos humanos de aquella urbe y Marco Polo refiere con admiración que en ese embalse abundaban los peces más grandes y sabrosos que había comido en su vida.

Desechos modernos

La metrópoli que entusiasmó a Marco Polo por el ingenio de sus habitantes para sacar provecho de sus desperdicios seguramente no era enorme según los estándares actuales, y la corriente del río tampoco era muy lenta. De lo contrario la concentración de nutrientes y sustancias tóxicas habría alcanzado tales niveles en el embalse que habrían pululado las algas, enturbiando el agua y asfixiando a los peces.

En la actualidad los desechos industriales que bajan por los ríos representan un peligro considerablemente mayor que los orgánicos, pues incluyen metales pesados y tóxicos como plomo, mercurio, cromo y otros. Contienen también derivados del petróleo provenientes de la manufactura de plásticos, pinturas, solventes, etcétera. Además, en las aguas residuales que colectan los ríos bajan despojos hospitalarios y otras amenazas para la vida humana y la silvestre. Dada la etiqueta china de nueva potencia industrial, no es aventurado suponer que el río que halagó el paladar de Marco Polo dejó de producir peces sabrosos (quizá peces de todo tipo) desde hace un buen tiempo.

En noviembre de 2005 una explosión en una planta petroquímica al norte de China vertió una gran cantidad de benceno, una sustancia venenosa, en un río que atraviesa una zona densamente poblada que incluye una populosa ciudad. La mancha de benceno sobre el río, de unos ochenta kilómetros de longitud, tardó casi dos días en transitar esa urbe, obligando a las autoridades a suspender el suministro de agua potable, la cual se obtiene normalmente del río. Esto dejó a más de 4 millones de personas sin más opción que limitar su uso a los suministros que lograron acopiar las autoridades bajo una situación de emergencia extrema, debido al corto tiempo disponible para hacerlo.

Nuevos ricos

Durante décadas fue común en el ámbito estudiantil y en el mediático pregonar el enorme consumo energético de EUA, así como su empleo exorbitante de agua y otros recursos y materiales como el cemento y el acero. El resumen del despilfarro era que una sociedad con menos de 4% de la población mundial utilizaba 25% de los recursos globales.

Empeoran los tiempos. En la actualidad el consumo europeo supera al de EUA, a pesar de que este último país no ha aminorado el ritmo. Y para colmo los dos

colosos de la población mundial, China y la India, se hallan sumamente adelantados en el sendero de adoptar el modo de vida asociado con EUA desde la posguerra, marcado por el consumismo y la taquicardia colectiva, como si no existiera un mañana.

No son por supuesto los primeros en hacerlo. Los precedieron Japón y, en menor escala, Corea del Sur. La diferencia —y la amenaza para la sostenibilidad del orden económico imperante y la integridad de la fábrica social del planeta— es la enorme población de los dos nuevos socios. Cada uno de ellos supera los 1000 millones de habitantes y sus élites económicas parecen ávidas de emular el sueño americano.

En la India empiezan a resaltar las autopistas, donde los nuevos ricos exhiben sus autos lujosos fugazmente, antes de naufragar en el embotellamiento que invariablemente aguarda al final de la vía rápida. El Buda y sus semejantes se asombrarían de la velocidad con que han cundido en su tierra los ideales de la ambición, más allá de las mansiones de mármol y del despliegue tradicional de joyas de oro. Los muros de contención del sistema de castas empiezan a quebrantarse también, ante el avance de la industria y del consumismo, y eso tendrá un enorme impacto ecológico en un territorio de por sí tensionado por el enorme peso de su población.

China

El ascenso hindú palidece ante la expansión económica de China, iniciada hace aproximadamente treinta años y acelerada de tal manera que, de mantenerse al ritmo actual por un par de décadas, convertirá a ese país en el nuevo “motor del capitalismo”, desplazando a EUA de esa posición.

China es el gran imán económico mundial, por su enorme reserva de mano de obra disciplinada y barata y por la estabilidad que garantiza un sistema político que ha consolidado con autoritarismo su poder desde hace medio siglo. No es preciso consultar las estadísticas para percatarse del repunte industrial y económico de China. Basta con revisar las etiquetas de nuestros utensilios. Desde la cerradura de la puerta hasta las tazas y cucharas, tocadiscos, televisiones, ropa de cama, relojes y cuadros de pared, todo dice “*Made in China*”.

En la oficina la historia es idéntica. La misma etiqueta se repite en la silla de trabajo, el portapapeles, la memoria auxiliar de la computadora y el ratón que utilizo para escribir este artículo, y seguramente en el teclado y en buena parte de los componentes internos de la máquina.

La economía china se encuentra en la etapa de despegue, pero ya es enorme debido a la población del país. El estrato más favorecido de la sociedad constituye aún un porcentaje pequeño, pero sobrepasa los 200 millones de personas en una comunidad que rebasa los 1100 millones de habitantes. Si a esto le sumamos la inclinación casi religiosa de esa cultura por la buena mesa, resultan algunos datos sorprendentes.

China, con una dieta tradicionalmente vegetariana en su orientación, consume ahora cerca del doble de la cantidad de carne que EUA, y a esto hay que añadirle su avidez por los manjares exóticos, incluyendo sobre todo productos de mar tan dispendiosos y escasos como la oreja de mar y la aleta de tiburón.

Y el listado pantagruélico está lejos de agotarse. China utiliza más del doble de acero que EUA o Europa. Al ritmo de sus curvas de crecimiento, en unos veinte años más sus 1450 millones de habitantes consumirán el equivalente a dos tercios de la cosecha actual de cereales en todo el mundo, y más del doble de la producción de papel. Su gasto total de combustibles superará pronto el de ambos colosos occidentales, con el agravante de que el país no cuenta con grandes reservas de petróleo ni gas natural. Su recurso energético primordial es el carbón, que resulta peor que los demás en cuanto a la cantidad de contaminantes que produce y el potencial de estos últimos como agravantes del calentamiento global debido al efecto invernadero.

¿Racismo larvado?

Debo aclarar que el problema ecológico no proviene de que China supere el consumo de los gigantes occidentales de siempre, sino de que haya adoptado su modelo económico, cimentado en energías fósiles y construido alrededor del automóvil y los productos desechables. Un modelo que tiene al lucro como único incentivo, que parece haber olvidado toda vocación de servicio y que conduce de manera inexorable al incremento incesante en la producción de artículos a precios cada vez más competitivos. En resumen, un paradigma económico basado en el crecimiento acelerado y perenne y, por lo tanto, incompatible con un planeta finito, cuyos límites de estabilidad estamos en proceso de conocer y rebasar.

Los resultados de la prosperidad china e hindú empiezan a manifestarse a escala global. Las grandes tolvaneras que se elevan varios kilómetros en los desiertos al occidente de China cruzan su territorio altamente poblado y se cargan de contaminantes industriales, que esparcen después a su paso por Japón y el Océano Pacífico, el cual atraviesan en toda su extensión hasta depositar buena parte de su carga en Norteamérica. Según algunas estimaciones, la mitad de la contaminación por mercurio en EUA proviene de esas tolvaneras asiáticas, que no sólo viajan al este, sino también hacia el norte y rocían los hielos del Ártico con sus polvos contaminados, aumentando su índice de absorción de radiación al oscurecer su superficie y acelerando con ello su ritmo de calentamiento y desaparición.

Aguas muertas

Un síntoma evidente de las dificultades ambientales chinas es el alto grado de contaminación de sus aguas. Esto resulta un tanto novedoso para una civilización

que ha tenido al control de las aguas como una prioridad esencial durante milenios. Desastres como el de la contaminación de un río con benceno, que afectó a millones de personas, provocan reacciones verbales y acciones oficiales que parecen indicar que la clase dominante del país empieza a tomar conciencia del peligro involucrado, consistente en última instancia en el colapso tanto del proyecto nacional chino como del ecosistema mundial.

Una razón práctica para desacelerar eventualmente el paso proviene de la incompatibilidad del sistema de gobierno chino, distinguido durante milenios por su autoritarismo, con un modelo económico basado en la competencia a ultranza y, por lo tanto, generador de ruido y anarquía.

Las señales de esta contradicción medular del proyecto chino son abundantes. Por un lado, el país moderniza y multiplica sus recursos de comunicación, y por otro intenta amordazarlos a través de la censura. La compañía Google, por ejemplo, recién introdujo Gmail, su popular programa computacional de correo electrónico, en China. Sin embargo, lo mutiló de manera que rechace ciertas palabras (como libertad, democracia y autonomía), cuya sola mención considera intolerable la censura oficial china. Esta es una concesión inesperada de Google en su intento de posicionarse en el mercado chino, tomando en cuenta su brillante historial de transparencia y su lema de fundación: *"Don't be evil"* ("No seas perverso").

Existen algunos antecedentes de remisión en los niveles de contaminación de lagos y ríos. En plena euforia de la llegada de un hombre a la Luna y su feliz retorno a la Tierra en unión de sus compañeros de viaje, un político de EUA calificó apenas de "notable" al evento, aclarando que una "hazaña verdadera" sería introducir a una persona en el lago Erie, terriblemente contaminado por residuos industriales en esa época, y retornarla a tierra firme con vida. Debido en parte a su elocuencia, se inició un programa de limpieza de ese lago que mejoró notablemente su salud biológica en pocos años.

Otro caso digno de aplauso fue el del río Rhin, que a principios de la década de los setenta del siglo pasado fue declarado una vía biológicamente muerta en la parte baja de su curso, debido a la captación excesiva de desechos industriales. Un programa riguroso y multinacional de restauración de la calidad de sus aguas, iniciado en 1987 y extendido gradualmente en su alcance y duración hasta el año 2020, ha rendido frutos parciales muy alentadores.

Sin embargo, la creciente degradación de los ríos chinos constituye un problema incomparablemente mayor, que espantaría al espectro de Marco Polo y requerirá sin duda un esfuerzo de recuperación cuya magnitud puede inferirse de la duración y el costo de limpieza del Rhin.

Mientras tanto seguirá desplegándose en China el drama del choque entre la anarquía del capitalismo desbocado y el autoritarismo oficial. ¿Cuál de estos dos leviatanes vencerá?

Askareles

La electricidad se genera al girar un imán móvil entre los polos de uno fijo. Para hacerlo hay que aplicarle fuerzas, y el trabajo realizado es la fuente de energía eléctrica. Dicho trabajo es producto de reacciones químicas que se obtienen al quemar combustibles, de energía mecánica proveniente de agua o aire en movimiento, o de energía nuclear liberada en reactores. La electricidad resultante se transporta y distribuye en los lugares de consumo por medio de alambres conductores que unen transformadores, donde se modifica su voltaje para adecuarlo a las necesidades de los usuarios.

Los transformadores que cambian drásticamente el voltaje de la energía eléctrica generan grandes campos eléctricos en el proceso, capaces de producir peligrosas chispas y arcos eléctricos. Originan también calor, que debe disiparse rápidamente. Para lograrlo se les sumerge en un líquido eléctricamente aislante que dificulte la producción de chispas y arcos, y que sea además buen conductor de calor. Lo que vemos del transformador es la tina metálica que alberga sus componentes eléctricos y el líquido refrigerante. Desde una perspectiva estrictamente física, los mejores refrigerantes son los askareles.

Los askareles son sustancias con un alto contenido de cloro (casi la mitad de su masa), resinosas al tacto, no combustibles ni corrosivas de los metales, buenas conductoras del calor y con una gran capacidad para prevenir chispas y arcos en presencia de campos eléctricos elevados. Aunque se les conocía desde mucho antes, comenzaron a producirse y a utilizarse en gran escala como refrigerantes de transformadores a mediados del siglo pasado. La primera marca registrada se llamó Askarel, y suministró el nombre genérico de estos compuestos, aunque se les conoce también como PCB, que son las siglas de policlorobifenilos.

El lado oscuro

Los askareles resultaron útiles también como pigmentos para pinturas, en barnices, tintas para impresión, papel carbón, ceras para pisos, interruptores de alta tensión, etcétera. Sin embargo, se descubrió gradualmente que son extremadamente tóxicos en el contexto biológico. Los efectos orgánicos inmediatos de una intoxicación con askareles incluyen hinchazón de las glándulas oculares y los párpados, pigmentación de las uñas, fatiga, náusea, vómito, erupciones en el rostro y trastornos respiratorios. A más largo plazo puede haber daño hepático y neurológico, y aumentar notablemente la probabilidad de desarrollar algún tipo de cáncer.

El peligro biológico de los askareles resalta al considerar que basta un calentamiento leve para que desprendan vapores tóxicos. Además, si se les añade

aceite se vuelven combustibles. Son suficientes concentraciones en agua de algunas partes por millón para afectar seriamente al organismo, de modo que un litro de askarel puede contaminar miles de metros cúbicos de agua. Por si fuera poco, penetran fácilmente a través de la piel humana.

Los transformadores con askareles en su interior se convirtieron entonces en bombas de tiempo. Cuando los primeros de ellos llegaron al final de su vida útil se volvió urgente eliminar sus askareles y descontaminar sus componentes metálicos. En los países industrializados se prohibió la producción de askareles en años cercanos a 1980, y en los demás, incluyendo a México, se tomó la misma decisión cerca de una década más tarde.

Exorcismo

¿Cómo exorcizar el demonio de los askareles? La manera más frecuente de lograrlo es sometiéndolos a temperaturas muy altas, cercanas a los mil grados centígrados. En tales condiciones se descomponen, generando ácido clorhídrico en el proceso. Sin embargo, si no se alcanza la temperatura adecuada se descomponen sólo parcialmente, produciendo compuestos aún peores que incluyen a las dioxinas, quizá las sustancias con mayor toxicidad ambiental que se conocen. Existen plantas de eliminación térmica de askareles en EUA, Alemania, España, Francia, Finlandia y algunos otros países. Estas plantas procesan askareles de todo el mundo y los desintegran térmicamente, cobrando por ello unos cuarenta pesos por kilogramo.

Existen métodos no térmicos de eliminación de askareles, a base de ciertos procesos químicos complicados. Sin embargo, éstos sólo están autorizados en casos de materiales contaminados con askareles en baja concentración.

En el año 2000 entró en vigor en México la norma ecológica NOM-133-ECOL-2000, que define los métodos de manipulación, almacenamiento, transporte y eliminación (neutralización) de askareles. Esta norma señala el 31 de diciembre de 2001 como fecha límite para eliminar los askareles fuera de uso y almacenados, y el 31 de diciembre de 2008 como límite para eliminar al resto de ellos.

La tarea de limpieza es gigantesca y va muy retrasada, debido a la insuficiente estructura industrial disponible en el país para llevarla a cabo. Existen algunas empresas dedicadas al tratamiento químico de materiales contaminados con askareles en baja concentración, y dos pequeños incineradores (en Jalisco y el Estado de México). Hacia 1988 se construyó en sigilo una planta de tratamiento térmico en Tijuana, que fue clausurada en 1992, antes de entrar en funcionamiento, bajo presión de la población —en especial, de la organización ambientalista Amas de Casa de Playas de Tijuana—. A la fecha se han exportado a Europa para su incineración cerca de tres mil toneladas de estos compuestos.

Rosicler y Perote

El inventario de askareles incluye 3400 toneladas en Luz y Fuerza del Centro, 2050 en la Comisión Federal de Electricidad, 870 en PEMEX, cerca de 500 en el Metro de la ciudad de México y unas 6000 toneladas distribuidas en otras dependencias y empresas. Existen además unas 30 000 toneladas de materiales contaminados con askareles. La localización precisa de tales sustancias es un misterio profundo, iluminado parcialmente por descubrimientos fortuitos que han generado escándalos nacionales.

Uno de ellos ocurrió en Nuevo Mercurio, Zacatecas, donde la Compañía Minera Rosicler depositó ilegalmente en una mina de su propiedad 1400 barriles de askareles líquidos y 3000 toneladas de desechos sólidos, provenientes de EUA. Esto ocurrió entre 1977 y 1980, y el costo de este negocio turbio fue muy alto para el ecosistema circundante y sus pobladores, quienes utilizaron barriles sustraídos de la mina para transportar y almacenar agua de uso doméstico. Otros barriles fueron perforados para vaciar su contenido. Diez años más tarde la mortalidad en la zona era el doble que en el resto del estado, presentándose entre los habitantes casos de manchas en la piel, conjuntivitis, cáncer hepático y uterino, y dos nacimientos sin cerebro (en 1988 y en 1990).

En Perote, Veracruz, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) almacenó a partir de 1997 más de 2000 tambos con 200 litros de askareles cada uno. Su presencia se divulgó por accidente dos años después, tras inundarse las bodegas de la CFE por las fuertes lluvias. Durante todo ese tiempo los habitantes no tuvieron conocimiento del peligro al que estaban expuestos, llegando incluso a utilizar en ocasiones tambos vacíos para almacenar agua de uso doméstico. La vigorosa reacción de grupos ambientalistas y autoridades locales condujo a su almacenamiento en las afueras del puerto de Veracruz, de donde se exportaron por barco meses más tarde a Finlandia, para que fuera neutralizado su contenido en una planta de tratamiento térmico.

El Higo

En agosto de 2004 la SEMARNAT autorizó en forma "condicionada y por veinte años" la construcción y operación de una planta de tratamiento térmico en El Higo, al norte del estado de Veracruz, con un horno capaz de incinerar 1600 toneladas de askareles anualmente, operando a una temperatura cercana a los 750 grados centígrados. El proyecto aprobado contó con el apoyo de las autoridades municipales del lugar.

El cambio de poderes municipales y la inminencia de la entrada en operación de la planta, condujeron recientemente a un rechazo generalizado del proyecto por parte de los habitantes de El Higo, quienes han manifestado su descontento a través de marchas, cierres de carreteras y peticiones de ayuda a las autoridades estatales y federales, en un intento de evitar que empiece a funcionar dicha planta.

La pregunta es casi automática, ¿por qué El Higo, con el antecedente cercano de Perote? Se trata de una región agrícola y ganadera, con un ingenio azucarero, y la planta se construyó a escasos tres kilómetros de la cabecera municipal. ¿Por qué no en una zona semidesértica, a cincuenta kilómetros de la ranchería más próxima?

Uno de los argumentos de la SEMARNAT en su declaración de impacto ambiental, claramente orientada a apoyar el proyecto, es digno de cincelarse en la fachada de su sede nacional: “No existen Zonas Vulnerables o puntos de interés en un radio de quinientos metros [...] Los hábitats presentes ya han sido impactados por la influencia de las actividades que se desarrollan en el área, principalmente las agropecuarias y de servicios en la región”. ¿Implica esto que, al no haber ya ecosistemas prístinos en México, todos estamos condenados a sufrir en el traspaso un horno crematorio de desechos peligrosos?

Espejo ahumado

Las preguntas se suceden en tropel:

- ¿Fueron informados los trabajadores de la CFE en Perote y los estibadores del puerto de Veracruz sobre la peligrosidad del material que manipulaban?
- ¿Cuánto mermaron los askareles la esperanza promedio de vida en Perote? ¿Cuánto lo harán en El Higo, de entrar en operación la planta de neutralización térmica?
- ¿Alguien perdió su empleo entre los responsables de la CFE? ¿Alguien fue enviado a la cárcel?
- ¿No aprendimos nada de la lección de la planta crematoria que intentaron imponer en Tijuana?
- ¿Dónde quedó la brújula de la SEMARNAT?

Mientras tanto persiste la cuenta regresiva de los askareles, sin más equipo disponible de tratamiento que unos minúsculos incineradores, y seguimos produciendo 8 millones de toneladas anuales de residuos peligrosos y neutralizando tan sólo la décima parte de ellos. El resto se almacena en cualquier sitio o se arroja a las aguas y cañadas.

En cierta ocasión un colega ruso me describió el patrón de contaminación de ríos, suelos y acuíferos generado por la central nucleoelectrónica de Chernobil, aun antes de la terrible explosión en uno de sus reactores. Me contó de la mortandad que siguió al percance y del heroísmo de muchos de los condenados, tratando de contener el daño.

“¿Cómo pueden los rusos hacerse tales cosas a sí mismos?”, le pregunté perplejo. “Muchos rusos detestan lo que ven cuando se miran al espejo”, respondió.

Cómputo y ecología

En las dependencias oficiales (oficinas burocráticas, centros de enseñanza e investigación, etcétera) no existe un mecanismo para deshacerse del equipo obsoleto. Cuando un objeto ingresa a un inventario oficial lo hace para siempre, debiendo aparecer en los inventarios futuros *per saecula saeculorum*. El resultado de esta evolución truncada es que la basura tecnológica se acumula sin descanso por los rincones, debajo de los escritorios y en los pasillos de dichas instituciones.

El fin del camino

¿Cuál es el destino de las computadoras viejas? El año pasado se tornaron obsoletas más de 60 millones, tan sólo en EUA. Aun bajo las hipótesis más modestas, en México deben haber corrido la misma suerte al menos un millón de ellas. Esta enorme cantidad de equipo inservible es basura que tarde o temprano tendrá que salir de sus nichos para darle espacio al equipo nuevo.

El problema de los equipos en desuso es de tal envergadura que existen en EUA y Europa compañías encargadas de reciclarlos en alguna medida y eliminar como basura el residuo inservible. Sin embargo, este procedimiento es costoso porque requiere desarmar cada equipo y rescatar intactos sus componentes más valiosos. Esto implica el uso de mano de obra calificada y, por lo tanto, cara. Además, las computadoras contienen materiales potencialmente tóxicos que deben manejarse con cuidado y esto incrementa el costo del proceso.

Por ejemplo, el cinescopio de un monitor de computadora contiene usualmente de uno a cuatro kilogramos de plomo. Otras partes del equipo incluyen cromo, cadmio y otros metales peligrosos. El residuo inútil de la computadora está contaminado con estas sustancias y debe eliminarse según procedimientos reglamentados que encarecen el proceso.

Vecinos pobres, pobres vecinos

En resumen, una computadora obsoleta es una papa caliente, tanto en manos de sus dueños iniciales como en las de las compañías encargadas de deshacerse de ellas. La estrategia de solución adoptada por tales compañías se basa en un obsequio engañoso a los países pobres de África y de Asia, principalmente.

