

CIENCIA Y CULTURA elementos

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

No.47 Vol.9 septiembre-noviembre 2002 \$25.00



¿Es la cara el espejo del alma? J. M. Delgado La primera persona: A. Grajales
David Hume. El escepticismo mitigado C. Gutiérrez Pandemia de gripe R. Valdez
El futuro de la vegetación de México J. M. Reyes y D. Martínez



© Oscar Necochea, de la serie *El cielo sobre nosotros*, 1989-2001.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
 rector, Enrique Doger Guerrero
 secretario General, Guillermo Nares Rodríguez
 vicerrector de Investigación y Estudios de
 Posgrado, Pedro Hugo Hernández Tejeda

ELEMENTOS
 www.elementos.buap.mx
 revista trimestral de ciencia y cultura
 número 47, volumen 9, septiembre-noviembre de 2002
 director, Enrique Soto Eguibar
 subdirector, Marcelo Gauchat
 consejo editorial, Beatriz Eugenia Baca, María de la
 Paz Elizalde, Enrique González Vergara, Francisco
 Pellicer Graham, Leticia Quintero Cortés, José Emilio
 Salceda, Raúl Serrano Lizaola, Enrique Soto Eguibar
 Cristóbal Tabares Muñoz, Gerardo Torres del Castillo
 edición, Marcelo Gauchat,
 José Emilio Salceda, Enrique Soto Eguibar
 asistente, María del Refugio Álvarez Tlachi
 diseño y edición gráfica, Jorge López Vela
 portada
 Jorge López Vela
 interiores
 Jorge López Vela (jorgelepez@terra.com.mx)
 Oscar Necochea (oscar@photok.com)
 impresión, Lithoimpresora Portales S.A. de C.V.
 redacción, 14 Sur 6301, Ciudad Universitaria,
 Apartado Postal 406, Puebla, Pue., C.P. 72570
 e mail: elemento@siu.buap.mx
 Certificados de licitud de título y
 contenido 8148 y 5770.



© Jorge López Vela, de la serie *Donde ninguno*, 1999-2002.