¿Qué se hace con el resto de las computadoras inservibles —que, como hemos visto, se cuentan por decenas de millones—? Más de la mitad se envían a China, la India y Pakistán para usar mano de obra barata en el proceso de desmantelarlas y reciclarlas. Sin embargo, este trabajo se realiza la mayoría de las veces en locales mal ventilados y con equipo de protección inadecuado para manipular materiales peligrosos.

¿Qué opinan los dueños originales de esas computadoras trashed? Muchos de ellos se muestran sorprendidos, pues pensaban en su ignorancia que habían hecho un bien sumándose a los programas de “donativos” de equipo vetusto y estorboso.

Convención de Basilea

A finales de los años ochenta del siglo pasado los países industrializados reglamentaron el flujo y almacenamiento de materiales peligrosos, incluyendo a las sustancias tóxicas y ecotóxicas, los equipos industriales contaminados con ellas, y los materiales explosivos, corrosivos, inflamables o infecciosos. Las nuevas leyes aumentaron considerablemente el costo de manejo y eliminación de dichas sustancias y los grandes generadores de las mismas adoptaron la estrategia de trasladarlas a los países pobres, muchos de los cuales aceptaron su papel de basureros literalmente por un puñado de dólares.

Los escándalos internacionales derivados de este tráfico inmoral incluyeron barcos repletos de materiales tóxicos que no eran aceptados en ningún puerto y terminaban arrojando al mar su cargamento; comprendieron también el almacenamiento de tales sustancias en depósitos donde se quebrantaban cotidianamente las reglas sanitarias más elementales, con grave riesgo para la población circundante. El efecto acumulado de esos desastres condujo en 1989 a la Convención de Basilea, un acuerdo entre los países generadores y los receptores de materiales tóxicos, orientado a la consecución de dos objetivos fundamentales:

- Disminuir la generación de desechos tóxicos, tanto en volumen como en grado de peligrosidad.
- Eliminar o almacenar tales desechos tan cerca de su fuente como resulte posible.

Los países signatarios del acuerdo tuvieron un plazo de dos años para ratificarlo y en 1992 entró en vigor oficialmente la Convención de Basilea. México ratificó el acuerdo en 1991 y sólo tres países se han negado a hacerlo hasta la fecha: Haití, Afganistán y EUA.

Al flujo tradicional de desechos peligrosos se le sumó en años recientes el de computadoras obsoletas y sus equipos periféricos, como los cartuchos de tinta agotados. Dada la complejidad ascendente de la industria mundial, seguramente aparecerán en el futuro materiales novedosos y tóxicos, y estrategias sutiles de ocultamiento de los mismos, obligando a la Convención de Basilea a refinar de manera permanente su base conceptual y sus recursos de vigilancia.

Flujos internos

Dentro de cada país transitan o se almacenan sustancias peligrosas sujetas a una normatividad que copia muchos de los preceptos de la Convención de Basilea y

organismos internacionales del género, pero que no está respaldada por un sistema de vigilancia igualmente sofisticado y libre de corrupción.

PEMEX, por ejemplo, se suma al problema con sus centenares de fugas de materiales tóxicos cada año, las cuales han costado un buen número de vidas humanas y han contaminado ríos, lagunas y grandes extensiones de terreno.

Las víboras

En diciembre de 2005 fueron trasladados a Salamanca, Guanajuato, 270 transformadores contaminados con materiales peligrosos que habían permanecido durante varios años a la intemperie en un predio vecino a Hermosillo, apropiadamente llamado Las Víboras, donde funcionó entre 1996 y 1998 un depósito de manejo de sustancias tóxicas, a cargo de una compañía con el pomposo nombre de Confinamiento y Tratamiento de Residuos Tóxicos (CYTRAR), que denomina también al depósito mismo.

Los antecedentes de CYTRAR son reveladores. Se construyó en 1994 a 6 kilómetros de Hermosillo, contraviniendo la norma oficial que indica una distancia mínima de 25 kilómetros del poblado más cercano. Dos años después fue autorizada para operar por el Instituto de Ecología y un año más tarde se le confió su operación a la trasnacional española Tecnologías Mediambientales (TECMED). En 1998 fue clausurado el sitio bajo presión de la población y de grupos ecologistas. La compañía TECMED demandó por ello al gobierno mexicano ante un organismo internacional creado para tratar judicialmente casos como éste y ganó el juicio obteniendo finalmente 7 millones 500 000 dólares como compensación, que les fueron pagados por nuestro país.

CYTRAR recibió unas 20 000 toneladas de desechos de plomo y tierra contaminada con este peligroso metal de un centro de reciclaje que operó cerca de Tijuana varios años atrás, utilizando como materia prima acumuladores automotrices y pilas de todo tipo provenientes de EUA. Esta basura tóxica ingresó a México bajo un esquema de importación temporal y, por lo tanto, debió ser devuelta a su lugar de origen al cerrar sus operaciones dicha compañía.

Norte y sur

No es un secreto que durante varias décadas se ha acentuado la división de nuestro país en dos sectores: el norteño, más industrializado y tecnificado, y el sureño, generador de materias primas y mano de obra. Este proceso se aceleró con el Tratado de Libre Comercio y no da señales de detenerse. El único contrapeso del polo industrial norteño parece suministrarlo PEMEX, por obra y gracia de la naturaleza que colocó los principales yacimientos petroleros al sur del país.

Es de esperarse entonces durante un largo tiempo un flujo dominante de residuos tóxicos en el sentido norte-sur, con PEMEX sumándose al proceso con su patente descuido en el manejo de sus propios desechos.

Día Mundial de las Playas

Las playas de mi niñez en Los Tuxtlas me parecían muy limpias. En una de ellas, Montepío, bebíamos nadando el agua de los ríos que la surcaban rumbo a su desembocadura, provenientes de la selva circundante. Desde entonces no he vuelto a encontrar playas tan limpias como esa. Montepío se manchó primero con petróleo crudo a la deriva y se llenó después de gente y de basura. Todas las playas que conocí en Acapulco estaban contaminadas, y aun a varios kilómetros de la orilla el mar se hallaba poblado por una infinitud de popotes, tenis, sandalias, vasos y objetos de plástico no identificados que flotaban como medusas hasta una profundidad de varios metros.

Las playas de Kerala, sobre el Océano Índico, son muy amplias y prolongan su gloria amarilla muchos kilómetros. Sin embargo, hay que contemplarlas a la distancia correcta, pues el diario excremento de incontables personas, tanto locales como aves de paso, las vuelve verdaderos campos minados.

Playas y farallones

La interfaz entre el mar y la tierra firme se extiende varios cientos de miles de kilómetros, si incluimos islas de todos los tamaños en el conteo. Sólo una fracción de esta zona costera está compuesta de playas, pues el resto consiste en farallones, acantilados y extensiones planas de roca maciza o fragmentada de manera tosca.

Eludiendo definiciones técnicas, una playa será para nosotros cualquier porción de la interfaz tierra-agua compuesta predominantemente de material fino (de pocos milímetros de extensión individual). Los límites de una playa hacia adentro y hacia fuera de la masa líquida también son motivo de disputa semántica, así que consideraremos como playa a la porción que emerge del agua (ignorando fluctuaciones en su extensión por efecto de las mareas), y termina en las dunas o los humedales (pantanos) aledaños.

Las playas son frágiles. Su dotación de arena está a merced del oleaje y puede mermar apreciablemente y aun desaparecer por efecto de marejadas como las que generan los huracanes y los grandes terremotos. Muchas playas famosas del mundo son subsidiadas con arena proveniente de Hawái y otros sitios, que exportan arena periódicamente en grandes barcos. Las playas de Cancún, por ejemplo, sufrieron daños considerables durante la estación de huracanes de 2005 y perdieron cerca de un metro de espesor, que fue restituido parcialmente a un alto costo, despojando sin duda en el proceso a las playas vecinas.

Botellas al mar

Durante siglos, quizá milenios, los mares han transportado mensajes en botellas flotantes. Hoy acarrean basura. Hace algunos años un barco que trasladaba un flete de tenis zozobró en mitad del Pacífico y su carga flotante se dispersó en el mar, iniciándose así un experimento fortuito que arrojó información muy detallada sobre las corrientes marinas en el sector norteño del Océano Pacífico. Los tenis a la deriva tocaron tierra a lo largo de la costa occidental de América del Norte, permitiendo determinar con precisión su tiempo de viaje y relacionarlo con sus trayectorias aproximadas.

Mucho antes de la globalización económica ocurrió la de la basura. Por el oriente nos llegan en el viento millones de toneladas anuales de polvo del Sahara, aderezado con bacterias patógenas, mercurio y otras sustancias contaminantes. Por el occidente arriban tolvaneras del desierto de Gobi y aerosoles de los cinturones industriales chinos. Las playas entre Veracruz y Coatzacoalcos están tapizadas de artefactos de plástico, focos eléctricos, accesorios de automóvil, ropa, calzado y objetos exóticos provenientes de toda la cuenca del Caribe, y hurgando con atención quizá encontremos desperdicios provenientes de Sudamérica y de África.

Playas limpias

Hace veinte años una mujer perteneciente a una organización civil estadounidense llamada Conservación de los Océanos (The Ocean Conservancy, en inglés), paseando en Isla Padre (frente a la costa de Texas) se percató de la gran cantidad de basura que contaminaba sus playas. Se le ocurrió organizar una campaña de limpieza y reunió a 2800 voluntarios que recogieron más de 100 toneladas de basura en los casi 200 kilómetros de playas de la isla. Así nació un evento anual llamado Limpieza Costera Internacional (International Coastal Cleanup), que se convirtió con el tiempo en el Día Internacional de las Playas en muchos países de habla hispana.

La labor de limpieza se extendió el año siguiente a otras playas de EUA y en 1989 se internacionalizó con la participación de Canadá y México. Se eligió de manera oficial el tercer sábado de septiembre como día de limpieza y en la actualidad cientos de miles de voluntarios de más de 100 países participan ese día en la recolección de miles de toneladas de basura en decenas de miles de kilómetros de playas, cuencas lacustres y cauces de ríos en todo el mundo. Además de recolectar la basura playera cuantifican las fracciones de plástico, madera, metales, etcétera. que contiene y registran en la medida posible su origen. Los resultados de esta labor son enviados a las autoridades sanitarias pertinentes y a los fabricantes de plásticos y demás productos copiosamente representados en el gran basurero.

El valor de una playa

Las playas estimulan todos nuestros sentidos, con su música, su brisa, sus olores y sabores y el desfile de cuerpos hermosos en muchas de ellas. Son entonces poderosos

focos de atracción y esto lleva a muchas personas a cuantificar su valor exclusivamente en términos de la ganancia turística que generan.

Sin embargo, los paseantes que convergen en las playas más espectaculares del mundo son en su mayoría del tipo orgiástico, y tienen un impacto social negativo muy marcado en términos de prostitución, consumo de drogas y otros vicios, que se traducen en un costo moral, económico y social muy elevado para la población local. Desgraciadamente el balance económico simplista de la actividad turística se enfoca en la derrama de divisas e ignora el costo monetario del deterioro social y ecológico asociado con ella, el cual resulta a largo plazo mucho mayor que la ganancia inicial.

Ecoturismo

El turismo, o la actividad de viajar por placer, ha sido practicado desde siempre por los poderosos. Los romanos ricos se trasladaban a las playas de Baiae en busca de aventuras. Según la crónica de Marco Polo, cuando salía de cacería Kublai Khan, emperador de China, llevaba en piezas numeradas un castillo portátil de madera, que se armaba como un rompecabezas en el lugar que elegía como centro de su diversión. El tlatoani azteca, por su parte, viajaba a Cuernavaca a disfrutar del clima y las aguas termales.

La gente menuda viajaba con menos comodidad. La raíz de la palabra inglesa para viajar (*travel*) es la misma que la del vocablo para dar a luz (*travail*). En una antigua posada alemana, en funciones desde el siglo xv, se conserva un letrero en la puerta con una leyenda seguramente requerida por la autoridad de la época: "Prohibido acomodar más de cinco huéspedes por cama".

El Grand Tour

El turismo masivo fue una creación inglesa que empezó a gestarse en el siglo xix. Su antecedente fue el *Grand Tour* del continente, que se puso de moda en el siglo xviii entre los jóvenes nobles ingleses como complemento de su educación, usualmente bajo la tutela de un guía excepcional. Adam Smith, el creador de la ciencia económica moderna, fue tutor de los hijos de un encumbrado noble inglés durante un extenso recorrido por Europa que los llevó a los centros de cultura más importantes del continente. Edward Gibbon, el celebrado autor del libro *Decadencia y caída del Imperio Romano*, realizó también el *tour*, por instrucciones de su padre, quien lo envió a Suiza para curarse de un devaneo católico y retornar al carril protestante. La mayor parte de la élite intelectual inglesa del siglo xviii llevó a cabo el *Grand Tour*, atraída por las riquezas culturales y el clima de Italia, los centros de actividad artística y científica de Francia, los paisajes suizos, etcétera.

La naciente burguesía inglesa se aficionó pronto al *tour*, enfatizando placeres distintos del mero cultivo intelectual. Los sitios de clima cálido en Italia, las playas inglesas y continentales y los Alpes suizos se convirtieron en sus focos de atracción. En 1841 el inglés Thomas Cook organizó el primer *tour en paquete* de la historia, transportando a un nutrido grupo de personas en un tren alquilado hasta una población a unos cuarenta kilómetros de distancia. La agencia de viajes Thomas Cook persiste hasta nuestros días, con sucursales en todo el mundo.

El turismo internacional masivo comenzó hace cerca de medio siglo, con el abaratamiento de las tarifas aéreas. A partir de entonces esta actividad se convirtió en una industria mundial y en una importante fuente de divisas para muchos países.

Ecoturismo

Los lugares exóticos les han resultado atractivos desde siempre a un sector de la población. Hace unos veinticinco años la industria turística comenzó a incrementar su oferta de viajes a sitios como la Amazonia, los parques nacionales africanos, los montes Himalayas, las islas polinesias y sitios similares. Los turistas jóvenes de Europa y Norteamérica se volvieron cada vez más aficionados a esos lugares y su impacto ecológico se tornó preocupante. Nació así el ecoturismo y la industria asociada con él se convirtió en un factor económico fundamental en países como Costa Rica, Kenya, Ecuador, Nepal y Madagascar.

En la actualidad la cima del Everest es un basurero. Los leones no pueden comerse una presa en los parques de Kenya sin la cámara de un turista motorizado a cinco metros de distancia, o menos. Las botellas de plástico son una vista común en las rancherías del Amazonas y en el Salto del Ángel, en Venezuela. Más de 5 millones anuales de ecoturistas dejan su huella.

Turismo sostenible

En los años ochenta del siglo pasado el ecoturismo se sumó a una tendencia de la población urbana en los países ricos, a escapar de las ciudades durante el fin de semana. Resultó una simbiosis entre estas dos estrategias de diversión, con su corolario de artefactos como los vehículos todo terreno y fantasías semejantes, que disipan su potencial en autopistas de lujo y embotellamientos. En la práctica el ecoturismo se convirtió en una nueva herramienta de mercadotecnia, y se tradujo en la mayoría de los casos en la aparición súbita e inexplicable de hoteles lujosos en sitios prístinos.

Hacia 1990, el ecoturismo comenzó a percibir el efecto moderador (aún incipiente) de otra tendencia, la del turismo sostenible. Este concepto evolucionó como una reacción ante el impacto ecológico y social del turismo tradicional en sus varias facetas, y adquirió una identidad en 1992, en la famosa Cumbre de Río sobre desarrollo sostenible. Diez años más tarde la ONU declaró a 2002 como Año Internacional del Ecoturismo, y uno de los resultados de este evento fue el refinamiento de la definición y la práctica del turismo sostenible.

En su versión contemporánea, el turismo sostenible aglutina los aspectos físicos, biológicos y sociales del ecosistema en los lineamientos siguientes:

- Preservación del balance ecológico.
- Respeto a los derechos humanos.
- Participación y control político de la actividad por las comunidades hospederas.
- Incremento de la percepción económica de las poblaciones locales, reduciendo la salida del capital generado.
- Condiciones de trabajo justas y humanitarias para las personas empleadas en la actividad.

Certificación

Por supuesto las prácticas de los grandes consorcios que dominan la industria turística mundial resultan opuestas a los lineamientos anteriores. Un procedimiento diseñado para remediar o, al menos paliar esta anomalía, es la certificación de aquellos proyectos ecoturísticos que cumplan un mínimo de normas cercanas al canon del turismo sostenible. El beneficio que obtienen los sitios turísticos que se sujetan a ellas consiste en el derecho a utilizar un logotipo que, en principio, los vuelve más atractivos para muchos ecoturistas potenciales.

Existen organizaciones en Europa, Australia, Costa Rica, Letonia y algunos otros países, dedicadas a la certificación de unidades turísticas. Desgraciadamente, las condiciones y los procedimientos que utilizan no son uniformes y esto disminuye su impacto. Sin embargo, en la actualidad se acreditan desde universidades y escuelas de *ballet* hasta campos de golf. La certificación con un criterio de sostenibilidad se vislumbra entonces como una vía eficaz en el proceso de controlar la degradación ecológica asociada con el turismo.

Ecoturismo mexicano

El ecoturismo arribó tarde a México, cuando sitios promisorios en este sentido, como el Cañón del Sumidero y la Barranca del Cobre, se habían tornado parcialmente en basureros; cuando los ríos mayores se habían contaminado con petróleo y cosas peores, y las selvas y las playas del sureste del país se hallaban ya en el abrazo mortal de la industria petrolera y de los monopolios turísticos mundiales.

Los sitios de ecoturismo existentes son en general menos brutales para el ecosistema que aquellos ajenos al prefijo eco en su propaganda. Sin embargo, la diferencia entre los buenos y los malos en este caso no es muy grande, y los organismos oficiales de control y protección del ambiente parecen galopar delante de ellos en la carrera al desastre.

Las propuestas ecoturísticas en proyectos como la Riviera Maya se antojan tan distantes del canon de turismo sostenible, que resulta incomprensible que hayan encontrado apoyo en algunos ecólogos del Mayab. La frontera siguiente, quizá la última del país en el proceso de depredación ecológica, es el Mar de Cortés, donde se anunció al inicio del sexenio pasado el desarrollo de un megaproyecto turístico que incluye la creación de catorce nuevos puertos y muchas cosas más, para atraer a millones de visitantes al "acuario del mundo". Tras el desfile de anomalías de siempre, como la aprobación al vapor de manifestaciones de impacto ambiental y demás arpegios en el repertorio de la impunidad, el plan continúa sin realizarse. Tal parece que, más allá de las leyes y los milagros, nuestra última trinchera de defensa ecológica la suministra la ineptitud burocrática.

Por supuesto persisten en todos lados los amagos y tropelías del ecoturismo mercantil privado, a través de proyectos en zonas atractivas como Huatulco y la costa de Baja California.

Ecoturismo veracruzano

La actividad de ecoturismo más conspicua en Veracruz es el recorrido en balsas inflables (*rafting*) de los ríos que fluyen por las cañadas que bajan del Cofre de Perote y la sierra circundante hacia el mar. He contemplado esos grupos con cierta frecuencia, y su ritual es invariable. Llegan a la cañada elegida encapsulados en un vehículo con placas de Puebla o del Distrito Federal, inflan y cargan sus balsas, bajan con la corriente, se pierden a la distancia y alcanzan eventualmente la región costera, donde espera el mismo vehículo que los trajo y los retorna encapsulados a su lugar de origen.

El código de turismo sostenible es contradicho prácticamente en cada eslabón de este proceso. La población local es ignorada en todos los sentidos, incluyendo por supuesto el reparto de utilidades; el ecosistema es utilizado sin reinvertir en él un céntimo de las ganancias generadas.

Nomenclatura

En cierta ocasión que esperaba un taxi en Morelia elegí uno por su etiqueta prominente de "taxi ecológico". Sobre la marcha le pregunté al conductor en qué sentido era ecológico su vehículo, y me respondió con sonrisa maliciosa que era así "por la franja verde pintada en el costado". Sin preguntárselo yo, añadió que era sólo una instrucción de la gente de relaciones públicas en su sitio de taxis. Ponderando que un artilugio mercantil tan primitivo hubiera funcionado a la perfección conmigo, decidí a partir de entonces ignorar todo objeto u oferta con el adjetivo "ecológico" en su etiqueta.

Otro adjetivo de la misma calaña es "extremo": actividad extrema, deporte extremo. El léxico prosigue con frases como "alto rendimiento" y "todo terreno". Cada fórmula verbal afortunada parece transmutarse en un *modus vivendi*. El asunto se vuelve trágico al considerar que toda esta nomenclatura se materializa eventualmente en vehículos con motores y llantas monstruosas, motocicletas supersónicas y juguetes semejantes, complementados con cabañas equipadas con *jacuzzi* e Internet para los conductores de tales portentos. Kublai Khan los habría reprobado. Él al menos desmontaba su castillo al final de cada excursión de cacería.

Sordos y ciegos

En *Los Viajes de Gulliver*, la enigmática historia de Jonathan Swift (1667-1745), el protagonista visita por accidente a Lilliput, un país donde todos los habitantes eran diminutos (de unos quince centímetros de altura), donde él resultaba ser un gigante; posteriormente va a dar a Brodignac, donde las relaciones se invierten y él se halla convertido en un ente diminuto rodeado por seres enormes. En Lilliput es como el clásico toro en la tienda de porcelana y debe estar siempre alerta para preservar el mundo que le rodea, mientras que en Brodignac el riesgo permanente consiste en ser aplastado en cada paso de los pobladores.

Un método utilizado para ayudar a los padres novicios a comprender las necesidades de sus hijos consiste en llevarlos a vivir durante cortos periodos en casas especiales donde los escalones, mesas, sillas, camas, lavabos, tinas y tazas de baño, utensilios de cocina, etcétera, son dos o tres veces más grandes y pesados o se hallan al doble de la altura que sus contrapartes ordinarias. La experiencia es reveladora para los aprendices, pues los alerta tanto sobre las necesidades especiales de sus hijos, como sobre los peligros a los que se ven expuestos en su hábitat natural.

Oídos sordos

La famosa escritora y humanista Hellen Keller (1880-1968), quien se volvió ciega y sorda en su infancia temprana a consecuencia de una enfermedad, consideraba a la sordera como una deficiencia aún mayor que la ceguera. Esto resulta sorprendente al reflexionar que, por mucho, la mayoría de la información sobre nuestro entorno la obtenemos a través de la vista. Sin embargo, en opinión de Hellen Keller la sordera genera un aislamiento mayor que el derivado de la ceguera.

Socialmente es mejor aceptado un ciego que un sordo, quizá porque su deficiencia física resulta obvia. Un sordo, por el contrario, parece tan normal en relación con el resto de la gente que los demás no le conceden el beneficio de la duda cuando intentan comunicarse con él, y se frustran con facilidad al no hallar la respuesta esperada. Por supuesto muchas personas sordas de nacimiento o desde muy pequeñas son también mudas —aunque pueden emitir sonidos azarosos—, pues se vieron impedidas de aprender a decir palabras por imitación. Su mudez puede remediarse a través de un arduo programa de educación especial.

La contribución del oído a la supervivencia cotidiana es muy grande, pues permite obtener información de todo el espacio circundante, mientras que los ojos sólo perciben lo que ocurre en un hemisferio, forzándonos a girar la cabeza para

registrar lo que sucede a los lados y detrás de nosotros. Si a esto le sumamos que los oídos están siempre alertas (pues no hay que enfocarlos para escuchar), no es motivo de sorpresa que un buen número de escapes en situaciones de peligro, como los generados por vehículos en marcha y objetos que se mueven en nuestra dirección o caen sobre nosotros, se los debamos en primera instancia a los oídos.

Ciudad de sordos

En la región de las praderas de EUA está en su etapa inicial de desarrollo un proyecto para crear una ciudad de sordos, que albergará personas parcial o totalmente sordas, junto con quienes deseen compartir su vida con ellos. El lenguaje oficial en el hogar, las escuelas y los comercios será el de señas manuales; su arquitectura proveerá amplios espacios libres de obstáculos para que los habitantes puedan tener contacto visual con los anuncios y objetos que los rodean; las ambulancias y las patrullas de vigilancia tendrán un número mayor que el usual de luces de alerta; habrá un servicio permanente de intérpretes, quienes desde una central telefónica traducirán sobre la marcha las llamadas al lenguaje por señas, enviándolas simultáneamente a los interesados a través de un servicio de televisión o Internet.

El proyecto se halla aún en su fase inicial de desarrollo y fue diseñado por personas sordas que buscan erradicar su percepción de ser anomalías sociales, construyendo un ambiente con profesores, comerciantes, policías, carteros y políticos sordos (esto último no será quizá una gran novedad).

Antecedentes

A inicios del siglo XIX, una asociación de sordos intentó fundar en EUA, la flamante nación que emergía de su guerra de independencia, un estado “de los sordos, por los sordos y para los sordos”, si podemos parafrasear a Lincoln con licencia excesiva.

Las raíces de su proyecto se remontan a la isla Martha's Vineyard (Viñedo de Martha) en el estado de Massachusetts, donde un siglo antes se habían asentado inmigrantes originarios de una región de Inglaterra con una alta incidencia de sordera entre su población. Su relativo aislamiento genético en la isla originó una población con un índice de sordera casi cien veces mayor que en el resto de EUA.

Para resolver sus problemas de comunicación los habitantes refinaron un lenguaje de señas manuales creado por sus ancestros ingleses, utilizado tanto por los sordos como por los que no padecían esa deficiencia, algo de esperarse dado el número elevado de matrimonios donde sólo uno de los cónyuges no era sordo.

Lenguajes por señas

La expresión “lenguaje por señas” es etimológicamente contradictoria, pues se utilizan señas precisamente para no usar la lengua. Históricamente estos lenguajes cobraron

auge en Europa a partir de la emergencia en el siglo XVIII del lenguaje por señas francés. Sin embargo, un siglo más tarde tuvo su apogeo una corriente de educación especial que enfatizaba la adquisición de habilidad verbal y juzgaba a los lenguajes por señas como una alternativa rival, que los llamados verbalistas desplazaron eventualmente de los programas de educación europeos. Este disparate histórico fue revertido más adelante y en la actualidad se usan ambas alternativas en la educación de personas con deficiencias auditivas.

El lenguaje por señas desarrollado en Martha's Vineyard fue utilizado de manera continua y efectiva durante dos siglos y medio, hasta que el influjo de nuevos pobladores y la emigración de muchos de los antiguos habitantes volvió menos necesario su aprendizaje y condujo a su abandono. Sin embargo, este lenguaje autóctono contribuyó de manera importante al lenguaje por señas hoy vigente en EUA y utilizado por una población cercana a un millón de habitantes, lo cual lo coloca en el tercer lugar de ese país, detrás del inglés y el español.

A partir del siglo XIX se desarrollaron lenguajes por señas en muchos países. Existe un lenguaje por señas mexicano con cerca de cien mil usuarios, concentrados en el Distrito Federal, Guadalajara, Monterrey y otras grandes ciudades. Hay además un lenguaje por señas yucateco, desarrollado por una red de comunidades indígenas cuyos habitantes se comunican en maya.

Ecología amigable

Lo que hicieron los habitantes de Martha's Vineyard fue remediar una deficiencia que menguaba su efectividad en la lucha por la existencia, a través de un sistema alternativo de comunicación. Esto contrasta con la estrategia habitual de modificar aspectos físicos del ambiente (talando árboles, construyendo acueductos, matando serpientes), para incrementar nuestra probabilidad de supervivencia, al menos a corto plazo.

Desde esta perspectiva ecológica lo que intentan hacer en la ciudad de sordos mencionada antes se enmarca dentro de la estrategia tradicional de mejorar el entorno, haciéndolo más amigable física y socialmente. La relevancia de esta tarea resalta al considerar que la diáspora de la población de Martha's Vineyard coincidió con su transformación en un emporio turístico; los turistas eran impacientes con sus servidores sordos, quienes perdieron eventualmente sus empleos como consecuencia de ello.

En Canadá, EUA y otros países desarrollados, las pantallas de televisión incluyen un pequeño recuadro cuando transmiten noticieros, de manera que las personas con discapacidad auditiva puedan recibir el mensaje, traducido por un asistente al lenguaje por señas. En México la misma práctica ha sido adoptada

por diversos programas televisivos de noticias en dos o tres ocasiones durante los pasados quince años, y se le ha abandonado en cada caso después de cierto tiempo, sin motivo aparente.

Minusválidos

Los lenguajes por señas no necesariamente son un premio de segunda. En los viejos tiempos los niños sordos podían comunicarse por señas a espaldas de sus maestros. Cuando alcanzaban la edad de buscar una pareja revelaban discretamente sus amores por medio de señas, en plena misa. Como granjeros adultos, enviaban mensajes en los campos de labranza, con un rango de alcance mayor que el de la voz. Y en todas las fases de su vida, cuando los vencía la timidez, intercalaban señas en las secciones más subidas de tono de sus chistes verbales.

Uno de mis compañeros de estudios, a quien llamaré simplemente "Kent", era ciego de nacimiento. A pesar de ello completó un doctorado en astronomía, que es una ciencia basada en la observación del firmamento. Esto provocaba estupor entre quienes acababan de conocerlo, y él disipaba su perplejidad aclarando con una sonrisa que se dedicaba al sector infrarrojo de las radiaciones cósmicas, que son por supuesto invisibles también para las personas sin ninguna discapacidad visual.

Kent era extremadamente bien parecido y su ceguera parecía potenciar sin límite su atractivo entre las astrónomas, al grado de que hacia el final de nuestros estudios, cuando empezamos a asistir a congresos científicos, cada evento suyo se convertía en una fatigosa aventura, de la que se reponía sólo después de unos tres días de completo reposo.

Si mi amigo Kent hubiera vivido en casi cualquier otro siglo su talento multifacético seguramente no habría podido desarrollarse. Sus libros escritos en braille, enormes y costosos, los recibía del gobierno sin pagar un centavo. En los casos en que no existía una versión en braille del tema bajo estudio, podía contratar con fondos públicos un ayudante calificado para que leyera para él en voz alta. En nuestros días las computadoras habrían hecho su vida aún más cómoda, con programas de reconocimiento de voz, aditamentos de realidad virtual y otros artefactos para incrementar el rango de percepción de los sentidos.

Actualmente los países nórdicos incluyen en las aceras y en los autobuses rampas diseñadas para transeúntes en silla de ruedas. Existen programas de educación especial e instalaciones apropiadas en las bibliotecas para que personas con discapacidades diversas puedan cultivar su intelecto. Los parques cuentan con espacios y sistemas de seguridad apropiados y se organizan olimpiadas y eventos del género para contribuir a su desarrollo físico.

Desgraciadamente la calidad y la intensidad de este esfuerzo social decaen rápidamente al moverse hacia el sur (con la excepción de países como Australia y

posiblemente Chile y Argentina); en México muchas de estas manifestaciones de filantropía naufragan en un océano de demagogia.

Nunca será excesivo el altruismo mostrado a los discapacitados, obligados a confrontar el filtro de Darwin desde una posición desventajosa. Y para colmo, en sociedades como la nuestra, la anemia del producto interno bruto se esgrime como razón suficiente para ignorar sus cuitas. Al desdeñar al sector discapacitado de la población cometemos un pecado que habremos de pagar en vida, pues la senectud aguarda al final del camino y en tales estrechos todos seremos minusválidos.

Ecología del dolor

El castigo divino para Adán y Eva por haber comido la fruta prohibida fue una sobredosis de sufrimiento, para ellos y para sus descendientes. Eva fue condenada a parir con dolor y desde entonces ambos tuvieron que ganarse el pan con el sudor de su frente.

Dolor sin fin

Una de las definiciones de la maldad es: "causar voluntariamente dolor innecesario". La historia muestra que el ingrediente de maldad en este sentido ha sido casi infinito en nuestra especie. La tortura ha tenido una presencia permanente en la vida humana y sigue siendo hasta nuestros días la herramienta de control individual y social más efectiva. La diferencia fundamental entre tiranía y tolerancia es la cantidad y el nivel de dolor considerado indispensable en cada uno de estos modos de organización para mantener el dominio sobre la sociedad.

El dolor puede provenir también de las relaciones cotidianas entre la gente común. Las épocas doradas de la historia han ocurrido cuando un grupo humano logra orquestar las interacciones de sus miembros de modo que se lubrican sus mecanismos sociales, minimizando el dolor involucrado en sus interacciones. Sucedió así en la Atenas de Pericles, en la Roma de Augusto y en los diversos periodos felices de la historia china intercalados entre las "edades de confusión" que mencionaba Confucio, cuando la anarquía acarrearba sufrimiento sin límite sobre la población.

La decadencia de un grupo social puede reconocerse cuando el "ruido de fondo" del dolor colectivo comienza a elevarse sin freno. Buena parte de éste proviene de interacciones mal llevadas entre los individuos, y si a lo anterior le llamamos "enfermedad social" resulta obvio que México se ha enfermado aceleradamente durante el pasado cuarto de siglo, a juzgar por la frecuencia, el desdén y la crueldad con que sus habitantes se explotan unos a otros, se secuestran y se matan, en comparación con lo que sucedía un par de décadas atrás.

Dolor medieval

Existe en la pequeña y antigua ciudad alemana de Rotenburgo un museo que exhibe instrumentos medievales de tortura, todos ellos auténticos y con una larga historia de uso. Se trata en el fondo de un recorrido por los pasillos semi secretos de la perversión colectiva, capaz de diseñar y construir tales herramientas para magnificar el dolor. La Torre de Londres y diversas prisiones de la Inquisición ofrecen otra amplia gama de artefactos para generar sufrimiento.

Tras contemplar las sillas y armaduras de clavos, las prensas para los dedos, los tobillos y la cabeza; los erizos rectales para castigar la homosexualidad, las ruedas para quebrar huesos, los tensores para desbaratar esqueletos, y un largo etcétera, uno concluye que algo muy profundo enfermó a toda Europa durante siglos, llevándola a concebir tales herramientas del infierno.

Y por supuesto Europa no está sola en esta página negra de la historia. Los extremos de sufrimiento que se logran en las guerras modernas de todos los continentes muestran que la búsqueda del dolor ajeno persiste sin mengua aparente, aun en estos tiempos en los que las cámaras fotográficas y de video, la Internet y los satélites parecen haber nulificado el espacio disponible para esconderse.

Hostilidad ambiental

En realidad no se requiere la inventiva humana para generar dolor. Lejos de suministrar alfombras y almohadones, nuestro ambiente está sembrado de rocas filosas, espinas, garras, colmillos y agujones, por no mencionar a las bacterias, hongos y virus patógenos que vuelven tan difícil hablar de la magnanimidad divina.

La hostilidad ambiental nos obliga a forrar nuestros pies con telas y plásticos y pieles, a abrigar nuestro cuerpo, a enmascarnos en ambientes hospitalarios, industriales y de guerra. Los trajes de astronauta son tan sólo extrapolaciones del atuendo indispensable en las altas cimas, los polos y otros rincones adversos del planeta.

Por supuesto, la madre tierra nos ofrece también lagos límpidos con alfombras húmedas de musgo y zenzontles en los bosques circundantes, escenarios donde más de un poeta y más de una pareja de amantes le han dado rienda suelta a su creatividad. El amanecer y el crepúsculo nos suministran diariamente su espectáculo de luz con música de grillos y siluetas de garzas. Con todo, la balanza del mundo se inclina sin duda alguna hacia el lado del dolor.

Remedios ambientales

Según los profetas de muchas religiones “donde Dios creó el mal suministró también la medicina”.

En su búsqueda de alivio, o al menos de olvido temporal, desde muy temprano en su evolución el hombre descubrió los misterios del alcohol, un producto de la fermentación de azúcares en todas las latitudes y en todos los climas.

Más adelante refinó su repertorio con derivados de plantas como la amapola y la coca, que se han utilizado durante milenios en diversas culturas para aliviar o mitigar el dolor. A inicios del siglo XIX se inició en Europa la búsqueda sistemática de analgésicos (sustancias que eliminan o atenúan el dolor), para ser empleados en procedimientos de anestesia asociados con la cirugía (la analgesia es sólo un

ingrediente de la anestesia, que busca además mantener los diversos parámetros y ritmos fisiológicos del cuerpo dentro de límites tolerables durante el proceso quirúrgico, minimizando en el proceso el daño colateral).

Por un lado se experimentó con bióxido de carbono y óxido nitroso (llamado gas de la risa) y otros gases como anestésicos. Esta labor condujo en 1848 al descubrimiento del cloroformo, que se usó durante más de un siglo como anestésico. Una muestra de la contundencia del castigo divino contra Eva fue que, al conseguirse ese mismo año en Edimburgo el primer parto sin dolor utilizando cloroformo, la madre le puso por nombre Anestesia (no Anastasia) a su hija recién nacida. Diez años más tarde uno de los dos médicos que habían colaborado en ese primer parto feliz repitió la hazaña con la reina Victoria de Inglaterra en el nacimiento de una de sus hijas, y la soberana le otorgó en agradecimiento un título de nobleza.

Otra línea de investigación consistió en identificar y concentrar el elemento activo en los analgésicos tradicionales como el opio y la coca, obteniéndose eventualmente la morfina y la cocaína, que deben suministrarse con cuidado por los problemas de adicción que pueden generar. La morfina recibió su nombre de Morfeo, dios griego del sueño, y se utiliza actualmente en el tratamiento de dolores severos provenientes de quemaduras, tumores cancerosos y otras enfermedades. La cocaína fue sustituida gradualmente por compuestos químicamente similares, como la xilocaína, la novocaína y otros medicamentos cuyos nombres tienen la misma terminación.

También el curare, usado para envenenar puntas de flechas por tribus sudamericanas que lo extraían de la corteza de una planta, ha sido fuente de diversos compuestos utilizados como relajantes musculares en ciertos anestésicos.

La búsqueda de analgésicos en el entorno ha conducido a sitios y agentes inesperados. Un medicamento elaborado a partir del veneno de un alacrán endémico en Cuba ha mostrado resultados alentadores en el control del dolor asociado con diversos tipos de cáncer. Un cacto común en Marruecos suministra una sustancia relacionada con la capsicina, el compuesto que le otorga picor a los chiles, pero tanto más poderosa que ésta, que un investigador que se atrevió a probarla sintió "un fuego que le perforaba la lengua". Lo que vuelve especial a la sustancia del cacto es su especificidad, pues mata las terminales nerviosas que detectan dolor del tipo que producen las quemaduras, que es el dolor asociado con algunas variedades de cáncer. En tratamientos experimentales se le inyecta directamente en la médula espinal de animales con tumores que producen esa clase de dolor, logrando eliminarlo con ello.

Dolor vs. voluntad

En una de sus películas, Superman se percató de que había perdido sus poderes porque sintió frío y resintió además los golpes de un valentón. A partir de ese punto su preocupación central fue retornar al paraíso de la ausencia del dolor y el miedo.

Baldur, el más hermoso y sabio de los dioses vikingos, también cumplió su cita con el dolor y la vulnerabilidad. Recién nacido su madre lo bañó en la sangre de un dragón para conferirle inmortalidad y liberarlo del dolor, pero una hoja que caía de un árbol se adhirió al talón del niño y volvió imperfecta su inmunidad. Su madre pactó además con todos los metales, objetos filosos, cuerpos duros y venenos para que no lastimaran a su hijo. A pesar de todo, por la traición de un dios envidioso Baldur fue herido precisamente en el talón por su propio hermano y murió, con lo que desencadenó la profecía del Ragnarok, la batalla final entre el bien y el mal que conducirá a la destrucción de mortales y dioses y a la disolución del cosmos en un torbellino de fuego.

Sin embargo, el dolor es una señal de alarma indispensable para la supervivencia. Existen personas físicamente insensibles debido a una deficiencia neurológica y usualmente tienen una corta vida. Se destrozan las rodillas empujándolas más allá de su umbral de tolerancia mecánica, se destruyen la boca a mordidas, se causan graves heridas con utensilios de labranza y de cocina, acelerando su muerte.

Con todo, el dolor no es omnipotente. Los flagelantes medievales se producían voluntariamente un daño físico terrible en su intento de llamar la atención de su dios, sin proferir un lamento. Algunos amantes pueden también causarse mutuamente gran daño físico en busca de niveles más altos de placer erótico, sin emitir una queja en el proceso. Conozco de cerca el caso de una persona que en una ceremonia esotérica se hincó sobre unas brasas en completo silencio, hasta consumir sus piernas, que tuvieron que ser amputadas a partir de la rodilla. Mi conclusión es que, a pesar de su poder inmenso, el dolor no es irresistible, pues bajo condiciones extremas puede ser negado por la voluntad. En este sentido al menos, el castigo bíblico propinado a la sombra del árbol del bien y del mal tampoco es omnipotente.

Medicina y ecología

Todo parece indicar que a Molière no le agradaban los médicos. Varias de sus obras teatrales incluyen como protagonistas a doctores fraudulentos y el proceso llega a su clímax en la comedia *El enfermo imaginario*. Argano, el personaje central, es un hipocondríaco atrapado entre médicos inescrupulosos que lo explotan y una esposa desleal que busca en el fondo su muerte para heredar su fortuna. Tras muchas peripecias y por obra de su hija y un sirviente, logra romper al fin el círculo vicioso de los que se habían confabulado para destruirlo.

No todas las enfermedades son imaginarias; el carácter objetivo de muchas dolencias y sus remedios proviene en última instancia del entorno, a través del mecanismo darwiniano de selección natural.

Salud y enfermedad

La medicina consiste en un conjunto de procedimientos para restaurar la *salud* de alguien víctima de una *enfermedad*. Sin embargo, la definición de estos dos conceptos fundamentales es problemática.

Por ejemplo, la Organización Mundial de la Salud define a la salud como “un estado de completo bienestar físico, mental y social, más que la mera ausencia de enfermedad”. Por otro lado, según un famoso diccionario médico, enfermedad es “una condición patológica de una parte, un órgano o un sistema de un organismo, que resulta de varias causas, tales como infección, defecto genético, o estrés ambiental, y que se caracteriza por un grupo identificable de signos y síntomas”.

El carácter circular de estas definiciones es evidente y no vale la pena enfatizarlo con un análisis detallado. En nuestro argumento basta considerar enferma a una persona que percibe que “algo anda mal” consigo misma, o que muestra anomalías en sus indicadores fisiológicos (temperatura, composición química de la sangre, estructura del electroencefalograma, etcétera), si se le somete a un examen.

Enfermedad y ambiente

Según los textos médicos más antiguos, los cuales datan de hace unos cinco mil años y provienen de Egipto, China e India, muchas enfermedades son causadas por el ambiente, representado por astros, dioses y demonios, actuando ya sea por iniciativa propia o conjurados a través de artes mágicas por enemigos de la persona enferma. La defensa recomendada consistía en contrarrestar magia con magia, invocando a los astros y dioses aliados del paciente.

Sin embargo, dichos escritos contienen también reseñas detalladas de los síndromes de algunas enfermedades, e incluyen la descripción de procedimientos quirúrgicos y del uso medicinal de plantas y minerales.

La medicina hindú entendía la salud en términos de armonía entre el cuerpo, la mente y el espíritu del individuo. La medicina china, en contraste, identificaba la salud con el grado de consonancia entre el flujo (tao) o evolución individual, y el flujo general de las cosas (tao universal). En este sentido la medicina china involucra explícitamente al ambiente en su definición de salud y enfermedad.

La medicina griega definía la salud como un balance entre los diversos humores del cuerpo (humor flemático, sanguíneo, de bilis negra y de bilis amarilla), y asociaba a la enfermedad con la ausencia de tal condición de equilibrio. La preservación y la restauración del balance se lograba usualmente a través de una dieta adecuada y hábitos pertinentes de higiene. En este caso la contribución del ambiente se limitaba a suministrar los ingredientes de la dieta y a proveer un depósito de los desechos del individuo y la comunidad.