S U M A R I O

¿Es la cara el espejo del alma? 3

Fisiología de la expresión facial

José María **Delgado García**

Hacer y no hacer 11

Jürgen **Mittelstrass**

La primera persona 17

Guadalupe **Grajales Porras**

El escepticismo mitigado 23

David Hume y su relevancia para la teoría del conocimiento

Carlos **Gutiérrez Rueda**

La simulación computacional de procesos genéticos a nivel molecular 31

Eduardo **González Jiménez**, Valery I. **Poltev**

Pandemia de gripe 37

Sinaloa, 1918-1919

Rafael **Valdez Aguilar**

El futuro de la vegetación de México 45

Jenaro M. **Reyes Matamoros**, David **Martínez Moreno**

Inestabilidad de laderas 51

Sierras Norte y Nororiental del estado de Puebla

Oscar Andrés **Cuanalo Campos**, Guillermo **Melgarejo Palafox**

Notas 56

TELESCOPIO LUIS RIVERA TERRAZAS

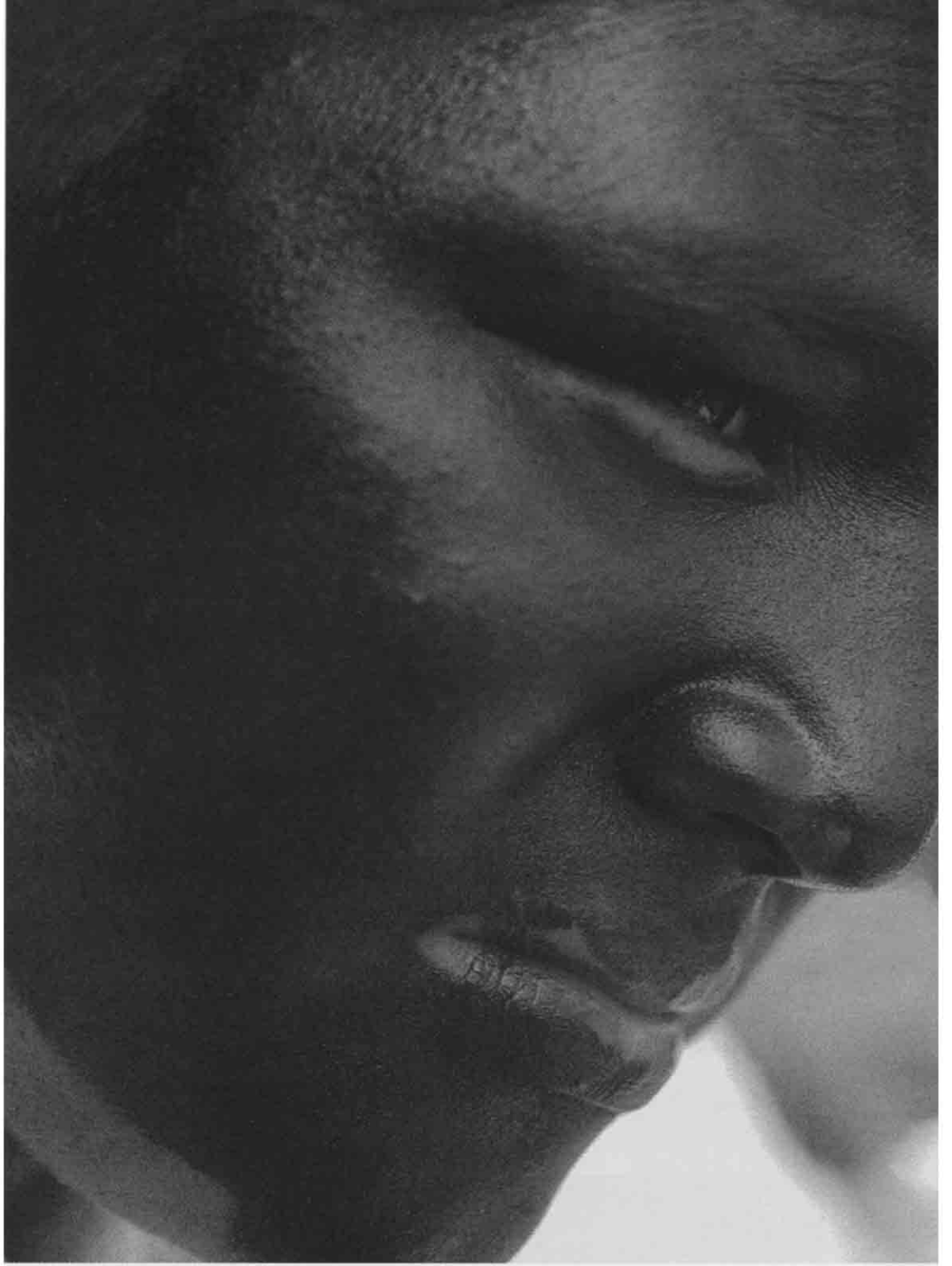
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-MATEMÁTICAS-BUAP

OSCAR MARTÍNEZ BRAVO, ALBERTO CORDERO DÁVILA, CARLOS ROBLEDO SÁNCHEZ

PIEDRAS, VIDRIOS Y CRISTALES

CRISTÓBAL TABARES-MUÑOZ

Libros 61



¿Es la cara el espejo del alma?

Fisiología de la expresión facial

José María
Delgado García

Quisiera más que nada, más que sueño,
ver lo que veo.
PEDRO SALINAS

Cada vez que usted contempla su rostro en un espejo está viendo el resultado expresivo de la acción de un elevado número de músculos controlados de forma precisa y continua por el sistema motor facial que reside en su cerebro. La expresión de su cara es, en cada instante, el resultado de su estado emocional interno. Sólo usted sabe, momento a momento, cómo se siente, pero los demás tienen acceso indirecto a su mundo interior a través del reflejo que su cara ofrece de lo que acontece en su interior. Pero, antes de explicar cómo el cerebro controla la expresión facial y cuánto sabemos hoy día de la organización neuronal de los movimientos faciales, conviene dar un breve rodeo por lo que para nosotros significa entender frente a entenderse, y por lo que un fisiólogo definiría como mundo interno por oposición al concepto de mundo externo.

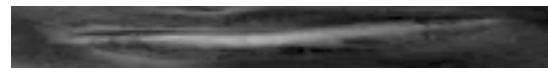
UNOS PASOS MÁS ATRÁS

Uno de los autores que ha delimitado mejor las relaciones y diferencias entre filosofía y poesía ha sido María Zambrano. Para ella, el filósofo indaga el Universo o todo lo que existe en busca del “ser oculto tras las apariencias”, mientras el poeta vive en un mundo transparente, en el que deambula “sumido en esas apariencias”. El filósofo trata de entender el mundo que le rodea, incluso de entenderse a sí mismo, despegándose de lo que siente y ve. El poeta, por el contrario, rebusca en su interior, quieto siempre, esperando una posible donación –de conocimiento. Zambrano se lamenta de la división

establecida por Platón, el cual reserva para los filósofos el entendimiento de lo real, mediante el pensar razonado, mientras que “el poeta debe tratar en sus poemas mitos y no razonamientos”. Pero, tal vez, sea difícil alcanzar el conocimiento absoluto por la ruta del pensamiento, se apoye o no en la experimentación. Para María Zambrano “la vista percibe la belleza que brilla, mas no puede percibir la sabiduría”.