La Biblia incluye diversas instrucciones de higiene, como aislar a los enfermos, lavarse y bañarse después de manipular un cadáver, y enterrar el excremento fuera de los espacios habitados y los campamentos de guerra —bajo el argumento de que Dios los recorría caminando y le resultaban ofensivos tanto el espectáculo como el olor—. La eliminación de los desechos humanos era una tarea importante de salud pública en Roma.

Más explícita en cuanto a la relación entre salud y ambiente que establece, resulta la teoría medieval de miasmas como causa de enfermedades. Tales miasmas son emanaciones vaporosas y fétidas de la materia orgánica en descomposición (miasmata), y vienen cargadas de partículas capaces de causar enfermedades.

La idea de miasmas guarda relación con la del aire nocturno, portador también de emanaciones dañinas según creencias vigentes durante siglos a partir de la Edad Media europea. La protección consistía en aislarse del aire externo por las noches cerrando apropiadamente las puertas y ventanas.

Las hipótesis médicas sobre miasmas y aires nocturnos fueron abandonadas a mediados del siglo XIX, al adoptarse la propuesta del origen microbiano de las enfermedades. Sin embargo, dichas ideas tuvieron efectos positivos en cuestiones de salud pública. Por ejemplo Florence Nightingale, famosa por haber transmutado los hospitales de guerra de campos fétidos e infecciosos en lugares limpios y ventilados, no aceptaba la teoría microbiana de las enfermedades. Su empresa higiénica fue resultado de su intento de erradicar las miasmas y miasmata en los hospitales.

Vacunas

La amenaza mundial de gripe aviar es sólo el recordatorio más reciente de que el contacto con animales ha sido desde siempre una fuente potencial de enfermedades.

La peste negra, dependiente para su propagación de ratas infestadas con pulgas portadoras de un microbio patógeno, es quizá el ejemplo histórico más famoso de este peligroso mecanismo.

Mil años antes de nuestra era los chinos protegían a los niños durante y después de una epidemia de viruela inoculándolos en una escoriación del brazo con pus proveniente de los granos de un enfermo. Los adultos en busca de protección inhalaban además las escamas producidas alrededor de esas mismas pústulas.

A finales del siglo XVIII el médico y naturalista inglés Edward Jenner constató a través de sus pacientes la veracidad de un proverbio en el sentido de que las lecheras (las vacas eran ordeñadas principalmente por mujeres en su región), estaban a salvo en las epidemias de viruela. Relacionó esta observación con una leve enfermedad que adquirían las lecheras a través de su contacto con las vacas, caracterizada por pústulas semejantes a las de la viruela. Para poner a prueba sus ideas al respecto, inoculó en repetidas ocasiones a un niño con pus de los granos de las lecheras. Lo inoculó a continuación con fluidos de las lesiones de un paciente de viruela y el muchacho cayó enfermo, pero se repuso en pocos días tras una ligera crisis, sin mostrar daños permanentes por la enfermedad.

Este gran triunfo médico, basado en un conocimiento profundo del entorno ecológico (y en un experimento muy riesgoso para el niño), inauguró uno de los capítulos más fértiles de la ciencia médica, el del diseño y la elaboración de vacunas.

Antibióticos

Otro capítulo fundamental de la medicina moderna, el de los antibióticos, proviene de la observación de que el ambiente no tan sólo provee los gérmenes de muchas enfermedades, sino también los elementos para curarlas.

El primer caso descubierto de antagonismo entre microbios (hongos y bacterias en este caso) condujo eventualmente a la elaboración industrial de la penicilina. Según la versión que circula de la historia, Alexander Fleming descubrió por accidente, en 1928, que la presencia de un hongo del género *Penicillium* inhibía el crecimiento de las colonias de ciertas bacterias. Convencido por sus resultados experimentales posteriores de que el elemento activo segregado por el hongo, al cual llamó penicilina, era eliminado muy rápidamente por el cuerpo humano, limitando así su función bactericida, abandonó su trabajo de investigación sobre este tema en 1931. Diez años más tarde, durante la Segunda Guerra Mundial, Howard Florey y otros investigadores diseñaron penicilina con efecto terapéutico exitoso en humanos y consiguieron fabricarla en escala industrial, a tiempo para salvar cientos de miles —quizá millones— de vidas de soldados y civiles durante el resto de la guerra.

La historia real es más compleja. En 1894, a los 20 años de edad, Ernest Duchesne ingresó a la escuela militar de medicina en Lyon, Francia. Durante su

estancia en esa institución se percató de que los mozos árabes encargados de los establos en el hospital anexo mantenían las sillas de montar en sitios oscuros y húmedos. Al cuestionarlos sobre el asunto, le respondieron que eso favorecía el crecimiento de hongos en ellas, lo cual aceleraba la curación de las peladuras que sufrían los caballos en el lomo, por fricción de las mismas sillas.

Duchesne se interesó en el asunto e inoculó a un grupo de conejillos enfermos con una solución del hongo de las sillas. Todos los animales se restablecieron. Inició entonces una serie de experimentos meticulosos para clarificar el alcance del fenómeno.

Mostró primero que el hongo (del orden *Penicillium*) eliminaba completamente a la bacteria *Escherichia coli* en cultivos que contenían sólo estos dos tipos de organismo. Demostró a continuación que animales inoculados con dosis letales del microbio de la tifoidea se restablecían si se les inyectaba simultáneamente una solución del mismo hongo.

Basado en sus resultados escribió a los 23 años de edad una tesis en busca de su doctorado en medicina, a la que tituló, "Contribución al estudio de la competencia vital entre microorganismos: antagonismo entre los hongos y los microbios". Envío su tesis al Instituto Pasteur, la perla de Francia en el campo de la bacteriología, y ese ilustre centro de investigación no se molestó siquiera en acusar recibo del documento. Poco después concluyeron los estudios de Duchesne y sus obligaciones militares imposibilitaron la continuación de su investigación científica. Haber ignorado la tesis de Duchesne constituye para muchos la pifia científica más grave e incomprensible en toda la historia, de más de un siglo y medio, del Instituto Pasteur.

De hecho, el poder antibiótico de la penicilina fue redescubierto en 1923 durante una estancia de investigación en el mismo Instituto Pasteur, por Clodomiro Picado, un distinguido médico y científico costarricense, quien obtuvo su doctorado en La Sorbona en 1913. Su trabajo, publicado en 1927, demostró el poder bactericida de un hongo del género *Penicillium* sobre estafilococos y estreptococos. El doctor Picado prosiguió su carrera de investigación en Costa Rica, con resultados brillantes en zoología, botánica, bacteriología y toxicología, orientando su labor en este último campo hacia el diseño y la producción de sueros anti ofídicos.

Medicina ambiental

El ambiente resulta esencial como determinante de la salud y la enfermedad de los individuos y sus comunidades. Esta conclusión por supuesto no habría sorprendido a Darwin, dada su identificación del entorno como un filtro de supervivencia.

Existen personas que muestran una irritabilidad exagerada ante los estímulos ambientales cotidianos. Muchas de ellas son diagnosticadas como alérgicas, pero hay casos extremos en los que resulta paralizante la mortificación que les acarrea

los olores, sabores y contactos con sustancias y objetos. Tales personas terminan aislándose y tienen que vivir en casas especiales de madera, libres de pinturas y barnices. En ocasiones viven en aposentos de acero inoxidable, en semidesiertos de Texas y sitios semejantes. Para estos casos, en los que el enemigo a vencer es el ambiente mismo, existe una rama aún incipiente de la ciencia médica llamada medicina ambiental.

En contraste, existen también ambientes muy propicios para restablecer la salud en un amplio rango de patologías. En México ciertos lugares altos, secos y fríos como Tehuacán han sido apreciados durante siglos como sitios de remisión de enfermedades. Quizá por asociación, el letrero de bienvenida a otra ciudad poblana (Atlixco), la describe modestamente como la localidad con “el mejor clima del mundo”.

Según una admonición del Corán, “Dios no creó ninguna enfermedad sin crear también una cura”. Sólo añadiremos aquí que muchas de tales creaciones bipolares de Dios están enraizadas en el ambiente.

Vida eterna

Gerolamo Cardano (1501-1576) fue un médico, matemático, astrólogo, inventor y taurólogo del Renacimiento. Su apellido persiste en uno de sus inventos, el cardán, que consiste en una unión mecánica de cuatro puntas móviles que permite transmitir movimiento rotatorio de una varilla a otra en cualquier ángulo, como sucede en la flecha de transmisión de los automóviles. Una de sus hazañas fue escribir y publicar el horóscopo de Jesucristo, y publicarlo. Esto lo puso en manos de la Inquisición, pero sobrevivió a ese trance peligroso, con el increíble resultado de que a continuación el papa en turno contrató sus servicios como astrólogo.

Al final de una larga y azarosa vida, Cardano escribió su autobiografía, un documento extraordinario en el que sin mayor parsimonia desnuda muchos recovecos de su corazón. Al final de la obra hace un recuento y se congratula de haber arribado a ese punto con cierta riqueza acumulada y un nieto, con la estima de papas y emperadores y con catorce dientes en su boca.

Cualquiera tiempo pasado

Todo tiempo pasado no fue necesariamente mejor. En la época de Cardano la esperanza promedio de vida era ligeramente mayor de 30 años y las personas llegaban al final de su corta existencia muy deterioradas por infecciones y traumas mal atendidos. Una evidencia prominente de su decadencia era la pérdida gradual de los dientes, algo que empezó a cambiar hace apenas un siglo.

Las prácticas modernas de higiene bucal seguramente han ayudado. Por ejemplo, en mi niñez las personas de las rancharías blanqueaban sus dientes (para alguna ocasión especial) tallándolos con sus dedos cubiertos de ceniza, un abrasivo que seguramente dañaba el esmalte, permitiendo la penetración de las bacterias que producen caries dental. Otros enjuagaban su boca con agua de jabón. Hoy en día no son raros en el ámbito rural los cepillos de dientes y la pasta dental.

Sin embargo, el factor principal para conservar nuestra sonrisa es la medicina dental, desarrollada a partir del siglo pasado. Con una combinación de ortodoncia, endodoncia, tratamiento de cavidades con materiales cada vez más similares al hueso y al esmalte, cirugía reconstructiva y otros recursos, podemos sonreír sin angustia y comer manzanas y chicharrones hasta los ochenta años de edad, y más allá en algunos casos.

Reparación y reposición

El mecanismo para conservar una boca funcional combina la reparación de piezas dañadas con la reposición de aquellas que ya no pueden corregirse. Esta misma

estrategia se ha ensayado y refinado con otros órganos del cuerpo, como los ojos, el corazón y los riñones, consiguiendo con ello prolongar y enriquecer la vida de personas con graves deficiencias fisiológicas.

En los ojos las reparaciones van desde la prescripción de lentes hasta la corrección quirúrgica de la córnea y la retina. En el corazón se reparan las válvulas del órgano y se corrigen sus arritmias con marcapasos. En el caso de una deficiencia renal el procedimiento es muy doloroso y consiste en limpiar la sangre a través de una diálisis externa.

La reposición de los ojos es parcial y se reduce usualmente a trasplantes de córnea y de retina. La del corazón o de un riñón se logra a través de los trasplantes correspondientes, que resultan exitosos sobre todo cuando los donantes respectivos son orgánica y genéticamente cercanos a los receptores.

Sin embargo, el porcentaje de éxito aun en el caso de donantes y receptores genéticamente lejanos es suficientemente alto como para propiciar un comercio de órganos que de manera recurrente adquiere ribetes ilegales y macabros.

Células madre

El trasplante de órganos resultaría perfecto si dichos repuestos fueran genéticamente idénticos a los de los individuos receptores. Una manera de lograrlo es construyendo esos órganos a partir de células idénticas a las que generaron los órganos originales. Ejemplos de tales células madre son por definición el óvulo fecundado (que genera el organismo completo), y las células producidas en sus primeras duplicaciones celulares, al inicio de la génesis del embrión, pues de ellas provienen todos los órganos del cuerpo.

Las células de nuestro organismo están separadas de sus células madre por unas cuarenta generaciones de reproducción y especialización. Aunque genéticamente tienen en principio el mismo potencial que las primeras, en la práctica están tan especializadas que una neurona produce al duplicarse sólo neuronas, una célula del hígado produce células hepáticas, etcétera.

Un procedimiento para obtener células madre "a la medida" sería guardar para reparaciones futuras una porción de las producidas en el feto de cada persona, convirtiéndolas así en su más efectivo seguro de vida. A la fecha no existe la tecnología apropiada para lograrlo y se recurre a otros fetos para obtener las células madre que se utilizan en la investigación orientada a hacerlas producir los órganos deseados.

Frankenstein

Tras utilizar en este tipo de investigación células provenientes de las primeras divisiones celulares desde la fecundación de un óvulo, la génesis del embrión debe suspenderse, resultando así algo técnicamente cercano a un aborto, aunque el experimento haya ocurrido *in vitro* (o sea, fuera del cuerpo de una madre). Esto

provocó una fuerte reacción adversa de diversos grupos religiosos, al grado de que en la alta jerarquía católica se ha mencionado como medida de intimidación excomulgar en forma automática a quien se dedique a esas tareas.

Cuando se detiene el crecimiento del cuerpo las células de muchos de nuestros órganos dejan de dividirse. Sin embargo, algunas de ellas siguen haciéndolo, como las de la piel, las que producen los glóbulos rojos y el semen, etcétera. Una vía de investigación sobre células madre se ha orientado entonces a obtenerlas a partir de células que no han perdido la capacidad de dividirse.

A pesar de los esfuerzos de investigadores del área por alejarse de los fetos tempranos como fuente de células madre, este campo de investigación ha sido controversial desde el inicio. Para colmo, no ayudó en el proceso de volverlo aceptable que uno de los investigadores más connotados del campo, el Dr. Hwang Woo-Suk de Corea del Sur, haya caído recientemente en desgracia científica y judicial, por haber falseado muchos de sus resultados.

Sin embargo, es tan grande el potencial terapéutico de las células madre que seguramente la investigación sobre su comportamiento proseguirá a un paso acelerado, borrando en poco tiempo la sombra de episodios como el recién mencionado.

Clonación

Por supuesto el siguiente paso lógico en la tarea de reparación es copiar un organismo completo, lo que conduce a una renovación total y suministra en principio una vía a la inmortalidad. Esto es fácil de lograr en las plantas y se ha practicado desde siempre en la jardinería, propagándolas por medio de hojas y otras partes de su cuerpo ajenas a las semillas. La clonación a partir de células individuales es también una práctica común en la agricultura actual.

Hacer copias de animales placentarios es bastante más complejo, por la dificultad para reproducir en el laboratorio una placenta funcional. Sin embargo la clonación de perros, gatos y otras mascotas es un asunto comercial muy pródigo por los altos precios involucrados.

La clonación de seres humanos se halla aún lejana por razones químicas y éticas, pero conceptualmente no es muy distante de la de otros mamíferos, así que no resulta aventurado considerarla como un factor relevante en el futuro de nuestra especie, que tendrá que resolver sobre la marcha las dificultades éticas que genere el procedimiento. Por ejemplo, ¿cuál será la relación legal entre una persona y sus clones?, ¿qué conflictos de identidad resultarán?, ¿se podrá hablar en tales casos de paternidad o maternidad?

Inmortales

Grosso modo, el umbral último de edad estimado para los humanos reparados con alta ciencia y tecnología es de unos cinco mil años (contra apenas novecientos de

Matusalén). Sin embargo, una cosa es rejuvenecer el cuerpo y otra muy distinta es rejuvenecer la mente y preservar en buena medida la curiosidad y el desenfado de nuestros años mozos. Si no se atienden ambos aspectos simultáneamente se corre el peligro de crear una sociedad de zombies infinitamente aburridos.

Algo aún más doloroso es prolongar la vida reparando sólo algunas partes del cuerpo y dejando de lado aquellas que aún están fuera del horizonte de efectividad de la ciencia médica.

Hace cerca de veinte años la ciudad italiana de Trieste incluyó en su reglamento municipal disposiciones notablemente generosas con la gente de edad avanzada. Una consecuencia de esto fue que muchas personas de la llamada tercera edad convergieron en Trieste, provenientes del resto de Europa. Pronto más de la tercera parte de la población estaba por encima de los 60 años y demandaba asistencia especial para aliviar sus achaques. El sector que pagaba impuestos se redujo proporcionalmente y la ciudad confrontó una crisis financiera.

Destino manifiesto

Japón anunció hace poco que a partir de este año alberga la sociedad más avejentada del mundo, arrebatándole este dudoso honor a Italia. 20.1% de los japoneses tienen 65 o más años de edad, contra 19.5% en el caso de los italianos. Además, sólo 13.6% de la población tiene menos de 15 años de edad, lo que augura una base de pagadores de impuestos muy pequeña más allá del año 2015, cuando uno de cada cuatro japoneses tendrá 65 años o más.

El caso se complica al considerar que el recurso de importar mano de obra no tiene muchos adeptos en Japón, que mantiene actualmente un índice muy bajo de extranjeros en su sociedad (1.5%), con un tope proyectado de sólo 3%. Para colmo, el año pasado el número promedio de hijos por mujer fértil fue sólo 1.25, siendo 2.1 la cifra mínima requerida en la práctica para mantener una población estable.

Jorge Luis Borges escribió un cuento sobre una sociedad de inmortales, describiendo a sus individuos como seres libres de apuros y de curiosidad. Algunos se acostaban en la playa por siglos, cubriéndose de musgo y de nidos de aves; otros guardaban largos silencios; nadie parecía capaz de concebir un proyecto, y menos de emprenderlo.

Gerolamo Cardano fue más sensato; al mencionar en el balance de su vida a un nieto suyo como la continuación de su existencia, se aseguró su pasaporte al futuro.

Ecología de la cacería

Corre la historia en alguna ciudad mexicana sobre un obrero adicto a la cacería que obtuvo el premio mayor de 30 millones de pesos en un sorteo de la lotería. Con un ojo puesto en el futuro lejano no abandonó su empleo ni realizó cambios notables en su estilo de vida, excepto en un aspecto. Añadió a su lista de placeres excursiones periódicas de cacería a lugares exóticos. Una de sus aventuras recientes fue un viaje a Alaska, donde mató un oso polar. Según la historia en boga pagó el cazador siete mil dólares por el derecho a matar al oso, más cuatro mil dólares por los servicios de un taxidermista que preparó al animal para el retorno a México.

Sumando los gastos de transporte, comida, pago de guías y asuntos del género, el costo de su aventura fue cercano a veinte mil dólares, una cantidad que seguramente contrasta con el costo de su biblioteca personal.

Caza mayor

Las escenas de reyes antiguos incluyen una buena ración de episodios de cacería. De Sumeria a Babilonia a Persépolis pueden verse bajorrelieves de reyes cazando grandes fieras, entre las que destacan, por supuesto, los leones. En la India aparecen los grandes señores cazando tigres; los creadores del *Kama Sutra*, desde luego, no podían separar tales hazañas de la destreza erótica, y concibieron escenarios muy elaborados donde el héroe, a más de mantener a su amada en un estado nirvanesco de placer, se da tiempo y energía para cazar con arco a un gran ciervo en la campiña alemana al nicho de amor.

Luis XIV de Francia erigió su gran Palacio de Versalles alrededor de un pequeño castillo construido por su padre para alojarse durante sus excursiones de cacería por los bosques de la zona. La nobleza de Inglaterra convirtió a la caza del zorro en un ritual exclusivo de su clase social y en un escaparate de su superioridad sobre los *commons*.

Caza ritual

En muchos pueblos antiguos el ritual de pasaje a la edad adulta involucraba la realización por el candidato de una hazaña reglamentaria, la cual incluía una buena dosis de resistencia al miedo y al dolor. Con cierta frecuencia el aspirante debía enfrentarse solo a un animal peligroso, que en el caso africano podía ser un leopardo o un león. Probablemente por razones ecológicas (la velocidad de producción de muchachos era seguramente mayor que la de generación de leones adultos, o quizá la mortandad de candidatos resultaba demasiado alta), hacia los inicios del siglo pasado en ciertos

lugares de África se juntaban todos los muchachos de la misma “camada” para confrontar y sacrificar a lanzadas a un gran león, como prueba de su hombría.

Guerras floridas

La cacería de nuestros semejantes es parte de la tradición cultural humana y probablemente de su evolución a largo plazo. Hasta hace cerca de un siglo en ciertos lugares de la Amazonia, de Asia y de África, la transición a la hombría se lograba matando a un guerrero de algún grupo antagónico.

Los aztecas hicieron de la cacería de enemigos una industria, en busca de víctimas de sacrificio para sus dioses tutelares y también, según evidencias inquietantes, de alimento rico en proteínas.

Caza menor

No sólo los reyes y los grandes caciques son cazadores, a pesar del mensaje en los bajorrelieves de Sumeria y de Egipto. La cacería se ha practicado desde siempre, como lo atestiguan las herramientas de corte de los primeros homínidos y las incontables pinturas rupestres de todo el mundo, que incluyen de manera central tales escenas. Antes de ser agricultores fuimos cazadores y recolectores de frutas.

La cacería de supervivencia es muy distinta de la practicada por Kublai Kahn y sus semejantes. Esquiva leones y animales peligrosos y se concentra en larvas, huevos, gusanos, hormigas, abejorros, aves, lagartijas, serpientes no venenosas, y fuentes de alimento semejantes.

Este tipo de cacería fue primordial en la dieta precolombina y todavía se practica cotidianamente en las zonas rurales de casi todo México, donde los saltamontes y los gusanos de maguey son los manjares más famosos y apetecidos.

Como ejemplo de este modo de vida describiré al galope un día en la vida de un cazador de la Sierra de Hidalgo, según me lo describió un hermano mío que conoció al protagonista durante su periodo de servicio social como médico.

Salieron juntos una mañana y el cazador llevaba una escopeta de chispa, en caso de que avistaran algún conejo o de que un ave se pusiese a tiro. Sus grados de sintonía con el ambiente que recorrían eran muy distintos, y donde mi hermano veía al inicio sólo un páramo semivacío, su amigo divisaba una fuente de oportunidad, que pronto comenzó a explotar. Siguiendo a unas hormigas, dio con su nido y cosechó sus larvas, que saboreó en el acto con un placer que contrastaba con la desazón de mi hermano, quien seguramente lo reprobó en sus adentros por no lavarse las manos antes de alimentarse.