Podría parecer innecesario este arranque introductorio a la fisiología del sistema motor facial si no fuera porque la expresión facial alcanza su mayor desarrollo evolutivo y su mayor riqueza gestual en la especie humana y porque la neurofisiología, en estos pasos iniciales del siglo **xxi**, ha de adentrarse con valor en el estudio de lo que hacemos, somos y sentimos. Es decir, no limitarse a describir neuronas, músculos y tendones como si de partes de un extraño se tratase, cuando se habla a fin de cuentas de uno mismo. Es necesario recordar aquí que el objetivo central de la neurociencia es la descripción comprensible de nuestro comportamiento y de nuestro pensamiento.

Vuelvo al argumento inicial. El neurocientífico de nuestros días, como el filósofo desde siempre, indaga la realidad (salvo que equipado de poderosos instrumentos de medir y contar) en busca de respuestas a preguntas elementales, pero inexpugnables casi: ¿de qué modo produce el cerebro la actividad mental?, ¿cuál es el núcleo central de una emoción? En su quehacer, el neurocientífico sale necesariamente fuera de sí. Todo lo observa desde el extremo de su electrodo de alta impedancia, o desde los objetivos tenuemente iluminados de su microscopio de enorme resolución. Incluso cuando investiga su realidad, o la de sus congéneres humanos, el neurocientífico mira y observa desde el exterior. Así, describe neuronas, centros y vías nerviosas, y hasta complejas funciones corporales de modo objetivo y desapasionado (aunque se suele irritar si otros colegas contradicen sus opiniones). Por el contrario, el poeta describe su interior, lo que siente y vive con la precisión del científico, pero también con el interés del que se juega algo importante en ese empeño. “¡No corras, vé despacio,/ que adonde tienes que ir es a ti solo!”, nos recuerda Juan Ramón Jiménez, quien, por lo demás, tenía un cierto parecido físico con Santiago Ramón y Cajal. En conclusión, para la neurociencia de nuestros días no es fácil abordar el estudio de nuestro ser interior, por la contradicción arriba reseñada; esto es, ¡porque para mirar dentro de nosotros de modo experimental hemos de salir al exterior!



MUNDO INTERNO, MUNDO EXTERNO

Le invito ahora a dar un salto en el tiempo de 3,500 millones de años y mirar en el origen de la vida sobre la Tierra. Para lo que nos interesa aquí, uno de los elementos primordiales en el origen de los seres vivos fue la aparición de la membrana plasmática, capaz de delimitar un interior extraordinariamente pequeño frente al mar inmenso en el que la vida se inició. Éste es un paso importante, porque las moléculas en disolución tienden a separarse entre sí lo más posible, siguiendo las leyes de la dilución, mientras que para que puedan existir reacciones químicas, las moléculas han de estar próximas o en contacto. Así, la membrana plasmática permite definir un espacio reducido en el que acumular de modo activo biomoléculas capaces de interaccionar entre sí por su corta proximidad. También en ese interior celular se acumuló el genoma, esto es, la compleja estructura molecular que almacena toda la información disponible en la célula y que le permite sobrevivir, reaccionar a estímulos y nutrientes, y reproducirse.

Quiero hacerle notar que, desde el inicio de la vida tal como la conocemos y entendemos hoy, el genoma o elemento rector de las actividades de los seres unicelulares se localizó en el interior celular, estando siempre bañado de protoplasma y aislado del medio externo por la membrana celular. El contacto de ese elemento central y rector de la vida celular con el mundo exterior se establece a través de la membrana plasmática. Es en esta última donde se localizan gran parte de los receptores que se encargan de informar de los cambios en luminosidad, concentración de aminoácidos e hidrogeniones, etc., que ocurren en el mundo exterior, así como de ejecutar las respuestas adecuadas. Por lo tanto, desde el comienzo de la vida la célula se constituye en una unidad funcional, compuesta de partes que cumplen tareas diferentes y dotada de un elemento central y separado del mundo exterior, que rige sus destinos.

Esta cierta ambigüedad, por la que el elemento que controla y regula las vicisitudes celulares en un medio hostil está al tiempo desconectado de éste, se mantiene a todo lo largo de la evolución de las especies y llega incluso a nosotros mismos. El cerebro de los vertebrados está, como el núcleo celular, separado del entorno físico y social, rodeado de tejidos protectores y bañado por el medio interno, es decir



por los líquidos corporales (sangre, líquido cefalorraquídeo y medio extracelular). Según la definición de Claude Bernard, el medio interno es constante en sus parámetros (temperatura, grado de acidez, concentración de iones y nutrientes, etcétera) frente al medio externo, cambiante siempre. El cerebro recibe información de lo que ocurre en el exterior a través de los receptores sensoriales, que le transducen¹ dichos cambios a un lenguaje comprensible para las neuronas: el lenguaje de los biopotenciales, de los impulsos eléctricos nerviosos. A su vez, el cerebro actúa sobre el entorno enviando órdenes neurales a los órganos efectores (los músculos, las glándulas de secreción, el órgano eléctrico en algunos peces, etcétera). Por lo tanto, el órgano gestor de las acciones animales y humanas se localiza en el interior del individuo y desde ahí lo dirige y controla.

Todavía hay un aspecto importante que destacar. El cerebro forma su propia imagen del mundo externo, físico y social; y esta imagen no tiene que ser tanto real como útil para la supervivencia. Ese mundo interno es necesariamente propio y peculiar de cada especie, y está formado por el conjunto de códigos neuronales que la adaptan a su entorno, y que permite vivir y perpetuarse en sus descendientes. Ese mundo interior de códigos y normas se pone de manifiesto hacia el exterior mediante el comportamiento, es decir, el conjunto de actos motores que hacen posible andar, saltar y hablar. Pero otro resultado de la actividad cerebral es el mundo de las sensaciones, del pensamiento, de la emoción. En este caso, todo el contenido de esas actividades cerebrales queda reservado al interior del individuo y no es fácilmente accesible a los observadores externos, sean o no de la misma especie.

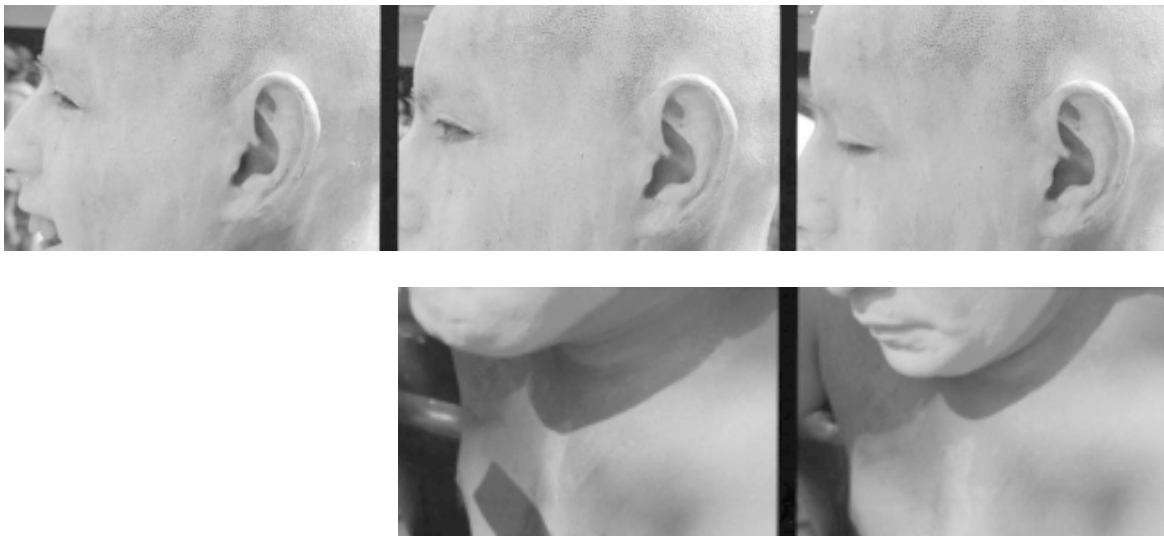
La mayor parte del acervo adaptativo de una especie se almacena en su genoma. Éste a su vez, mediante el fantástico proceso del desarrollo neuronal, se expresa en el cerebro de cada individuo. Gran parte de lo que hacemos o podemos hacer está determinado por la herencia, la cual ha sido seleccionada a lo largo del proceso evolutivo. De no ser así, nunca estaríamos bien preparados para sobrevivir. No sólo se heredan rasgos y estructuras (color de la piel, tamaño, disposición de órganos y sistemas), sino también comportamientos (gestos, habilidades motoras). Incluso en relación con las funciones cognitivas hay algo importante que decir respecto a la herencia. La actividad mental tiene una capacidad limitada, por lo que gran parte de lo que hacemos se