Más adelante hallaron pulgones, que transitaron al punto la vía hacia el estómago de aquel hombre, quien quedó con las manos amarillas por los inútiles

disparos de defensa química de los pulgones al ser atrapados. Después encontraron gusanos de maguey, que el cazador guardó en su alforja para llevarlos a casa y alimentar a su familia. Recolectó sobre la marcha saltamontes y otros gusanos que halló en los rincones más insospechados, mató una pequeña serpiente que también guardó en su alforja, dos aves y finalmente un conejo, coronando así una jornada fructífera.

Sin contar al conejo, antes del mediodía aquel cazador había obtenido alimento nutritivo y suficiente para él y para los suyos (como lo atestiguaba el excelente estado de salud de toda su familia). Mi hermano, en cambio, regresó a su consultorio serrano con en el estómago vacío, salvo por algunas frutas silvestres que su amigo había compartido con él.

Cacería virtual

Existe otra manera de practicar la cacería, desde la comodidad del rincón hogareño preferido. Funciona así: se le pagan 1500 dólares a una compañía en Texas y se obtiene a cambio el derecho a un juego de Internet en "tiempo real". El juego consiste en que en una granja de Texas donde se crían animales *ex profeso*, se suelta a la víctima elegida (un venado, por ejemplo) cerca de un abrevadero o un cebo. Una cámara de visión amplia descubre pronto al animal y otra cámara, conectada a la mira telescópica de un rifle de alto poder, proyecta en la pantalla del "cazador" la cruz en la mira telescópica del rifle. El cazador orienta la mira del rifle con su ratón electrónico, dispara y consume el asesinato, recibiendo por paquetería la cabeza disecada del animal como trofeo.

Afortunadamente varias entidades de EUA han declarado ilegal este "juego", obligando a la compañía texana a cambiar de estrategia. Ahora enfoca su interés en cazadores discapacitados, quienes deben viajar a la granja de Texas y tener al menos contacto visual con sus víctimas antes de asesinarlas.

Ecología de la cacería

Nuestra agua y nuestro alimento provienen en su totalidad del ambiente. Sin embargo, fuera del Jardín del Edén nunca ha sido obvio qué objetos del ambiente son provechosos para nosotros. Es a través de la experimentación como los seres vivos convierten en recursos diversos componentes del entorno, e identifican como agentes perjudiciales a muchos otros. Donde mi hermano veía sólo un páramo vacío, su amigo divisaba su comida del día. Donde su amigo veía con extrañeza libros voluminosos y artefactos exóticos de vidrio y de metal, mi hermano contemplaba su propia herramienta de trabajo y a través de ella su fuente de alimento.

Ciertos objetos del ambiente confieren status y quienes buscan preponderancia sobre los demás procuran apoderarse de ellos. El oro y otros metales han

jugado un papel importante en este sentido, y seguramente la caza de animales poderosos lo ha hecho también. Hércules y Gilgamesh, por ejemplo, tuvieron que luchar contra grandes fieras y monstruos para exaltar su propia imagen, o al menos para apaciguar a los dioses.

Otros objetos del entorno nos sirven como alimento, y quizá muchos más son dañinos para nuestra salud y supervivencia. Aprender a distinguir entre ellos es una tarea que ha tomado millones de años de evolución de nuestra especie, y que nunca terminará, como lo muestran los alimentos transgénicos y otras novedades químicas que muchos asocian hoy en día con la posibilidad de contraer cáncer y otros males.

Cazadores y cazados

Cuando Japón invadió Indochina al inicio de la Segunda Guerra Mundial, sus soldados fueron enviados a pelear literalmente en tierra ignota. Sus pertrechos individuales consistían en un fusil, cierta dotación de balas, una bicicleta y arroz para unos ocho días. No habían caminos señalados en aquel laberinto verde y, a falta de posicionadores satelitales, los soldados tenían que valerse de su brújula, de la estrellas y de su instinto para orientarse y sobrevivir. Cuando alguno de ellos se extraviaba (algo que ocurrió en innumerables ocasiones), sus probabilidades de supervivencia eran muy bajas.

Para colmo, su hábitat original era muy distinto a la maraña tropical de Indochina. Sin embargo, muchos de los soldados extraviados sobrevivieron, en ocasiones durante meses y aun años, siguiendo una regla básica de su entrenamiento militar: observar a los monos de la jungla y comer lo que ellos comían. En este caso los monos eran infinitamente más valiosos por la sabiduría de su especie, que por su contenido de carne.

El llamado de la selva

Hay un aspecto esencial de la cacería que nuestra descripción panorámica no alcanza a enfocar con sus historias y ejemplos. Lo más cercano a ello que conozco es el sentimiento especial que envuelve a uno junto a una hoguera a tres mil metros de altura, contemplando entre amigos cercanos las estrellas, escuchando el silbido del viento en los pinares, los crujidos del bosque y el aullido lastimero de los coyotes.

Los cazadores seguramente les suman a los vínculos de hermandad que engendra la hoguera algunos ingredientes igualmente profundos. Será el olor de la sangre, o la visión anticipada de un hermoso animal que en el instante que él elija deja de serlo, retorna a su fuente primaria y se vuelve indistinguible de los troncos secos y de las piedras. Será quizá lo que buscaba Kublai Kahn en su castillo de

piezas numeradas, repitiendo en sueños las hazañas de su abuelo Gengis Kahn a cielo abierto en la estepa mongólica.

O será algo más, que desconozco porque sólo he acompañado a un cazador, mi padre, quien mataba conejos para completar nuestra dieta. No lo sé, pero estoy seguro de que es algo tan poderoso que impulsa lo mismo a un hombre discapacitado del cuerpo y del alma que asesina a un animal a través de la Internet, que a un ganador de loterías que no merca un libro y mucho menos una obra de arte, pero que gasta veinte mil dólares para hacerse de la testa momificada de un oso polar.

Ecología infantil

El poeta y autor de teatro inglés Ben Jonson (1572-1637) incluye entre sus poemas famosos dos desgarramientos del alma, sobre la muerte de dos niños; se trata de su primera hija, fallecida a los 6 meses de edad, y de su primer hijo, fenecido a los 7 años. Otro poema suyo lamenta la suerte de un promisorio actor de teatro, muerto a los 13 años.

Dos siglos más tarde Charles Dickens (1812-1870) explora en su novela *Oliver Twist* el lado oscuro del capitalismo inglés del siglo XIX, reflejado en la vida de un huérfano atrapado en una de las llamadas casas de trabajo (*workhouses*), adonde iban a parar los huérfanos y los hijos de los delincuentes.

Con pasión humanista y sin sentimentalismo su pluma implacable documenta los pormenores de un filtro darwiniano cuyos supervivientes se convertían a su vez en carne de presidio, que alimentaba con sus hijos un nuevo ciclo de aquella máquina infernal.

La gran mortandad

La curva de probabilidad de muerte humana tiene un valor elevado al inicio y baja de nivel unos tres años después, alcanzando su mínimo hacia los 7 años de edad; se mantiene baja hasta los 13 años, aproximadamente, y vuelve a subir, duplicando su valor a partir de ese punto cada diez años, en promedio.

Esta curva encierra multitud de injusticias. La más relevante en nuestro argumento es que los niños mueren por razones ajenas a su voluntad: malnutrición, enfermedades, accidentes, violencia causada por los adultos, etcétera. Las personas entre los 15 y los 40 años, en contraste, mueren en gran parte por sus vicios (tabaquismo, drogadicción, alcoholismo), por su estilo riesgoso de vida (hábito de conducir a gran velocidad, por ejemplo) y otras causas que podemos considerar en alguna medida como voluntarias.

El rostro más oscuro de la violencia adulta contra los niños se manifiesta en las guerras, pues invariablemente los soldados muertos en combate representan una pequeña minoría en comparación con la mortandad de los no combatientes, donde la cuota de los niños es desproporcionadamente elevada. La muerte les llega en primera instancia por violencia directa; después son víctimas del hambre, del frío, de las enfermedades y demás corolarios del desamparo.

Un resumen representativo de la suerte que corren los niños en los conflictos entre adultos lo suministra *La Biblia*. El *Nuevo Testamento*, por ejemplo, reporta la "Matanza de los Inocentes", en la que los niños de Belén fueron asesinados por

Herodes, tratando de acabar con Jesús. Del *Viejo Testamento* proviene la Pascua judía, que conmemora un episodio en el que Dios envía a sus ángeles a asesinar niños egipcios, “pasando de largo” los hogares donde había niños israelitas. Inescrutables son los designios del Señor.

Niños trabajadores

A partir de los 6 años todos los niños en la ranchería añorábamos heredar un “rabón”, o sea un machete gastado por los años de uso y abuso. Los primeros afortunados se pavoneaban frente al resto de nosotros con su rabón al cinto, sin imaginar que en el fondo acababan de ser uncidos al yugo. Hacia la misma edad las niñas comenzaban a ensayarse como hacedoras de tortillas, en busca de una reputación de hormigas industriosas que las ayudara a desposarse más jóvenes.

El ausentismo en el nivel de educación básica aumenta extraordinariamente en el ámbito rural en las temporadas de máxima necesidad de mano de obra (durante la siembra y la cosecha, por ejemplo). Esto dificulta el cumplimiento de los programas escolares y hace patente la contribución económica no remunerada de los niños.

Niños obreros

Oliver Twist fue sólo un ejemplo simbólico entre los millones de víctimas del capitalismo en su fase más descarnada. Su salvación representa un caso más bien anómalo y requirió una serie de milagros encadenados, incluyendo una herencia considerable que le había dejado un padre rico que no llegó a conocerlo.

Cada año se celebra el Día Mundial Contra el Trabajo Infantil, establecido por la Organización Internacional del Trabajo, una agencia de la ONU. Según sus estadísticas, existen actualmente en el mundo casi 218 millones de niños (entre los 5 y los 17 años de edad) que trabajan en forma remunerada, y 126 millones de ellos lo hacen en condiciones de riesgo para su salud y su vida, en ambientes agrícolas e industriales donde existe maquinaria y se manipulan sustancias peligrosas (humos industriales, abonos, pesticidas, etcétera).

La mayoría de estos trabajadores precoces viven en el sudeste de Asia (122 millones); 49 millones de ellos viven en África, al sur del Sahara; 13 millones en el norte de África y el Medio Oriente, y 6 millones en Latinoamérica.

Niños compradores

Buena parte de la propaganda comercial en la televisión está enfocada en el sector infantil. En los supermercados la sección de juguetes sofisticados, juegos electrónicos y artefactos del género (casi siempre saturados de violencia), crece exponencialmente. Las ventas anuales de juegos electrónicos son tan elevadas en nuestros días, que compañías como Sony y Microsoft introdujeron sus propias consolas de juegos, en

un intento de arrebatarle parte del mercado a Nintendo, el gigante tradicional del ramo.

Hasta hace unas dos décadas el sector más consumista de la sociedad se concentraba en el rango de 20 a 25 años de edad. Más adelante este rango se movió hacia el intervalo de los 15 a los 20 años, y sigue en descenso.

Niños mercancía

Una práctica frecuente de las parejas empobrecidas durante el auge de las grandes haciendas mexicanas (desde mediados del siglo XIX hasta los inicios del XX), consistía en entregarle una de sus hijas vírgenes al hacendado, bajo el acuerdo tácito de que con ello aseguraban en cierta medida su techo y sustento durante la vejez.

Los niños han constituido una mercancía sexual desde siempre. Durante siglos ha existido un tráfico de niños y niñas que tiene sus fuentes en pueblos pobres o debilitados de África, y sus puntos de destino en prostíbulos del Medio Oriente.

En décadas recientes ha cobrado auge un flujo hacia Europa proveniente de los países pobres en Asia y en América Latina. El patrón observado consiste en que hombres maduros europeos se casan en países como Tailandia o Indonesia con mujeres muy jóvenes (o niñas grandes), y las llevan a vivir como esposas suyas en Alemania y en otros países europeos.

Supermodelos

El señuelo preferido (por su efectividad) para prostituir mujeres jóvenes en Latinoamérica es ofrecerles empleos ficticios como modelos en Europa y en EUA. Utilizando un lenguaje ambiguo en cuanto al dinero que invierten, los "enganchadores" las hospedan en hoteles lujosos antes de partir y al llegar a su destino en el extranjero (usualmente un prostíbulo), les "pasan la cuenta", cobrándoles cantidades estratosféricas por cada cosa que comieron y bebieron y por cada avión y cada hotel que utilizaron en el trayecto. Hallándose solas y amenazadas en un ambiente hostil donde nadie habla su idioma, terminan siendo explotadas durante años como mercancía sexual.

Si le aplicamos un gramo de malicia a los escándalos recurrentes sobre niñas y mujeres jóvenes explotadas sexualmente en algunos grupos artísticos del mundo del espectáculo, en los que los padres de las víctimas se rasgan las vestiduras y claman justicia al final del daño, resulta imposible no imaginar un cierto grado de complicidad de esos mismos padres en la tragedia de sus hijas.

Niños soldados

Una manifestación diabólica de la explotación infantil consiste en transformarlos en soldados. Aunque la práctica bien puede ser muy antigua, adquirió dimensiones

alarmantes durante las guerras civiles que siguieron a la emancipación de varios países africanos del dominio europeo.

Quizá el caso más notable sea el de Nigeria, donde miles de niños de entre 8 y 14 años fueron armados con rifles AK-47, por caciques locales y comerciantes de la guerra, y transmutados en poco tiempo en matones sin miedo y sin alma. Hace unos quince años, cuando al fin fue controlada parcialmente la anarquía reinante, Nigeria se halló con una herencia de casi veinte mil de esos monstruos antisociales en sus manos.

Tras varias matanzas recíprocas, motivadas por la convicción del ejército regular de ese país de que la única "solución" del problema que representaban los niños armados era aniquilarlos a todos, comenzaron a gestarse programas de ayuda de emergencia solventados en gran parte por países europeos y orientados a reeducar a los niños matones, con el propósito de reincorporarlos a la sociedad. Los resultados de tales acciones no han sido espectaculares, pero el tiempo ha ayudado a atenuar el conflicto, en buena medida porque muchos de los anarquistas lograron redimirse como parte de su proceso natural de maduración, mientras que los incurables terminaron siendo ejecutados.

De profundis

Es indudable que los infantes canadienses y escandinavos, por ejemplo, viven una niñez plena y digna de recordarse con nostalgia. Sus padres lograron construir para ellos un hábitat que suministra un balance adecuado entre libertad individual y preparación gradual para la inserción futura en la sociedad adulta. En la India, una elevada fracción de los niños parece disfrutar su niñez. Las rancherías yucatecas son también famosas por la delicadeza y comprensión con que la comunidad trata a los niños.

Para los niños típicos del mundo, las dificultades de la escasez comienzan prácticamente en la matriz, y la lección de la lucha por la existencia se adquiere en toda su dimensión y crudeza durante los primeros 3 ó 4 años de vida. Para colmo, en sociedades problemáticas como la nuestra ni siquiera los niños económicamente afortunados logran disfrutar plenamente sus privilegios, al verse sujetos a peligros terribles como los secuestros infantiles.

Aparte de ciertos lugares y épocas excepcionales, en promedio nunca ha sido fácil ser niño. Varios años atrás, durante una terrible inundación en Bangladesh, causó conmoción entre los samaritanos extranjeros que acudieron al lugar de la tragedia con víveres y medicinas, percatarse de que los adultos se apropiaban de toda la comida y la consumían ignorando a los niños. Cuando fueron reprendidos por su acción "desnaturalizada", contestaron que ante la hambruna los más importantes eran ellos, pues aun si morían todos los pequeños, ellos (los adultos) se encargarían de repoblar la tierra con nuevos infantes.

Ecología del aborto

Recientemente, el gobierno del Distrito Federal aprobó una ley que le permite a una mujer embarazada abortar durante los primeros tres meses de su embarazo, si así lo juzga conveniente o necesario. La ley la exime de informarle a su cónyuge o a su pareja sobre esta decisión y obliga además al gobierno de la ciudad a suministrarle asistencia psicológica y médica en el proceso.

Durante varios años el aborto ha sido legal en Yucatán cuando ocurre por razones socioeconómicas, en contraste con el resto del país, donde (con la flamante excepción del Distrito Federal), sólo es permisible en casos de violación, malformación del feto o riesgo de muerte de la madre si prosigue el embarazo.

Dada la prominencia del Distrito Federal en el contexto nacional, es probable que en los próximos años se discutan proyectos de ley similares en diversos estados del país. Bajo la premisa de que sólo una ciudadanía bien informada estará en posición de mantener a raya a los propagandistas, ofrezco este ensayo como un vehículo de información sobre el contexto en que se generan tales proyectos de ley.

Números

El embarazo es un evento complicado y azaroso, que se inicia con la fecundación de un óvulo por un espermatozoide (en ocasiones dos, y aún más). Sigue después el descenso del óvulo fecundado (o, más precisamente, del embrión resultante tras sus primeras divisiones celulares) hacia el útero, un proceso que dura cerca de 9 días. Tras su implantación en el útero se desarrolla gradualmente la placenta alrededor del embrión y prosigue el embarazo hasta su término, 40 semanas después.

Entre 10 y 50% de los embarazos (dependiendo del estado de salud y de la edad de la mujer), terminan en abortos espontáneos, de embriones que no lograron implantarse en el útero. La mayoría de tales abortos espontáneos suceden durante las 8 primeras semanas a partir de la fertilización del óvulo.

Anualmente ocurren en el mundo unos 46 millones de abortos provocados. Cerca de 20 millones de ellos tienen lugar en países donde el aborto es ilegal, y se realizan por lo tanto en forma clandestina y, por lo regular, bajo condiciones médicas muy deficientes. En promedio, la cuarta parte de los embarazos detectados en todo el mundo terminan en abortos inducidos. En países como Holanda y Bélgica esta fracción se acerca a 10%, pero en Vietnam es casi de 50% y es superior a 60% en Rusia.

Métodos

Según las estadísticas de EUA, casi 90% de los abortos inducidos en ese país ocurren durante los primeros 3 meses del embarazo, utilizando el método de succión-aspiración,

que consiste en arrancar al óvulo fecundado o al embrión de la pared del útero, mediante una aspiradora de baja potencia accionada ya sea manualmente o por medio de un motor eléctrico. El procedimiento, que bajo condiciones normales dura unos diez minutos y no requiere hospitalización, exige la limpieza mecánica de posibles residuos en la pared del útero; resulta además de muy bajo riesgo si se le lleva a cabo en condiciones apropiadas de asepsia.

Cerca de 10% de los abortos se inducen clínicamente por medio de sustancias químicas, y en los casos restantes pueden requerir operaciones cesáreas, sobre todo en la etapa avanzada de la gravidez.

El panorama cambia radicalmente cuando el aborto ocurre en forma clandestina, a cargo de personal sin el entrenamiento médico requerido. Las condiciones de asepsia son entonces inapropiadas o inexistentes. Y el horror prosigue: la succión se realiza de manera incompleta y traumática, las sustancias químicas se utilizan en forma errónea y en dosis arbitrarias, se introducen en la vagina instrumentos inapropiados para jalar al feto, etcétera.

Historia

La mención más remota de abortos inducidos proviene de un registro chino de los realizados entre las concubinas del emperador, cerca del año 500 AC. El aborto y el infanticidio se han practicado en muchas culturas a través del tiempo. Los espartanos arrojaban a los recién nacidos con deformidades a los barrancos del monte Taigeto. Un método mecánico para inducir el aborto, llamado salto lacedemonio (o de Lacedemonia, la región donde estaba asentada Esparta), consistía en saltar vigorosamente, golpeándose los glúteos con los talones en cada salto.

En la India antigua y en otras partes de Asia se provocaba el aborto masajeando el vientre con rudeza, o golpeándolo, o apretándolo con cinturones y corsés, o haciendo que la mujer se acostara bocabajo sobre un coco caliente, o combinando estas técnicas, que conducían con frecuencia a la muerte tanto del feto como de la mujer.

En la Roma imperial el aborto y el infanticidio eran frecuentes, dado el libertinaje sexual de las clases pudientes. En contraste con su ambiente pagano, los primeros cristianos enfatizaban en sus escritos su aversión por tales costumbres. Empero, ninguno de los Evangelios indica explícitamente la posición de Jesucristo ante esta práctica. El *Antiguo Testamento* tampoco se ocupa directamente del asunto, más allá de mencionar ciertas generalidades sobre el carácter sagrado de la vida, dado que fue otorgada por Dios y por lo tanto le pertenece.

Sin embargo, en más de una ocasión el dios bíblico también extermina infantes (niños egipcios, por ejemplo). De hecho, en Oseas 13:15-16 proclama que no tendrá clemencia con la gente de Samaria por haberlo repudiado al cambiar su religión, y promete que les cortará el abdomen a todas las samaritanas embarazadas,

para destruirlas con todo y sus fetos (a pesar de que éstos, por supuesto, no habían tenido culpa alguna en el cambio de religión de sus mayores).

España y México

En la España medieval el problema de sobrepoblación era grave y orillaba a las familias a limitar el número de sus descendientes, con fórmulas como la de tener sólo tres hijos, dedicándole “uno a Dios —al sacerdocio, al monasterio o al convento—, uno al rey —al ejército— y uno a la labranza —como heredero único de la hacienda—”. Es fácil imaginar que cuando fallaba el conteo quedaba el recurso del aborto para limitar el fraccionamiento de la hacienda y el aumento de la población.

En el *Huehuetlatolli* y en códigos mexicanos se condena el aborto y se le agrupa con transgresiones como el adulterio femenino, el incesto y la sodomía. Esto no significa por supuesto que no se practicara entre los antiguos mexicanos, tomando en consideración la alta densidad de población en el Valle de México. Los hallazgos de cuerpos momificados de niños tiernos y quizá de fetos en el traspatio de algunos conventos en Guanajuato, sugieren que el aborto y el infanticidio acontecían también durante la Colonia.