realiza sin un control consciente. Si tuviésemos que aprender realmente a caminar y a controlar conscientemente cada uno de nuestros pasos se nos iría la vida en ello. Todo aquello firmemente establecido por la selección de nuestra especie y de especies próximas está incrustado en el genoma, desde el ritmo circadiano a la forma de andar mediante bipedestación, y se hacen de modo casi automático. Otras funciones comportamentales y mentales están almacenadas de modo más provisional, en forma de deseos. A (casi) todos nos gusta el olor del azahar o la incansable canción del mar, pero no sabemos (ya) por qué. Quedó almacenado en el funcionamiento de nuestro cerebro, atrapado en nuestro yo interno, pero su razón primera, funcional y adaptativa, fue descubierta y razonada por nuestros antepasados y se guardó en forma de motivo para actuar, de deseo por satisfacer. Con probabilidad, es en este sentido en el que Erwin Schrödinger afirma que “nuestra vida consciente es necesariamente una lucha continua contra nuestro ego primitivo”. Nuestro yo consciente no alcanza la mayor parte de las veces a entender el mundo de los deseos y de las pulsiones internas porque su razón de ser desapareció del rastro de lo comprensible, de lo explicable.

En alguna parte de nuestro cerebro, la fruta que se deshace en la boca se ha de transformar en sabor, pero no sabemos bien dónde ocurre y, sobre todo, no entendemos todavía cómo ocurre. Tampoco sabemos gran cosa de cómo la actividad neuronal produce el estado consciente. En cualquier caso, ya dijo Albert Einstein que “lo más incomprensible del mundo es que sea comprensible”. Por una curiosa extensión argumental de lo apuntado al principio de este artículo, siempre tendemos a pensar que es más fácil de entender la materia que lo inmaterial (la mente, por ejemplo). Pero, como nuestro cerebro está hecho de la misma materia que el resto del Universo, y a este último pensamos que lo podemos entender, igual seremos capaces de entender nuestro mundo interior, con tiempo suficiente por delante. Ése es el sentido primigenio de la fisiología: la naturaleza (*physis*) es susceptible de ser entendida por la razón (*logos*).

EMOCIONES Y SENTIMIENTOS

Por definirla de alguna forma, la emoción es una agitación del ánimo, un fenómeno mental transitorio que se acompaña de correlatos vegetativos (rubor, sudor, lágrimas) y de actos motores más o menos voluntarios o conscientes. Por



© Jorge López Vela, de la serie *El retrato del cuerpo*, 1999-2001.

el contrario, el sentimiento es un estado del ánimo, un fenómeno duradero, que es difícil de captar en una expresión corporal definida. Para Jean Paul Sartre, la emoción es una conducta irreflexiva que se caracteriza por una brusca caída en lo mágico. Al menos, cualquier psicólogo o neurocientífico aceptará que la emoción como estado mental y comportamental se aleja del estado consciente dominado por lo razonable. En su teoría de las emociones, Charles Darwin apunta que el origen de las emociones hay que rastrearlo en gestos y actitudes más primitivas; por ejemplo, el gesto de amenaza en los mamíferos, incluida la especie humana, se acompaña muchas veces de enseñar los dientes, un gesto originario del acto de comer, en el que también se separan los labios ampliamente, para morder el alimento. Es como si el gesto indicase al observador que el observado le avisa que podría comérselo, morderlo al menos. Del mismo modo, la sonrisa tiene su origen, al parecer, en gestos de sumisión, fácilmente observables en el zoológico, en numerosas especies de primates.

Para Darwin, la expresión de la emoción es muy indicativa del estado interno de un sujeto, ya sea el observador un miembro de su especie o de otra con la que interacciona (cazador, presa). Y esto es así porque el estado emocional aparece en situaciones conflictivas, las que el individuo no puede controlar fácilmente de modo consciente. Es en esta situación, para Darwin, que se liberan actos motores incontrolados que informan al observador de lo que ocurre en el interior del observado. Esto es útil desde el punto de vista adaptativo, siempre que la emoción no sea fingida, por supuesto. La emoción fingida puede ser adaptativa, pero sólo por un tiempo limitado, ya que el

observador o el observado terminarán por ser descubiertos, perdiendo así su elemento sorpresa.

La emoción se expresa en tres formas distintas. En primer lugar, la emoción tiene un componente subjetivo, que corresponde a lo que el sujeto siente (ira, temor, etcétera). En segundo lugar, la emoción se traduce en una serie, no siempre exactamente igual para todos, de fenómenos vegetativos controlados sobre todo por el sistema nervioso simpático, como sudor, rubor, llanto o temblor. En tercer lugar, la postura corporal, la entonación de la voz y la expresión facial se modifican en acuerdo con la emoción que se siente. Así, el miedo se acompaña de una postura recogida, tratando de disminuir la superficie corporal, mientras que el enfado se suele acompañar de un cierto batir de los brazos.

EXPRESIÓN FACIAL

La cara en la especie humana alcanza posibilidades expresivas extraordinarias, ya que bajo la piel subyacen más de 20 (23 o 24, según autores) músculos distintos controlados por el núcleo motor facial y por la porción motora del núcleo del trigémino. Para Irenäus Eibl-Eibesfeldt, "los movimientos expresivos [faciales] son comportamientos que han experimentado diferenciaciones especiales al servicio de la emisión de señales".

Una prueba indirecta del origen común de las expresiones faciales más habituales es que todas son reconocibles por observadores pertenecientes a culturas humanas muy distintas. En la relación de expresiones faciales aceptadas o identificadas como tales por todos los miembros de nuestra especie están, según P. Ekman, las que indican los estados de alegría, tristeza, enfado, cólera, sorpresa, temor y asco. Es de señalar que en la actualidad se sabe algo más de



dónde se perciben en el cerebro los rasgos faciales y los correspondientes estados emotivos que de cómo aquél elabora las expresiones faciales correspondientes. En este último aspecto se centrará gran parte de lo que sigue en el artículo.

Hay una cierta y definitiva asimetría facial, que se corresponde también con una asimetría perceptiva. Nuestro hemisferio derecho percibe mejor el contenido emocional de la expresión facial y del tono de voz del observado, mientras que el hemisferio izquierdo se ocupa en mayor grado de descifrar el contenido abstracto y cuantificable del gesto y situación observados. De igual forma, la hemicara izquierda suele ser más expresiva que la derecha, lo que se comprueba enseñando a un grupo de observadores imágenes de un rostro completo y del mismo rostro compuesto de modo artificial de una duplicación de su mitad izquierda o de su mitad derecha. Puede que por eso Leonardo da Vinci nos presente el lado izquierdo del rostro de *La Gioconda*, como lo hacen también Velázquez en su autorretrato de *Las Meninas* y Goya con sus dos famosas majas.

EL SISTEMA MOTOR DEL PÁRPADO

Desde hace unos diez años, nuestro grupo de investigación viene estudiando la organización, cinética, propiedades en el dominio del tiempo y de la frecuencia y, por último, el control neuronal del sistema motor del párpado. Elegimos este sistema motor como modelo experimental para el estudio de cómo el sistema nervioso organiza el comportamiento por las razones que siguen.²

En el hombre, el párpado se mueve por la acción casi exclusiva del músculo orbicular de los párpados, el cual se extiende, en forma de banda circular, bajo la superficie de la piel que cubre la órbita ocular. La posición de reposo de ambos párpados es cerrada, incluso si nos colocan cabeza abajo. De hecho, los párpados permanecen abiertos durante el día por la acción mantenida del músculo elevador del párpado; esto es, del músculo de acción opuesta o antagónica a la del músculo orbicular. Si los párpados se cierran de forma pasiva, en ausencia de actividad contráctil en el músculo elevador, es por la tensión acumulada en los tendones y ligamentos estirados de forma continua por la acción de dicho músculo.

Por lo dicho hasta aquí se puede aceptar que el sistema motor del párpado es relativamente simple en su organización

muscular. Además, el párpado (salvo que se le coloquen pestañas postizas) es de carga fija: es decir, es un sistema motor al que no se le añaden cargas de peso variable, como ocurre con la musculatura de brazos y piernas. En concreto, toda la musculatura facial es de carga fija, lo que tiene cierta importancia funcional, como señalo más adelante.

Todos los sistemas biológicos evolucionan y, en esto, el sistema motor del párpado, tan aparentemente elemental y simple, no es una excepción. Haga una simple prueba: guiñe alternativamente uno y otro ojo. Verá que ese movimiento tan simple no lo puede hacer tan bien con un ojo como con el otro. Si mientras guiña un ojo aplica un dedo sobre el otro párpado notará que se cierra también, aunque menos que el que trata de cerrar de modo voluntario. El sistema motor palpebral en el hombre no es simétrico, ni completamente independiente. Cuando cerramos un párpado el otro se cierra algo también. Existe una tendencia evolutiva por la que la inervación de cada músculo orbicular de los párpados procede cada vez más de ambos lados del cerebro. En especies como el búho (¡gran guiñador!) o el lagarto, cada párpado se mueve de modo independiente. Por el contrario, nuestra especie, si sobrevive unos cuantos decenas de miles de años más, se verá en la tesitura de que casi no tendrá un movimiento independiente de los párpados. Así, en el futuro, nuestros descendientes lo tendrán difícil para entrecerrar los párpados de un ojo (como para insinuar a un/una colega), porque se le cerrarán también los del otro. Eso sí, no hay mal que por bien no venga, ya que, al mismo tiempo, será difícil asimismo apuntar con un fusil. Se habrá preguntado más de una vez por qué cambian los comportamientos, o qué razones subyacen a las distintas estrategias motoras que se observan en especies animales próximas. Ya ve, la explicación es, a veces, tan simple como la apuntada.