Tiempos modernos

El aborto fue condenado en los países europeos y en sus colonias y ex colonias americanas durante varios siglos a partir de la Edad Media, tanto por las autoridades seculares como por las religiosas. Los revolucionarios franceses privilegiaron la vida del feto frente a la de su madre, como “futuro ciudadano, trabajador y soldado”. Francia fue, en efecto, el primer país en prohibir formalmente el aborto, en 1810. Durante el resto del siglo XIX tuvo lugar un endurecimiento notable en la postura oficial sobre el tema en muchos países de Europa y en EUA. Sin embargo, esta tendencia se revirtió gradualmente en el siglo XX.

Durante el primer tercio del siglo XX el debate sobre el aborto fue común en el contexto del conflicto mundial entre los imperialistas tradicionales, los comunistas y eventualmente los nazis. Dentro de tal escenario, por ejemplo:

- Lenin lo legaliza en la naciente URSS en 1920.
- Stalin lo prohíbe en 1936, con el objeto de acelerar el crecimiento de la población de la misma URSS.
- La Alemania nazi lo promueve entre mujeres con defectos congénitos, o entre aquellas cuyos fetos mostraran defectos de este mismo tipo, en 1935.
- Heinrich Himmler, jefe de la policía secreta nazi, crea en 1936 un organismo oficial para combatir la homosexualidad (en los hombres) y el aborto, en aras de un rápido aumento de la “raza aria”.

A partir de entonces el debate sobre el aborto sufrió un cambio conceptual profundo, centrándose en dos posiciones dominantes hasta nuestros días: por un lado, la facción Pro-vida, que defiende los derechos del feto y, por otro, el bando Pro-libertad de elección, que le otorga prioridad a los derechos de la mujer.

En este nuevo marco conceptual Suecia legalizó el aborto en 1938. En 1967 el Reino Unido —exceptuando a Irlanda— lo hizo también, y en EUA hicieron lo mismo los estados de California y Colorado. Durante la década siguiente sucedió algo similar con Canadá, Australia y el resto de EUA y Europa.

Un caso notable fue el de Italia, donde el aborto fue legalizado en 1978 a pesar de una férrea oposición del papa y de la iglesia católica, que intentaron revertir esa ley dos años después a través de un referendo, en el que obtuvieron apenas un tercio de los votos. En 1979 China anunció un programa de control de su población que incluía al aborto entre sus herramientas. Las parejas que tenían más de un vástago eran multadas y el resultado fue un patrón de abortos claramente sesgado hacia la eliminación de fetos femeninos. Nada nuevo bajo el Sol.

Banco mundial de semillas

Según una de las leyendas precolombinas más hermosas, cuando los dioses crearon a los hombres (y a las mujeres), le encargaron a Quetzalcóatl la misión de conseguir el sustento de las nuevas criaturas. Guiado por hormigas rojas, Quetzalcóatl descubrió la Montaña del Sustento y penetró en ella convertido en una hormiga negra. En las entrañas de aquella montaña encontró el maíz y por largo tiempo él y las hormigas rojas estuvieron “sacando y sacando maíz”.

Variedades de semillas

En la región de Los Tuxtlas los tamales de frijol más apreciados se preparan utilizando una variedad llamada frijol cashtelán, que se siembra comercialmente en pequeña escala y que puede hallarse con frecuencia en estado silvestre junto a las milpas. Se trata de una planta que alcanza al menos el triple del tamaño de las variedades comunes de frijol y que produce unas vainas muy largas y delgadas.

Las gramíneas suministran cerca de 75% del alimento humano. Las más diversificadas son el maíz, con varios miles de variedades reconocibles, y el arroz, con decenas de miles de ellas. La diversidad es crucial para la supervivencia de las especies porque sus variedades se distinguen entre sí por su productividad y su respuesta ante estímulos y perturbaciones, asociados ya sea con agentes químicos, con parásitos o con variaciones en el régimen de lluvias o en el rango de temperaturas ambientales.

Catástrofes

Un vistazo a la historia revela de inmediato la fragilidad de nuestra herencia de plantas y animales útiles. El volcán Krakatoa hizo erupción en 1883, con tal violencia que exterminó toda clase de vida de las islas cercanas. La recolonización de los desiertos resultantes tomó varias décadas y es muy probable que especies de plantas potencialmente importantes como alimento hayan desaparecido en el proceso.

En una escala bastante menor, pero también muy vasta, el volcán Parícutín acabó a mediados del siglo pasado con la vida en una amplia región michoacana cubierta por sus flujos de lava y por cenizas emitidas a muy alta temperatura. Aunque no se reportó la extinción de variedades importantes de plantas útiles como alimento o medicina, resulta altamente probable que sí hayan acontecido, involucrando quizá especies cuyas cualidades no habían sido descubiertas por los habitantes de la zona.

Las guerras también han resultado perniciosas para la diversidad de las plantas y de los animales. Cuando Hulagu, nieto de Gengis Khan, atacó el califato de Bagdad a mediados del siglo XIII, destruyó el sistema de canales construido a lo largo de milenios en Mesopotamia, provocando el colapso de ese emporio agrícola y la pérdida de trigo y otros granos, seleccionados laboriosamente por sumerios y babilonios.

Variedades transgénicas

Las distintas variedades de una especie requieren cierto grado de aislamiento entre sí para mantener su identidad, pues de lo contrario las diferencias entre ellas se diluyen gradualmente por efecto de la polinización, que mezcla el material genético de los individuos involucrados.

Cuando se introducen en una región variedades transgénicas (o sea, modificadas artificialmente en su material genético) que son comercialmente importantes, se les siembra usualmente en gran escala, con la consiguiente pérdida de identidad de las previamente existentes en la zona, debido a la "contaminación" de su material genético con genes provenientes de la variedad recién introducida.

Estrategias de conservación

La vegetación que nos rodea es el resultado de un proceso de evolución que comprende muchos millones de años. Los cereales y otras plantas especialmente relevantes en la dieta humana reflejan además una labor de hibridación de varios milenios, llevada a cabo por nuestros ancestros. Cada una de esas especies representa una alternativa potencial de supervivencia para nosotros y resulta esencial conservarla, de ser posible, en todas sus variedades disponibles.

El método biológicamente más satisfactorio para lograr este objetivo consiste en preservar segmentos de su hábitat natural, concentrando el esfuerzo en aquellos que muestran una mayor riqueza de variedades útiles. De esta manera se conserva intacto su contexto ecológico, incluyendo a sus polinizadores, manteniendo así abierta la posibilidad de reconstruirlo en caso de pérdida del mismo en otros sitios.

Desafortunadamente esta técnica de conservación es costosa y resulta impráctica en nuestra época, marcada por la presión demográfica. Una estrategia alternativa consiste en preservar versiones en miniatura del contexto ecológico de las plantas de interés en jardines botánicos. Sin embargo, los jardines botánicos disponibles en el mundo pueden albergar tan sólo una fracción minúscula del total de variedades de plantas potencialmente útiles.

Un método simplificado de conservación de las plantas consiste en preservar sus semillas, en condiciones de temperatura, humedad y limpieza que garanticen su viabilidad durante varios años. Esto se logra a través de bancos de semillas.

Bancos de semillas

Los campesinos de todas las culturas han guardado desde siempre una parte de su cosecha de semillas para utilizarla en el siguiente ciclo agrícola. Los graneros de Babilonia y los de Egipto eran famosos por su variedad y por su magnitud, y no hay duda de que los encargados de administrarlos mantenían una reserva apropiada de semillas, como respaldo de las que almacenaban los agricultores individuales.

Sin embargo, la idea de preservar una gran diversidad de semillas con una perspectiva mundial, logrando así contar con un respaldo de las plantas de interés, independientemente de su sitio de origen, se le ocurrió por primera vez hace más de un siglo a un botánico y genetista ruso, Nikolai Vavilov, quien inició la recolección de semillas de plantas productoras de alimento para los humanos, extendiendo su búsqueda de simiente útil a más de sesenta países. En 1894 fue creado en su país el Instituto de Investigación Científica de la Industria de las Plantas, depositario de la colección de Vavilov, quien en 1917 se convirtió en director de la institución, que resguarda actualmente semillas de casi cuatrocientos mil variedades pertenecientes a dos mil quinientas especies de plantas.

Terzo Mondo

De acuerdo con datos de la FAO (Organización para la Alimentación y la Agricultura, de la ONU), existen actualmente unos mil trescientos bancos de semillas en el mundo, que resguardan cerca de 6 millones de variedades provenientes de varios miles de especies.

Un banco de semillas requiere un almacén a prueba de incendios, temblores, explosiones y otras perturbaciones. La preservación de la viabilidad de la simiente impone condiciones estrictas de baja humedad y temperatura, y esto implica que el edificio debe contar con un sistema confiable de control de estos dos parámetros ambientales.

Desgraciadamente, los estándares de profesionalismo en los bancos de semillas en operación son muy dispares, con los países pobres ocupando en general los niveles bajos en la escala de eficiencia y responsabilidad, lo que ha originado la pérdida de valiosas colecciones de semillas, por falta de fondos.

Proyecto Milenio

En busca de estandarizar los métodos de seguridad para las semillas en resguardo, y a iniciativa del Jardín Botánico de Kew (Royal Botanical Gardens de Kew, cerca de Londres), se inició hace unos años el Proyecto Milenio de un Banco de Semillas (Millenium Seed Bank Project), financiado por la Fundación Wellcome.

Uno de sus propósitos es la preservación de las variedades conocidas de veinticuatro mil especies de plantas, atendidas por un equipo científico de alto nivel en un edificio construido bajo los estándares más rigurosos en Sussex, Inglaterra.

Otra de sus tareas consiste en entrenar científicamente al personal a cargo de bancos de semillas de todo el mundo que requiera este tipo de asistencia.

Como complemento del Proyecto Milenio fue establecido recientemente un Fondo de Conservación Global (Global Conservation Trust) dedicado a la preservación de semillas, que tiene la meta de obtener 260 millones de dólares en donativos y utilizar los intereses generados por este capital para auxiliar a bancos de semillas en países pobres, de modo que la descompostura de un sistema de aire acondicionado, por ejemplo, no resulte en la pérdida irreparable de cientos de variedades de plantas, como ha ocurrido ya en más de una ocasión.

A prueba de bombas

Noruega cuenta con un banco de semillas concebido como respaldo último en caso de catástrofes. Eligió para hacerlo el interior de una montaña congelada en Spitsbergen, una isla cercana al Polo Norte, y albergará 2 millones de variedades de semillas. Fue edificado con paredes de concreto reforzado de un metro de espesor. Sus puertas están diseñadas para resistir temblores y explosiones atómicas y el conjunto podrá funcionar sin electricidad, pues cada invierno se dejará entrar aire externo (a veinte grados centígrados bajo cero), y aun si esto no resulta posible por alguna razón, la montaña congelada mantendrá el recinto a temperaturas bajísimas durante décadas. No tendrá personal permanente ni guardias, aparte de los osos polares que abundan en la periferia, famosos por su tamaño y ferocidad.

Con este proyecto noruego se cierra el ciclo que inició Quetzalcóatl en los albores de la humanidad, cuando halló el maíz para los hombres y las mujeres en la Montaña del Sustento. Sin embargo, si una guerra nuclear o algún meteorito lo empuja a repetir su hazaña, nuestro héroe cultural requerirá algo más que hormigas rojas para penetrar la montaña de Spitsbergen.

La buena vida

Durante varios milenios una de las fuentes de poder más seguras y estables fueron las minas de sal. En el corazón de Europa, en el norte de África y en muchos otros sitios, las minas de sal suministraron el fundamento de reinos sólidos y duraderos, que sin embargo se vieron eventualmente dominados por imperios agrícolas como Babilonia y Egipto, y por los conquistadores de las estepas.

Las grandes migraciones

Las necesidades individuales de los humanos se mantuvieron bajas mientras restringieron sus movimientos a las tierras tibias y calientes de África y Asia. En tales condiciones, los requisitos alimenticios de un adulto típico incluían en promedio el equivalente diario a unos trescientos gramos de azúcar y almidones, más algunas decenas de gramos de tejido animal, que se conseguían probablemente comiendo insectos, aves, huevos y pequeños mamíferos.

Todo esto cambió cuando las migraciones los llevaron a las altas latitudes norteñas y sureñas, que requerían un gran suministro de energía tan sólo para sobrevivir al frío. El flujo solar directo se tornó insuficiente y nuestros ancestros incrementaron grandemente su ingestión de comida, sobre todo de carbohidratos, para reponer el calor que emitían hacia el ambiente a pesar de sus abrigos de pieles. Esta fuente interna de calor tampoco resultó suficiente y debieron complementarla con recursos externos, quemando leña y otras sustancias combustibles.

Lujos

Los individuos encumbrados seguramente rebasaron pronto los requerimientos mínimos de supervivencia, acumulando vestidos y otros objetos, comiendo más allá de la dosis de mantenimiento típica y utilizando por ello cada vez más energía diariamente. Todo esto demandaba sirvientes y esclavos, aun en el caso (poco probable) de que los hombres prominentes aportaran su cuota diaria de labor física.

Taxistas en la India

Durante una estancia académica prolongada en la India tuve ocasión de contratar los servicios de "taxistas" que transportan a uno en triciclos de pedales, o en bicicletas jalados o empujados a mano (*rickshaws*). De visita en la universidad de la ciudad sagrada de Benares, tomé un día libre y para trasladarme contraté a un solo taxista que operaba un bicicleta durante todo el día.

Era la época del monzón y en el transcurso de algunas horas nos cayeron varios chubascos que dejaron empapado a aquel hombre, quien en cada ocasión se secaba

pronto (con ropa y todo) por el calor imperante y por su esfuerzo físico. Pronto me convencí de que la ropa que traía puesta era su única pertenencia, de que no tenía un techo y de que cada mañana su horizonte de planeación no rebasaba el crepúsculo.

En el Parque de los Venados, donde según la tradición el Buda inició su prédica después de la iluminación, le pagué a media tarde el día completo al taxista y continué el resto de mi itinerario a pie. Cavilando esa noche sobre el asunto me convencí de que para aquel hombre yo habría resultado indistinguible de Kublai Khan, si le hubiera platicado esa historia.

El equivalente en CO₂

¿Cómo medir el impacto ecológico diario de una persona? ¿En términos de los materiales que consume, ya sea como alimento o en la forma de ropajes, muebles, televisiones y computadoras? ¿En términos de la energía requerida para construir y transportar esos materiales, y para hacer funcionar sus artefactos? Una magnitud que refleja ambas cosas es la cantidad de bióxido de carbono (CO₂) que ingresa diariamente a la atmósfera como producto de nuestra existencia. Se trata de un gas de invernadero que generamos en el metabolismo y a través de los procesos industriales asociados con la satisfacción de nuestras necesidades.

Lo que requerimos en el cálculo es una escala numérica que permita establecer equivalencias de impacto ambiental entre diversas actividades humanas. Una unidad conveniente en este sentido es un litro de gasolina, pues por un lado produce al quemarse cerca de tres kilogramos de CO₂ (aproximadamente un kilogramo de carbono proveniente de la gasolina, más dos kilogramos del oxígeno con el que se combina el carbono para formar CO₂), y equivale por otro al trabajo mecánico realizado por diez hombres al caminar cada uno durante ocho horas seguidas. Diremos entonces que la labor física (con pies y manos) de un hombre o mujer, correspondiente a un jornal de ocho horas, equivale a la generación de unos seiscientos gramos de CO₂ (trescientos asociados al trabajo que realiza con sus pies, y otros trescientos relacionados a su trabajo manual).

Viajes

Un viaje en automóvil de ida y vuelta entre Xalapa y el Distrito Federal (700 kilómetros en total), requiere de unos 70 litros de gasolina, o sea, la emisión de 210 kilogramos de CO₂ hacia la atmósfera, utilizando un coche con un rendimiento de 10 kilómetros por litro de combustible.

Un año de uso del mismo automóvil implica la combustión de mil quinientos litros de gasolina, si viajamos unos quince mil kilómetros durante el periodo. Esto corresponde a la emisión de un poco más de cuatro toneladas de CO₂ hacia la atmósfera.

Un viaje a Europa en avión implica la combustión (en total, dentro y fuera del avión) de varios cientos de litros de combustible por pasajero, lo cual lleva a la atmósfera más de una tonelada de CO₂ por persona.

Alimentos y computadoras

Un kilo de carne de res en el plato implica un gasto de 1.5 litros de combustible, aproximadamente, tomando en cuenta los insumos requeridos para producir y transportar el alimento del animal, fabricar el tractor y otras herramientas usadas en el proceso, transportar la víctima al matadero, etcétera. Esto se traduce en más de cuatro kilos de CO_2 emitidos hacia la atmósfera. A esto hay que añadirle varias decenas más de gramos de la misma sustancia, generadas al cocinar el platillo.

Un kilo de langostinos requiere el uso de unos tres litros de combustible, en buena medida por la dificultad para encontrarlos y atraparlos. Esto se traduce a su vez en la emisión de cerca de diez kilogramos de CO_2 .

En esta misma escala y siguiendo un método de cálculo similar, se obtiene que la fabricación y transporte de una botella de licor (champaña, brandy, etcétera), tiene un costo cercano a dos kilogramos de CO_2 .

La fabricación de una computadora de pantalla plana equivale a unos cuatrocientos litros de combustible, utilizados sobre todo en la elaboración de sus elementos y en su traslado entre continentes; esto se traduce en más de una tonelada de CO_2 que se suma a la carga atmosférica de este gas de invernadero.

La dimensión humana

En principio, cada uno de los lujos recién listados pudo ser conseguido o fabricado por el usuario del mismo, en un tiempo conmensurable con el costo en CO_2 del satisfactor en cuestión, tomando en cuenta que la cantidad de trabajo físico que una persona puede aportar en una jornada de 8 horas de trabajo equivale a un poco más de medio kilo de CO_2 emitido a la atmósfera, según nuestro argumento previo sobre el asunto.

Tomemos por ejemplo una comilona de langostinos. Su costo energético cercano a diez kilogramos de CO_2 indica que traer ese platillo a su mesa requeriría una labor física igual a la que provee una persona como usted al trabajar ocho horas diarias durante diecisiete días seguidos o, equivalentemente, a la que aportarían diecisiete personas trabajando un jornal completo a su servicio. Una botella de licor (whisky o champaña, por ejemplo), equivale energéticamente y bajo el mismo criterio al trabajo realizado por tres personas (sirvientes suyos) tras un día (ocho horas) de labor.

Resulta entonces que, desde el punto de vista energético y con el subsidio semiculto proveniente del petróleo y otros combustibles fósiles, nuestro modo de vida se mantiene al precio de rodearnos de sirvientes, la mayoría de ellos invisibles, mas no por ello ausentes. De hecho, un físico e ingeniero francés, Jean-Marc Jancovici, calculó que para mantener su nivel de vida, un europeo medio actual emplea diariamente la cantidad de labor que le suministrarían unos cien sirvientes. Esto habría sorprendido a Marco Polo, y al mismo Kublai Khan, y habría llenado de envidia a los dueños de las antiguas minas de sal.

Tercera edad

En un hermoso libro titulado *Villages*, el escritor y antropólogo Richard Critchfield, experto en multitudes y soledades, ofrece una visión panorámica del modo de vida en las ranherías que aún quedan en el mundo, a través de ejemplos representativos cuidadosamente seleccionados. En su descripción de grupos seminómadas dedicados al pastoreo en el Medio Oriente, ilustra la situación de los ancianos enfocándose en la madre del líder de uno de tales grupos. Su condición de hombre relativamente próspero contrasta dolorosamente con la de su madre, literalmente tirada como un trapo viejo en un rincón de su casa itinerante, ignorada por su hijo y alimentada por sus nietos con la misma displicencia con que alimentaban a sus perros y demás animales domésticos.

Ancianos de la tribu

Por supuesto el triste espectáculo recién descrito no ha sido el más común a través de la historia, sobre todo entre pueblos más sedentarios y numerosos. Es famosa la insistencia de Confucio sobre la dignidad y la sabiduría de los padres y de los ancianos en general, y sobre su papel fundamental como depositarios de las tradiciones.

Esta percepción del amor filial como una elevada virtud y del papel central de los ancianos como sostenedores de la madeja social es anterior al mismo Confucio, y se ha mantenido como uno de los pilares de la sociedad china durante milenios. En la China contemporánea, por ejemplo, los niños siguen siendo educados fundamentalmente por sus abuelos.

Los ancianos de la tribu han sido personajes destacados en todos los continentes desde tiempos prehistóricos. El Senado romano era el nicho exaltado de los ancianos de la república y más adelante del imperio (senado, senador y senectud tienen la misma raíz etimológica). El Senado mexicano tiene por lo tanto raíces muy antiguas e ilustres, las cuales contradice cada vez que disminuye la edad límite permisible para ser senador de la república, en aras de incluir al mayor número posible de políticos desempleados como aspirantes al cargo.

Cambian los tiempos

La condición privilegiada de los ancianos de la tribu pudo mantenerse mientras constituían una fracción minúscula de la población y su longevidad no se alargaba demasiado, al punto en que la merma resultante en sus facultades físicas e intelectuales se tornaba conspicua.

Esta situación ha cambiado radicalmente durante el último siglo, debido tanto a avances médicos como a cambios en los patrones de comportamiento de las personas en su tercera edad.

Los avances médicos son variados e incluyen técnicas sofisticadas para detectar el cáncer y las enfermedades degenerativas en sus etapas tempranas de desarrollo. Incluyen además procedimientos de reparación mecánica de órganos, a través de marcapasos y válvulas cardíacas, por ejemplo, y de prótesis para las articulaciones que lo requieren con mayor frecuencia entre la población, como las rodillas y las juntas vertebrales.

Se realizan además trasplantes de retina, de corazón, de riñón y de otros órganos. Los de riñón son los más frecuentes, en gran medida por el deterioro de esos órganos atribuible tanto al consumo de alimentos demasiado ricos en grasas y conservadores y sustancias tóxicas, como a la falta de ejercicio físico suficiente. Esto condujo a la emergencia de un mercado internacional de riñones, con donantes sobre todo en India y China, y compradores en Europa y EUA en su gran mayoría.