ALGUNOS DETALLES DE LA BIOMECÁNICA PALPEBRAL

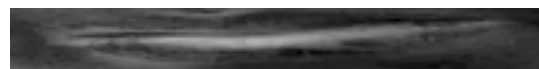
El sistema motor palpebral, y por extensión el de casi toda la musculatura facial, es diferente al de la musculatura que se inserta en los huesos. Durante el reflejo corneal el cierre inicial del párpado es muy rápido (alcanza hasta 2,000 grados por segundo, en el gato) y de duración fija (unos 20 milisegundos, también en el gato). Por lo tanto, si se quiere regular la amplitud del movimiento en función de la intensidad del estímulo, hay que hacerlo modificando la velocidad de cierre, ya que la

duración del movimiento no se puede cambiar. Esto no ocurre así con el movimiento del brazo, de los dedos o de los ojos, ya que en estos tres últimos casos, el movimiento se puede regular en amplitud, modificando tanto su velocidad de realización como la duración del mismo. Por lo demás, la velocidad y amplitud del movimiento del párpado durante el reflejo corneal⁴ tal como sucede para otras respuestas reflejas.

Si se aplica un análisis espectral, mediante la transformada rápida de Fourier o por la novedosa técnica de *wavelets*, se puede observar que, por ejemplo en el gato, el párpado tiene una frecuencia óptima de oscilación de unos 20 hertzios. Esta actividad oscilatoria no es un artefacto del sistema de registro de la posición palpebral, ni de las propiedades biomecánicas de la piel del párpado más el músculo orbicular de los párpados, sino que es el resultado de la actividad eléctrica de las motoneuronas faciales que inervan a este último.⁵ En efecto, el potencial de membrana de dichas motoneuronas en el gato oscila a 20 hertzios. Un dato muy importante es que dicha frecuencia de oscilación varía de una especie a otra en razón inversa al tamaño corporal, es decir, la frecuencia de oscilación del párpado es mayor cuanto menor es el tamaño corporal, algo muy bien descrito y conocido para otros sistemas motores, como el del corazón, por ejemplo. La relevancia funcional de estos sistemas oscilantes neurales subyacentes al sistema motor palpebral no es conocida de momento, aunque puede ser muy importante a la hora de organizar respuestas palpebrales duraderas, como ocurre con la respuesta palpebral condicionada (aprendida). La existencia de este sistema oscilador la puede observar en sus propios párpados si los trata de mantener entrecerrados por un tiempo. Notará al cabo de breves instantes que los párpados le comienzan a temblar de modo involuntario. Ese temblor palpebral en el hombre ocurre a diez veces por segundo, es decir, a la mitad de frecuencia que en el gato, por la razón que apunté más arriba.

CONTROL NEURONAL DE LOS MOVIMIENTOS PALPEBRALES

El núcleo motor facial o del séptimo par craneal se localiza en el puente o protuberancia.⁶ A él llegan terminales nerviosos desde el núcleo sensorial del trigémino, relacionados con el reflejo corneal por estímulos mecánicos, térmicos o nociceptivos. Pero también llegan vías aferentes de origen retiniano y coclear, relacionadas, respectivamente, con el reflejo corneal de origen visual o acústico. El sistema motor facial está también bajo el control de



la corteza cerebral motora e, indirectamente, de los ganglios de la base, en todo lo referente a los movimientos palpebrales voluntarios o en el parpadeo automático, respectivamente.

Por último, el sistema motor facial recibe aferencias nerviosas de distintos centros de la formación reticular troncocefálica y del sistema límbico. Estos últimos centros nerviosos participan en la activación específica de las distintas subdivisiones del núcleo motor facial para la expresión de los distintos estados emotivos (triste, alegre, asqueado, etcétera). Aunque las posibilidades motoras son infinitas en apariencia, la gestualidad que acompaña a las emociones básicas o comunes a todos los seres humanos es limitada, lo que indica la presencia de patrones de acción fijos en estos centros nerviosos, que se activan de acuerdo con cada situación emocional. Para la expresión de emociones distintas se puede utilizar el mismo músculo en mayor o menor grado. Por ejemplo, la elevación de los párpados está presente en reacciones de sorpresa y miedo, pero también en situaciones de atención, o como componente facial de una señal de saludo.