Los donantes hindúes venden uno de sus riñones por cantidades que representan una pequeña fracción del costo total del procedimiento de trasplante, y en China buena parte de los riñones en venta provienen de cadáveres de reos ejecutados. La proliferación de incentivos macabros asociados con este negocio llevó a varias naciones de "compradores" a exigir que se le reglamentara adecuadamente. Recientemente entró en vigencia un reglamento internacional de este tipo, el cual con toda seguridad será refinado sobre la marcha.

Células madre

Cada trasplante de órgano implica la introducción de un objeto biológico extraño en el cuerpo del recipiente, provocando con ello una reacción inmunológica de rechazo, que aumenta con el grado de incompatibilidad entre recipiente y donante. El siguiente nivel de sofisticación consiste en recrear los órganos de una persona a partir de sus propias células madre, o sea, células que han mantenido su capacidad de generar cualquier tipo de tejido (y de órgano) cuando se les somete a estímulos químicos y biológicos apropiados.

Las células madre perfectas son las de los embriones en sus primeras etapas de desarrollo, y no es imposible que en el futuro cada persona guarde en algún sitio seguro células madre extraídas de su propio embrión, para engendrar con ellas los órganos requeridos a medida que se deterioren los originales. La investigación sobre células madre embrionarias y sobre células de adultos que puedan funcionar aproximadamente como células madre, se halla actualmente en pleno desarrollo.

El resultado neto de estos avances es que la esperanza de vida se elevará mundialmente a más de ochenta años en las próximas décadas, y que finalmente

rebasará un siglo. De hecho, según algunas estimaciones podremos algún día prolongar de este modo la vida individual varios milenios.

El escenario mexicano

Japón es el país más avejentado (20.1% de sus habitantes tienen al menos 65 años de edad), seguido por Italia (con un promedio correspondiente de 19.5%). En México 7.7% de la población actual tiene al menos 60 años de edad. La curva de población de nuestro país indica sin embargo que esta fracción se elevará a 13% en 2025, y a 28% en 2050. Para entonces uno de cada cuatro mexicanos será un adulto mayor.

La esperanza promedio de vida en México es actualmente de 75 años, y según la tendencia que lleva se elevará a 83 años en 2050. Se estima además que hacia el año 2034 el número de adultos mayores de 60 años será igual al de niños en nuestra sociedad, superándolo a partir de esa fecha.

Ventana de oportunidad

Tradicionalmente las deficiencias visuales y auditivas y los problemas de movimiento han contribuido al aislamiento de los ancianos en todas las sociedades, acelerando con ello su deterioro, al privarlos del estímulo vital asociado con la comunicación.

Esta situación ha mejorado durante el pasado medio siglo, sobre todo en las sociedades pudientes, que cuentan con centros de reunión, de ejercicio y de recreo para las personas mayores de 60 años, quienes son atendidas por personal capacitado cuando se presenta una crisis de salud entre ellas. Los servicios ofrecidos son gratis o tienen un costo simbólico.

En las ciudades grandes y medianas de México existen instalaciones de servicios de este tipo para personas de la tercera edad, dependientes de diversos organismos oficiales y filantrópicos. En Xalapa se encuentra La Quinta de las Rosas, una de las instituciones para gente de edad avanzada más lujosas y completas que conozco, donde una gran cantidad de usuarios pasan buena parte de su tiempo diariamente.

Sin embargo, esta ventana mexicana de relativa bonanza para la gente de edad avanzada se reducirá en breve, al crecer el número de usuarios potenciales a una velocidad mayor que la de la población económicamente activa, que es la que suministra de manera directa un alto porcentaje de los recursos que se utilizan para atender las necesidades de la gente de edad mayor, cuyos fondos de retiro han sido mermados terriblemente por la inflación y los malos manejos gubernamentales.

Soledades

Antiguamente los asilos para ancianos admitían personas deterioradas física o mentalmente y les ofrecían poco más que un techo, una cama y atención médica

básica. Instalaciones como La Quinta de las Rosas son ahora representativas del esfuerzo social a favor de la población de edad avanzada, pero funcional aún en muchos aspectos. Desgraciadamente, los grandes números que se insinúan en el horizonte están ya cerca de disminuir drásticamente los servicios disponibles per cápita a los usuarios de la tercera edad.

¿Qué estrategia individual será adecuada para llegar al final del camino con un grado de deterioro mínimo, o manejable al menos? La suerte de los animales viejos es terrible como ejemplo. Entre los humanos los casos afortunados existen, y conozco al menos uno de manera íntima. En todos ellos el bienestar actual se asienta sobre bases que empezaron a construirse hace décadas, y que incluyen de manera prominente la asociación en parejas como un recurso para mantener a raya la soledad.

Con todo, nunca estaremos a salvo de las circunstancias. Richard Critchfield fue hallado en el piso de su habitación doce horas después de que sufrió un derrame cerebral, en un hotel neoyorquino donde se había hospedado para impartir al día siguiente una conferencia magistral en una universidad cercana. Murió poco después en un hospital sin recobrar el conocimiento. Su episodio final tuvo en el fondo algo en común con los ejemplos de soledad relatados en su obra.

Ecología de la soledad

Durante una estancia sabática en un instituto científico italiano mi compañero de cubículo fue un físico de Malasia, quien me sorprendió desde el primer día por su afabilidad y por el gozo que parecía hallar en la comunicación verbal con sus semejantes, cualidades un tanto escasas en el gremio científico.

En alguna ocasión le comenté que en pocos meses él había logrado construir un nicho social amplio y variado, y que eso constituía una hazaña en aquel lugar, donde tratábamos con personas de culturas muy diversas. Le pregunté además si tenía alguna fórmula infalible para lograrlo. Caviló unos instantes, perdió momentáneamente su sonrisa —algo raro en él—, y me comentó que sólo había fallado una ocasión, en Suecia, donde no logró entablar ninguna relación amistosa durante las dos semanas que duró su visita a un centro de investigación en ese país. “Lo intenté”, añadió, “pero caminaba entre robots dentro y fuera de aquel instituto”.

Primer mundo

En EUA el estudio de la soledad ha sido relevante durante más de medio siglo. Frases sociológicas como “la multitud solitaria” (*lonely crowd*), “la angustia de la superación” (*career-driven angst*), y “jugando al boliche solo” (*bowling alone*), han hallado un nicho en el lenguaje cotidiano de aquella sociedad. El avatar más reciente de su espectro de soledades es la reducción del circuito interior de muchas personas (aquel donde pueden compartir sus intimidades y angustias), a los miembros de su familia directa, a su cónyuge, a una pantalla de computadora, o al absurdo.

La Internet ha aminorado el nivel de soledad en años recientes, permitiendo la interacción cibernética con decenas y aun centenares de personas. Sin embargo, a pesar de su eficiencia numérica, no es un vehículo eficiente para darnos satisfactores íntimos. Generalmente, cuando el acercamiento mutuo a través del ciberespacio rebasa cierto umbral, las personas involucradas buscan un encuentro en el espacio tradicional, al menos para verificar que la información intercambiada corresponde a la realidad.

Terzo mondo

Richard Critchfield comenta en uno de sus libros que sus amigos y familiares en EUA le preguntaban con cierta frecuencia si no lo asaltaba la soledad durante sus largos viajes, en los que se sumergía durante meses en la vida cotidiana de personas con

culturas muy distintas de la suya, con quienes para colmo no podía comunicarse verbalmente.

Su respuesta fue que en el tercer mundo uno nunca está solo, ni siquiera en los momentos que realmente lo desea. Es innegable que en esos países persiste cierto virus de compañerismo que ha desaparecido en las sociedades opulentas.

Por supuesto la simple cercanía no es sinónimo de compañerismo. En *Los Hijos de Sánchez*, la crónica novelada de una familia mexicana por el antropólogo Oscar Lewis, los protagonistas rara vez se hallan solos. Cuando no están ocupados confrontando colectivamente un peligro externo, se encuentran encerrados en un recinto a la vez real e intangible, escenificando un espectáculo interminable de lucha libre entre ellos.

Multitudes solitarias

Quien haya vivido en rancherías comprenderá al punto la respuesta de Critchfield. De hecho, el imperativo de comunicación se manifiesta en entidades sociales aun mayores que las rancherías, al menos en México. En Pátzcuaro, por ejemplo, aunque la ciudad tiene ya más de cincuenta mil habitantes, éstos se reconocen y se saludan en cada encuentro. Por las tardes y con excepción tan sólo de las calles más transitadas por vehículos, muchas mujeres se sientan en el escalón que marca el umbral de su casa a ver pasar a los transeúntes, quienes con alta probabilidad se detienen a su vez unos momentos frente a los umbrales parlantes, a intercambiar impresiones y chismes.

Existe sin embargo un límite de población más allá del cual los conglomerados humanos pierden su cohesión y se despersonalizan. Un límite que parece disminuir rápidamente con la latitud geográfica. Sin embargo, esta regla no es absoluta, pues sociedades gigantescas y densas como la china y la japonesa mantienen todavía un alto grado de cohesión. La ciudad de México, en apariencia tan despersonalizada, recobra parte de su humanismo bajo el efecto de perturbaciones mayúsculas, como el terremoto de 1985. Nueva York también respondió de manera coherente ante los ataques terroristas de septiembre de 2001.

Soledad y darwinismo

El castigo más rudo, aun para los presidiarios endurecidos, es el confinamiento solitario, el cual se torna especialmente cruel cuando incluye además la ausencia total de luz y de sonido. Nuestro balance físico y emocional depende de un flujo ininterrumpido de estímulos externos reconocibles, especialmente aquellos generados por nuestros semejantes.

Pulso ecológico

Las termitas, las hormigas y las abejas aisladas duran muy poco tiempo vivas. Los tigres y las viudas negras buscan compañía temporal cuando les llega el llamado del apareamiento.

La vida comunitaria es un factor de supervivencia. El nivel de criminalidad en los barrios bien estructurados socialmente es menor que en los “fraccionamientos” habitacionales ensamblados al vapor. El costo en vidas y el intervalo de recuperación ante perturbaciones —incendios, huracanes, etcétera—, disminuyen significativamente cuando en la comunidad afectada hay disciplina y comunicación entre sus miembros.

Tiempo perdido

En Trieste, una ciudad cercana a Venecia, existe un centro de investigación donde pasé un periodo sabático durante 1989, *annus mirabilis* de la gran transición europea que culminó con la caída del muro de Berlín. En el instituto triestino había un buen número de científicos rusos, admirados por los académicos provenientes de otros países por su arte consumado en el oficio de esperar en fila.

Las colas más largas y tediosas se formaban ante las máquinas copadoras, a pesar de que eran numerosas y de que trabajaban sin interrupción diez horas diarias. Los usuarios típicos tomaban su lugar en la fila y esperaban más de media hora en promedio para llegar a la máquina, la cual podían usar unos diez minutos según las reglas. Después de eso tenían que formarse en alguna otra fila y repetir el procedimiento hasta terminar su tarea.

Los expertos rusos eran distintos. Cada uno de ellos se formaba brevemente en la fila más corta en ese instante y vigilaba las demás colas. En el momento en que una de ellas adquiría la longitud apropiada, le pedía a la persona detrás de él que "por favor le cuidara su lugar". Se formaba entonces en la nueva fila y repetía el proceso, que lo llevaba a una tercera fila y así sucesivamente, hasta que le llegaba el turno de uso de la copiadora en su fila original y volvía a ella, dándole las gracias al ingenuo que había guardado su lugar. De esta manera realizaba un número de copias cinco o seis veces mayor que el logrado por los mortales comunes y corrientes durante el mismo intervalo.

Modus vivendi

Los únicos rivales de los rusos en el arte de hacer cola eran los académicos vietnamitas y de otros países socialistas de esa época, así que para aprender algo sobre su estrategia interrogué a un colega ruso sobre las raíces de su habilidad. Me comentó que buena parte de su vida había transcurrido esperando en fila y que lo que yo calificaba como pericia no era otra cosa que el resultado de un proceso de adaptación darwiniana, pues estaba seguro de que sus hijos resultarían aún más avezados que él en el arte de esperar con provecho.

Para cuantificar nuestro argumento calculamos la fracción de su vida y de la mía que habíamos desperdiciado haciendo cola. Según su propio cálculo él había pasado en promedio al menos una hora y media cada día en filas que generaba la *nomenklatura* burocrática, el sistema de transporte, el educativo, o una combinación de éstos, lo cual equivalía a 10% del total de su tiempo de vigilia. Aclaró que él pertenecía desde su infancia a un estrato privilegiado, por lo que probablemente el promedio de desperdicio de vida en la población de su país rayaba en un 15 ó 20%.

Curriculum vitae

¿Cómo se distribuye nuestro tiempo de vida en la actualidad? Recientemente alguien cuantificó en términos semejantes la fracción de vida que un habitante típico del Distrito Federal le dedica a transportarse. Bajo la premisa de que el tiempo promedio dedicado diariamente al transporte es de dos horas, resulta que 8% de su vida transcurre en esta actividad. Esto se traduce en cerca de cinco años perdidos en el caso de alguien que llega a los 60 años de edad. La mayor parte de este tiempo se esfuma en congestionamientos del sistema de transporte, pues las dos horas invertidas por muchas personas se reducen a media hora, o menos, cuando recorren la misma ruta en la madrugada.

Este ejercicio puede extenderse al resto de nuestras actividades, con resultados ruborizantes. Por ejemplo, el tiempo promedio que pasan las personas ciudadanas mirando televisión varía entre 3 y 5 horas diarias, que se traducen, tomando un promedio salomónico (4 horas diarias), en diez años de telenovelas, partidos de fútbol y chistes de mal gusto, para alguien que alcanza los 60 años.

Del rancho a la capital

Como recurso de autodefensa podríamos mudar el énfasis, de la cantidad de tiempo perdido cotidianamente, a la calidad del tiempo ganado en nuestros intervalos de suerte. El balance resulta negativo.

Y el pasado tampoco ofrece consuelo. En las rancherías antiguas, por ejemplo, el tiempo utilizado en el cultivo, la recolección y el consumo de alimentos representaba un porcentaje mayoritario de la vigilia de los habitantes. Las noches eran más largas también (dada la ausencia de luz eléctrica), y era impensable un congestionamiento de tráfico en los caminos de entonces.

En contraste, las rancherías actuales no ofrecen un remanso de eficiencia que contraste con el desperdicio del tiempo de vida ciudadana. Según información anecdótica disponible sobre el asunto, las noches televisivas en muchas rancherías son al menos tan largas como en las grandes ciudades (donde existen numerosas alternativas de diversión nocturna), y los días transcurren para muchos jóvenes de pantalla en pantalla (del televisor al teléfono celular y viceversa, etcétera), como si no existiera un mañana, cuando las remesas mágicas provenientes del polo norte se esfumen y provoquen un reencuentro doloroso con la lucha cotidiana por la existencia.

¿Y los demás?

En Hong Kong, 40% de la gasolina se consume en congestionamientos de tráfico, con el vehículo totalmente en reposo. En la Ciudad de México la parálisis por un conflicto del sistema de transporte fácilmente alcanza varias horas de duración. En Calcuta el tráfico es tan lento y azaroso, con su mezcla de vehículos de combustión interna,

bicicletas, carretones, etcétera, que aun cuando la situación no rebasa el umbral de crisis sólo puede describirse apropiadamente con la frase de Galileo, “Y sin embargo, se mueve”. Xalapa no está tan lejos de Calcuta, con su propensión a paralizarse en cualquier cruce, en cualquier momento, sin causa aparente.

El tráfico en Hong Kong es también un fenómeno fatigoso, saturado de adrenalina. Su ineficiencia trae a la mente los apuros de la Reina Roja en la historia de *Alicia en el País de las Maravillas*, que se esforzaba al máximo en su carrera perenne, sin mayor recompensa que mantenerse siempre en el mismo lugar.

¿Qué hacer?

Una posibilidad es buscarle una solución técnica al enigma del transporte. Sin embargo, el problema del tráfico vehicular en una red de vías entrelazadas es uno de los más complejos que se han confrontado en física y en matemáticas, y por supuesto no se pueden predecir hasta la fecha sus umbrales de transición del tráfico fluido a la parálisis parcial o total.

Podríamos también emular a Jean Henri Fabre (1823-1915), en palabras de Darwin, un “observador inimitable”, quien fue maestro de física y biología en un liceo francés y el día de su jubilación escribió, “al fin libre y para ustedes, mis queridos insectos”, y se dedicó a estudiarlos con tal pasión que muchos lo consideran el fundador de la entomología moderna.

Aún más radical sería recuperar de golpe el control de nuestro tiempo y destino a partir de un acto supremo de voluntad, eligiendo quizá una ermita en las montañas como hábitat natural. Debo confesar que mi mayor aproximación a este ideal ha sido identificar como nicho emancipador una cañada cercana a Xico, perfecta hasta en su recepción privilegiada de Internet satelital de banda ancha.

Vidas ilustres

Cuenta Herodoto en su *Historia Natural* que el rey persa Ciro dijo que los ambientes mullidos como las ciudades producen hombres suaves y débiles, destinados a convertirse en vasallos de los hombres fuertes que generan la estepa y las montañas.

En nuestro tiempo, tanto las estepas como las montañas deshabitadas comienzan a escasear, y la lucha por la existencia muestra sus aristas más agudas precisamente en las ciudades, donde los miembros tanto de la élite como de los barrios bajos emulan día y noche a la Reina Roja, esforzándose al máximo y nulificando de paso su cosecha de placeres en la vida, sin mayor recompensa que conservar su sitio en el flujo artificial de las cosas.

A toda máquina

Un estudio realizado a finales de la década pasada sobre el tráfico en Londres reveló que su velocidad promedio aproximada era de diecisiete kilómetros por hora, o sea, unos cinco metros por segundo, menos de la mitad de la rapidez de un buen corredor de los cien metros planos. Más sorprendente resulta que hace cien años la velocidad promedio de los vehículos londinenses tirados por caballos era también cercana a los diecisiete kilómetros por hora.

Aeropuertos

La gran mayoría de las aeronaves comerciales para cien o más pasajeros viajan a velocidades de crucero cercanas a mil kilómetros por hora. Para un viaje intercontinental esto representa una enorme ganancia de tiempo en relación con la alternativa marítima o terrestre (en el caso de que no tengan que cruzarse los mares).

Sin embargo, para un viaje de unos quinientos kilómetros, las ventajas de este modo de transporte se esfuman. Recorrer esta distancia por carretera tomaría unas cinco horas, un intervalo considerablemente mayor que el que habría requerido un avión para hacer lo mismo. Pero cuando a este tiempo le añadimos la hora que uno tarda para llegar al aeropuerto y la de espera para abordar el avión, más la de revisiones de documentos y objetos de viaje, al subir y bajar del avión, resulta que el tiempo empleado en el viaje es el mismo en ambos casos.

Los nuevos aviones para más de ochocientos pasajeros (como el Airbus 380), seguramente le sumarán una hora a cada viaje aéreo, debido al tiempo necesario para acomodar en sus asientos y desalojar al final a una multitud de ese tamaño. Si a esto le añadimos el aumento incesante en el tamaño de las ciudades y en la lejanía de los aeropuertos, llegamos a la conclusión de que en un futuro cercano sólo los viajes en avión de más de mil kilómetros serán preferibles a los viajes por tierra, al menos desde el punto de vista del tiempo requerido.

Trenes rápidos

Un contraste en relación con el transporte de pasajeros en autobús y en coche lo ofrecen los trenes que circulan en vías subterráneas, superficiales o aéreas. Los más veloces viajan a unos trescientos kilómetros por hora en terreno favorable (plano y alejado de las zonas habitadas). Esto indica que, en una sociedad equipada con una red de transporte de este tipo y suficientemente extensa, sólo estarían justificados aquellos viajes en avión de varios miles de kilómetros, al menos de acuerdo con los criterios de economía y duración utilizados en nuestro análisis comparativo.

El sistema de transporte carretero más complicado e ineficiente que conozco es el hindú, con su mezcla de automóviles, camiones y autobuses con motores diesel usualmente mal ajustados, que literalmente oscurecen el cielo, amén de bicicletas, motocicletas, triciclos motorizados, carretas tiradas por bueyes y hombres cargados con grandes bultos. Sin embargo, un sector particular de su sistema ferroviario es puntual, eficiente y veloz, pues sus trenes promedian más de cien kilómetros por hora en jornadas de varias horas.

Transporte individual

En el extremo opuesto al de la colectivización extremada del transporte que representan los trenes, barcos y grandes aviones, tenemos al viajero unitario que se desplaza a pie o en vehículos como bicicletas y motocicletas. Hace algunos años, este escenario se enriqueció con la emergencia de aparatos individuales de dos ruedas, con motor de baterías, que permiten viajar a unos veinte kilómetros por hora.

Estos vehículos, juzgados en su debut como un gran avance conceptual y tecnológico en la historia del transporte, le suministran al usuario un radio de acción adecuado para sus viajes cotidianos típicos y le permiten llevar un portafolio y vestirse con traje y corbata, sin temor de arrugar o ensuciar su indumentaria, pues se controlan simplemente inclinando el cuerpo. La única desventaja actual de estos vehículos es su precio, cercano a los cinco mil dólares.

Desgraciadamente, la alternativa obvia y sana, caminar, no es realista en nuestro tiempo, dado que el rango de movimiento diario de una persona citadina típica es de decenas de kilómetros.

Inmovilidad

En contraste con quienes se trasladan diariamente decenas o aún centenares de kilómetros, los tiempos modernos han creado una nueva variedad humana que divide su tiempo y su energía en dos fases. En una de ellas duerme y en la otra se sienta frente a la pantalla de una televisión o de una computadora (con interrupciones aleatorias para hablar por teléfono y comer). Tales personas pueden pasar semanas enteras sin salir de casa.

Mucha gente productiva cumple cabalmente en casa sus tareas de supervivencia, apoyándose en la Internet. Desde mi perspectiva, tales individuos constituyen un factor de esperanza que resultará quizá decisivo en el proceso de disminuir nuestro uso global de combustibles en el transporte diario. Y por supuesto los peligros de salud derivados de su vida sedentaria podrían prevenirse con un sencillo régimen de ejercicio físico, consistente por ejemplo en darle cada alborada unas vueltas a la manzana donde viven.

Corvettes y Lamborghinis

Hace algunos años fue exhibido en la televisión un reportaje sobre las maravillas mecánicas y aerodinámicas del Lamborghini, uno de los autos deportivos más famosos y caros del mundo. En los momentos culminantes mostraban al auto viajando a una enorme velocidad por la campiña italiana, agitando las espigas de los sembradíos aledaños con los remolinos que generaba. El espectáculo se descomponía al final, con un pequeño letrero especificando que los productores del programa habían adquirido los permisos legales necesarios para manejar aquel vehículo por encima de los límites de velocidad vigentes. Habría que preguntarse qué tan a menudo lo podrían lograr en la avenida principal de una ciudad moderna.

Mercado negro

Los carboneros de mi niñez preparaban el carbón vegetal en hornos que construían junto al bosque y transportaban su mercancía en burros. El polvo negro se adhería tan íntimamente a su piel que sus hijos seguían viéndose polvorientos aún después de haber pasado un largo rato nadando con el resto de nosotros en algún manantial.

Con todo, podrían considerarse privilegiados en relación con los carboneros que trabajaban en las minas inglesas en los tiempos de Dickens. Sin embargo, justo es decir que el combustible que obtenían aquellos topes humanos a tan alto precio suministró el impulso energético de la Revolución Industrial.

En nuestro tiempo se está desarrollando a gran velocidad un mercado de carbono que en un sentido químico es el inverso del mercado histórico. Los nuevos carboneros realizan transacciones millonarias desde oficinas elegantes en EUA, Canadá y la Unión Europea, donde lo que se vende es una especie de carbón virtual, en la forma de bióxido de carbono que no entrará a la atmósfera.

Caja de Pandora

En los casi tres siglos que han transcurrido desde el inicio de la Revolución Industrial la concentración atmosférica de bióxido de carbono (CO_2) se ha incrementado en un tercio. Esta sustancia es quizá el más importante gas de invernadero. Junto con el metano, los fluorocarbonos y otros gases retienen buena parte de la radiación de baja frecuencia que emite la tierra tras absorber luz solar. El resultado es el efecto invernadero, pues aunque estos gases eventualmente reemiten la radiación, aumentan en el proceso el tiempo de residencia de esa energía en la atmósfera, elevando así su temperatura.

Recientemente fueron publicados los resultados del tercer estudio de la ONU sobre calentamiento global resultante del efecto invernadero. Los numerosos hallazgos sobre el fenómeno fueron calificados como evidencia "altamente probable" de que dicho fenómeno de calentamiento efectivamente está en marcha.

El Protocolo de Kyoto definió una estrategia de control de la concentración de los gases de invernadero en la atmósfera. Enfocó su atención en el CO_2 , dado que su flujo es el más abundante, y fijó la meta de disminuir en un par de décadas la tasa de crecimiento de la concentración atmosférica de esta sustancia, y estabilizarla a partir de ese punto.

Dicho protocolo le asigna a cada país una "cuota de emisión" de CO_2 y ofrece como incentivo económico que los países que no la agoten puedan vender su fracción libre a aquellos que la rebasen. Este esquema generó otros, como el que

propone que la entidad que sobrepase su propia cuota pueda borrar el pecado costearlo en algún otro sitio la generación de un flujo inverso de CO_2 (en otras palabras, sacándolo de la atmósfera). Esto abrió en la práctica una verdadera caja de Pandora.

Variantes

Un antecedente de este procedimiento de trueque lo ofrece el control parcial de las emisiones de bióxido de azufre (SO_2), logrado en EUA. Dicho gas, de origen industrial, produce ácido sulfúrico al reaccionar con el agua de lluvia, generando así lluvia ácida. En 1990 la autoridad respectiva de EUA estableció un esquema como el recién descrito, en el que las cuotas de emisión y el comercio con ellas ocurrían entre las compañías industriales involucradas.

Inicialmente, grandes empresas generadoras de un enorme flujo de CO_2 hacia la atmósfera, subsidiaron económicamente proyectos como la plantación y mantenimiento de bosques en países tercermundistas. Uno de los esquemas preferidos fue la plantación de bosques de bambú, por su gran densidad y productividad.

Un esquema alternativo de flujo inverso de CO_2 , actualmente en su etapa de prueba, consiste en captar este gas en las grandes chimeneas industriales, licuarlo y enterrarlo a gran profundidad. Otra estrategia experimental se basa en fijar carbono atmosférico en el plancton marino, fertilizando regiones apropiadas del mar con hierro, un mineral que resulta indispensable para su metabolismo.

Pecados e indulgencias

Inicialmente el costo de compensar la generación de una tonelada de CO_2 era de unos 35 dólares. En nuestros días, con la expansión del mercado y el escaso nivel de control del mismo, el costo ha bajado hasta unos 2 dólares por tonelada. Además, la posibilidad de comprar un sumidero de carbono en algún rincón alejado del mundo, justificando así un elevado flujo contaminante en casa, ha pervertido paulatinamente el mecanismo de balance recién descrito.

En la actualidad, con un mercado de flujos reales y virtuales de CO_2 que rebasa los 100 millones de dólares anuales, en el que los esquemas de fijación de ese gas se multiplican a diario, empieza a ser común el caso de individuos que compran toneladas virtuales de CO_2 para compensar sus pecados de consumismo.

Por supuesto, lo que en el fondo requiere nuestro ecosistema global es bajar su ritmo como reactor químico, para dejar de calentarse. Si esto ocurriera, todo lo demás —incluyendo el control de la temperatura— saldría sobrando.

Mercado negro

Los fluorocarbonos son también gases de invernadero, mucho más eficientes en este sentido que el CO_2 por unidad de masa. Tienen el agravante adicional de que

contribuyen al deterioro de la capa de ozono estratosférico que nos protege de la radiación ultravioleta proveniente del sol. Se utilizaron durante largo tiempo en todo el mundo como fluidos en circuitos de refrigeración, tanto por sus propiedades térmicas como por su bajo costo. Sin embargo, debido a su impacto climático y a su toxicidad dejaron de usarse en Norteamérica y Europa desde hace unos veinte años.

China nunca ha abandonado el uso de los fluorocarbonos en los equipos de refrigeración que fabrica; de hecho, domina el mercado mundial de sistemas de aire acondicionado, en buena medida porque sus competidores occidentales se ven obligados a utilizar refrigerantes considerablemente más caros. La industria china produce en su fábrica principal del fluorocarbono HCFC-22 (el que más utiliza), en forma colateral, una sustancia tan perniciosa que recibe de países europeos y de EUA un subsidio anual de cientos de millones de dólares, por el gran favor que le hace al mundo al incinerar un monstruo químico de su propia creación.

En años recientes, China se ha visto presionada por los demás países para que deje de utilizar fluorocarbonos como refrigerantes, pero se niega a hacerlo, en buena medida porque perdería de esa manera el enorme subsidio anual recién mencionado. La India se encuentra en una situación muy similar. ¿Quién logrará cortar este nudo gordiano?

Jaikú

En cierta ocasión, durante mi paseo cotidiano por el Jardín Botánico Clavijero en el Instituto de Ecología, A.C., de Xalapa, descubrí a varias cotorras que comían los frutos amarillos de un árbol de paraíso; a medio recorrido divisé a dos cotorras más comiendo las últimas frutas de un árbol de lilliana, rojas y suculentas como cerezas. Al concluir el trayecto retorné al árbol de paraíso y hallé a las aves originales acompañadas en su banquete por varios pericos.

Según la ficha de identificación botánica que colgaba de cada árbol, el de lilliana es originario de África y el de paraíso proviene del sureste asiático y de Australia. Concluí entonces que acababa de contemplar evidencia de adaptación alimenticia de aves a nuevas fuentes de sustento, introducidas en su hábitat natural hace menos (quizá mucho menos) de quinientos años, tras el “descubrimiento” de nuestro continente por los europeos. Sin embargo, mi hallazgo resultó esencialmente inútil, por su carácter puramente cualitativo.

Matematización

En las ciencias duras actuales (física, matemáticas y química), buena parte del mérito de un trabajo científico proviene de su grado de cuantificación. Esto coloca a la biología —y por lo tanto a la ecología— en una situación incómoda, pues movidos en parte por este criterio de mérito los autores le asignan números a prácticamente todo lo que se mueve, sin ocuparse demasiado por suministrar un análisis conceptual que respalde su numerología. En los casos desafortunados, se procesan con recetas estadísticas los números resultantes hasta barnizar la ignorancia biológica sobre ellos con innumerables “índices cuantitativos”.

Jean-Henri Fabre

No siempre ha sido así, al menos en las ciencias biológicas. Hace cerca de un siglo murió Jean-Henri Fabre (1823-1915), un científico francés que dedicó buena parte de su larga vida al estudio de los escarabajos, termitas, arañas, escorpiones y demás seres del traspatio y los rincones.

Fabre no fue por supuesto el primero en interesarse en los insectos y los arácnidos. Sin embargo, al tender la vista más allá de sus caracteres morfológicos y fisiológicos, enfocando además sus patrones normales de comportamiento y sus respuestas ante perturbaciones novedosas —suministradas muchas veces por él mismo—, enriqueció el conocimiento que se tenía sobre ellos al grado de merecer la etiqueta de “Padre de la entomología”.

La originalidad de Fabre se manifiesta brillantemente en la descripción de sus descubrimientos. Su famosa serie de libros titulada *Souvenirs entomológicos* combina en sus relatos los artilugios de Esopo y de Arthur Conan Doyle, la sensibilidad de Dickens y la precisión de Cuvier cuando el rigor científico se torna prioritario.

Cuento de navidad

La vida de Fabre es un cuento de hadas. Provenía de una familia campesina muy pobre e inició su educación escolar bastante tarde, completándola con sobresaltos. Consiguió eventualmente una beca con la que completó su educación media, convirtiéndose en maestro de educación básica. Eventualmente estudió matemáticas en la universidad y obtuvo un doctorado en ciencias.

A pesar de su ajetreada vida, logró apartar siempre el tiempo suficiente para profundizar en sus observaciones sobre los artrópodos (especialmente insectos y arañas) y para escribir en total más de setenta libros de texto y científicos. El primero de sus libros lo publicó cuando tenía más de 40 años de edad.

Segundo aire

A los 55 años se retiró en definitiva de sus empleos formales, para dedicarse de tiempo completo a sus animales preferidos. Adquirió por fin una casa propia, en un sitio rural bastante árido, lo que desde su perspectiva constituía una ventaja por la abundancia de alimañas. Gradualmente optimizó su casa para llevar a cabo su labor científica y durante los 36 años siguientes descubrió y publicó un gran número de novedades sobre sus pequeños artrópodos.

Hacia el final de su vida completó los *Souvenirs etimológicos*, su obra maestra. Sus amigos profundos incluían para entonces a Darwin y a John Stuart Mill. Por su casa habían desfilado personajes literarios y científicos: Mallarmé, Maeterlinck, Pasteur, entre otros.

Tiempos modernos

Darwin y Fabre tenían mucho en común. En su niñez Darwin estuvo fascinado por los escarabajos. Cuenta en un párrafo autobiográfico que halló en alguna ocasión uno sumamente interesante bajo la corteza de un árbol. Mientras lo analizaba se percató de la presencia de otro escarabajo igualmente raro y lo tomó con su mano libre. Sin embargo, justo en ese momento descubrió un tercer escarabajo aún más exótico y para evitar que se escapara metió en su boca el anterior y atrapó al último, lo que le costó que su lengua quedara seriamente escaldada por el chorro químico que arrojó en legítima defensa el escarabajo prisionero. Fabre en alguna ocasión fue amenazado con ser llevado a prisión por un criador de conejos, a quien puso nervioso tras permanecer varias horas agazapado a poca distancia de la cerca protectora de

los animales. Fabre por supuesto se hallaba en esa posición sospechosa estudiando a unos insectos anidados en el suelo.

Es muy posible que la mayoría de los grandes trabajos de Fabre sobre el comportamiento de los insectos, los arácnidos y otros animales, no habrían sido aceptados por las revistas de investigación “serias” de nuestro tiempo, en algunas ocasiones por cuestiones metodológicas (que incluyen el rechazo sistemático de toda aseveración anecdótica), y en otras por la falta de cuantificación suficiente en su análisis de datos.

Darwin, con su honestidad característica, llegó a quejarse también de la deficiencia que representaban sus débiles bases matemáticas. Sin embargo, utilizó su aritmética con tal maestría que, al leer por ejemplo su trabajo sobre el poder de reciclaje del subsuelo por las lombrices de tierra, se antoja que la intrusión de matemáticas avanzadas y de sesudos análisis de varianza y otros placebos modernos habrían empobrecido su argumento.

Jaikú científico

El jaikú es una forma poética tradicional japonesa bastante restrictiva desde el punto de vista formal, pues fija rigurosamente el número de unidades fonéticas en grupos consecutivos de 5, 7 y 5 unidades.

El criterio de mérito que se le aplica a un jaikú incluye además la demanda de enraizar su argumento (dentro del escaso marco formal recién descrito), tanto en el polo cotidiano como en el nivel trascendente del universo, para empalmar al final del poema estos dos extremos a través de una acción concreta.

Darwin y Fabre salpicaron sus grandes obras con innumerables jaikús científicos, anidándolos además a la manera de las muñecas rusas, de tal forma que de los detalles menos conspicuos de su argumento se pueden inferir patrones globales de comportamiento y evolución del estado viviente.

Poesía ecológica

En cierta ocasión alguien llamó mi atención sobre el paisaje en el cuadro de *La Gioconda*, intentando conectar su sendero y su lago borroso con el estado de ánimo de la dama de Leonardo. Yo quedé muy sorprendido, no tanto por la espiral forzada del argumento, sino porque nunca me había percatado de que en ese cuadro existiera algo más que la mirada plácida y la sonrisa leve de la Gioconda. La culpa sin duda es de Leonardo, por no balancear su poderoso foco de atención con el entorno.

Arte ecológico

La escultura concentra su energía en un objeto y no le sobran recursos para ocuparse del ambiente. La música tampoco le dedica mayores resonancias al entorno, más allá de algunas sinfonías pastorales y pasajes bucólicos.

La pintura, en contraste, ha mantenido siempre un vínculo estrecho con el ambiente, aun en el Renacimiento, cuando Leonardo y sus semejantes transitaron su curva de vida fascinados por el cuerpo humano y sus corolarios. La pintura china es diferente, pues desarrolla su tema desplegándolo verticalmente en un ecosistema idealizado, con ríos y montañas y bosques, donde la presencia humana se condensa en una casa o en una persona que resalta en el conjunto sin llegar a dominarlo. La pintura japonesa heredó muchas características del arte chino.

Apoyándose en la perspectiva, los paisajistas europeos lograron versiones notables de campos de labranza y estanques y escenas marinas, minimizando algunas veces la presencia humana en sus creaciones. Sin embargo, no fue sino hasta tiempos relativamente recientes que se decidieron a pintar paisajes montañosos, probablemente porque aun a mediados del siglo XIX las montañas se consideraban en Europa como arrugas y deformidades de la tierra. México tuvo en José María Velasco (1840-1912) un paisajista de primer orden, que complementó su habilidad artística con una sólida educación ecológica.

Poesía ecológica

La narrativa ecológica es añeja y profunda. En su versión moderna la inauguró Herman Melville con *Moby Dick*. José Eustacio Rivera pertenece a la misma cofradía, manifestándolo claramente en *La vorágine*. Las figuras cimeras en cuanto al carácter darwiniano de sus temas y su lenguaje son, sin duda, Joseph Conrad (*Corazón de tinieblas*, *Lord Jim*), y Jack London (*Colmillo blanco*, *El lobo de mar*).

La poesía ecológica es menos explícita en su darwinismo que la narrativa, pero la supera en antigüedad y (quizá) en pedigrí, pues arranca de los mismísimos

Vedas y tal vez de obras aún más remotas, como el poema sumerio de *Gilgamesh*. Ilustraré el género a través de los siguientes ejemplos los cinco primeros poemas son traducciones mías de versiones en inglés.

Madre tierra (fragmento)

La tierra es mi madre,
Y yo soy su hijo.
Tierra que abrazas los mares y ríos,
Donde crecen los campos de grano.
Tierra que acoges a las ciudades,
A los campos y a los hombres,
Placenta de todas las cosas.
Tierra de hermosas colinas
Y montes nevados y bosques,
Tierra blanca y tierra negra,
Tierra de tantos colores,
Que pariste lo mismo
Al grande que al nimio,
Y recibes al bueno y al malo.
Oh Tierra, que aquello que saco de ti
Se renueve al instante;
Oh Tierra, que al hacerlo
No lastime yo nunca tus entrañas
Ni tu corazón.

Anónimo, *Atharva Veda*

Himno a la paz (fragmento)

Invoco el Om, armonía cósmica.
Paz y armonía en el cielo y en la tierra
Y en las aguas,
En la hierba y en los bosques.
Paz y armonía entre los pueblos
Y para todas las cosas.
Paz verdadera, en mis adentros.
Paz. Paz.

Anónimo, *Rig Veda*

(Sin título)

Dentro de esta vasija de barro
Hay cañadas y bosques
Que cubren montañas.
Los siete mares caben adentro,
La infinidad de estrellas.
El ácido que prueba el valor de la joya
Está dentro,
Y aquel que les fija su precio.
Y la música de las cuerdas
Que nadie toca,
Y la fuente de todas las aguas.

Kabir

Preludio

Porque he aprendido a contemplar
A la naturaleza, no como lo hice en tiempos
Irreverentes de juventud, sino escuchando
La música suave y triste y poderosa
De la humanidad.
Y he sentido una presencia
Que me perturba con la dicha
De pensamientos elevados; un sentido sublime
De algo aún más profundo,
Que habita en la luz de los ocasos,
Y en el océano y el aire
Y en el cielo y la mente;
Un movimiento y un espíritu
Que impele a todo lo vivo,
A los objetos y al pensamiento
Y a todas las cosas.

William Wordsworth

Las ballenas no lloran (fragmento)

Dicen que el mar es frío, pero el mar cobija
La sangre más caliente de todas, la más salvaje, la más urgente.
Son las ballenas, que surgen del fondo y se sumergen bajo los icebergs
Y se mecen y ruedan por los abismos sensuales, eternos

Pulso ecológico

De los siete mares.
En los trópicos tiemblan las ballenas en celo
Y retozan poseídas por el deseo, como dioses y diosas.
Entonces el gran macho se afianza sobre el cuerpo de la hembra
En el fondo del mar azul, montaña sobre montaña,
Y del océano rojo y turbulento de la sangre de ballena
Emerge el mástil, largo, fuerte, intenso, como una proa
Y se sumerge en el abrigo tierno y salvaje del cuerpo sin fondo de ella.
Y sobre el puente de aquel falo poderoso
Transitan los arcángeles en llamas, de él a ella, de ella a él...

David Herbert Lawrence

Maíz

No fue mi origen la alcoba reina, marfil y seda;
Tampoco el postre del vencedor, gónada y lumbre
A galope tendido por la curva africana.
Ni península Cádiz, ni lago Tenochtitlan, ni selva Dahomey.
Yo no conquisté la tierra,
Ni digan que la perdí.
Yo nací ayer, con el alba,
Cuando al abrir la última puerta descubrí
Lo que ahora sabes.
Soy un hombre de maíz.
Tantas veces dije adiós, tanto he negado
Y sin embargo
Soy un hombre de maíz.

José-Leonel Torres, *Holograma*

Cobá

La estela es un paréntesis en la erosión de la roca,
La roca es un momento en la existencia del polvo,
El polvo es un resumen del veredicto del tiempo,
Es tiempo es un murmullo en la quietud de la selva,
La selva es el pigmento en la pupila de Dios.

No es imposible imaginar que un dios
Santificó estas piedras con sus pasos,

Que inspirado en el juego de pelota
Compadeció la condición humana
Y se propuso aligerar su carga
Y selló su intención con juramentos, falsos,
Invocando a una ceiba por testigo.

Sin metáfora alguna,
En Cobá adiviné una presencia,
En el vaho de la selva,
O en el ruido de fondo,
O en un brillo anormal de las cosas. No sé.
Sólo sé que en ocasiones la razón es un estorbo.

José-Leonel Torres, *Cono de Sombra*

Darwin

Yo estoy en guerra con Dios.
De día cruzamos espadas,
De noche me da agua regia
Para curar mis heridas.
Confiado a sus armaduras
Juega conmigo.
En el nombre de Darwin.
Y entre batalla y batalla
Con la punta de mi daga
Cultivo una rosa blanca,
Para no embrutecerme.

José-Leonel Torres, *Holograma*



Salto de Eyipantla, en Los Tuxtlas. La foto esquiva intencionalmente un basurero flotante al pie de la cascada.



Salto de Eyipantla. En ocasiones, es una bendición que las imágenes sean inodoras.



Un nicho ecológico en la sierra de Los Tuxtlas.



Selva fragmentada (Los Tuxtlas).



Selva fragmentada, mar contaminado (Los Tuxtlas).



Aves nativas y aves de paso en el lago de Catemaco.



Humedal costero.



Quiahuixtlán: el Morro y sitio arqueológico. A pocos cientos de metros de aquí fundó Hernán Cortés su primer asentamiento "mexicano" : Villa Rica de la Veracruz.



Paisaje montaños cerca de Xalapa.



Fotografía aérea de Xalapa en la zona del cerro Macuiltépetl.



Paisaje montañoso cerca de Xalapa.



Cañada del Eje Volcánico.



Mariposa recién averiada en un ala por el ataque de un pájaro.



Rincón del Río Sordo cerca de Xalapa, tras un aguacero.



Un pariente cercano del quetzal, de paso por el Jardín Botánico Clavijero.

Este texto se terminó de imprimir en el mes de diciembre de 2007 en los talleres de Artes Gráficas Panorama, S.A. de C.V., siendo Gobernador del Estado el licenciado Fidel Herrera Beltrán y Secretario de Educación de Veracruz el doctor Víctor A. Arredondo Álvarez. La edición consta de 1,000 ejemplares. Estuvo al cuidado del Departamento de Apoyo Editorial de la SEV.