POR QUÉ LA CARA ES EL ESPEJO DEL ALMA

Habrás observado más de una vez que puede saber cuál es la posición exacta de los dedos de sus manos si necesita de verlos. Es decir, los puede, por ejemplo, cruzar y descruzar ocultos en su espalda y saber, empero, la posición que ocupan. Eso ocurre así porque la musculatura de la mano posee propioceptores que indican al cerebro el grado exacto de contracción de cada músculo. Aunque le resulte extraño, esto no es posible con los músculos de la cara. Los músculos faciales carecen, al parecer, de husos musculares, que son unos receptores sensoriales localizados dentro de los músculos y que indican el grado de estiramiento de éstos. Sin esa información, las motoneuronas faciales no pueden saber cuánto de distendido o contraído está un músculo. Dicho en término más simples, no podemos saber con exactitud la posición del párpado en cada momento. Un ejemplo ilustrativo es que si nos soplan en la región orbitaria con los párpados ya cerrados, éstos se contraen más todavía, cuando ese movimiento es del todo innecesario. Así, las motoneuronas faciales que inervan el músculo orbicular sólo envían órdenes neurales para que los párpados se cierren, pero no para que mantengan una posición determinada, sobre todo cuando el estímulo desencadenante es de origen reflejo.



NOTAS

Esa imposibilidad de saber con precisión la localización de cada músculo facial hace que la expresión instantánea de nuestra cara nos sea casi desconocida. Sin embargo, no lo es para el observador, y no lo sería, por supuesto, para nosotros mismos si nos pasásemos la vida ante un espejo. Efectivamente, no somos conscientes normalmente de las pequeñas asimetrías faciales (observables en todos los rostros humanos), como ligeras diferencias en la posición de las comisuras bucales o en el grado de apertura de ambos párpados. De igual manera, la expresión facial de una emoción no está del todo bajo el control motor voluntario, sobre todo por la ausencia, antes indicada, de información propioceptiva. Se estará preguntando, de seguro, cómo entonces se puede simular un estado de ánimo o imitar la expresión de una emoción. Salvo individuos muy expertos o entrenados, no se suele pasar de eso, de simular o imitar, pero nunca de reproducir el original. El observador avezado podrá detectar tales gestos como escasamente auténticos, de la misma forma que se diferencia un Picasso copiado de uno original. Por necesidad, el imitador mira y copia, lo que genera ambigüedad en el trazo y en la realización del movimiento. El gesto original sale de dentro y ni siquiera puede ser copiado plenamente por su propio autor. Esto confiere un alto valor informativo a la expresión facial como guía para el observador del estado interno, del mundo interior, del observado.

LA CARA COMO REFLEJO DE NUESTRO MUNDO INTERNO

Desde un punto de vista motor, la cara ha alcanzado un notable desarrollo expresivo en los primates, sobre todo en el hombre. El sistema motor facial está compuesto por más de 20 músculos capaces de representar distintos tipos de expresiones faciales. Sólo el párpado, controlado casi en exclusiva por dos músculos antagonistas, presenta una elaborada biomecánica y es capaz de llevar a cabo un conjunto considerable de movimientos diferentes. La expresión facial de las emociones ha seguido un complejo recorrido evolutivo, habiendo quedado perfilada en una serie de representaciones gestuales que indican distintos estados emocionales. La cara es una puerta abierta al interior del individuo, porque no existe una información sensorial, ni un control voluntario, completos de la disposición de todos sus componentes motores, esto es, de todos los músculos que le dan forma y expresividad. Por todo ello, el rostro humano es un vehículo importantísimo de comunicación no verbal.

¹ Se entiende por transducción el proceso que ocurre en los receptores sensoriales mediante el cual cualquier manifestación de la energía se transforma en biopotenciales.

² A. Gruart y cols., "Kinematics of spontaneous, reflex, and conditioned eyelid movements in the alert cat", *J. Neurophysiol.*, 74, pp. 226-248, 1995. Domingo y cols., "Quantal organization of reflex and conditioned eyelid responses", *J. Neurophysiol.*, 78, pp. 2518-2530, 1997. Trigo y cols., "Role of proprioception in the control of lid position during reflex and conditioned blink responses in the alert behaving cat", *Neuroscience*, 90, pp. 1515-1528, 1999.

³ I. Gormezano y cols., "Twenty years of classical conditioning research with the rabbit", *Prog. Psychobiol. Physiol.*, 10, pp. 197-285, 1983.

⁴ El reflejo corneal de origen trigeminal es un arco neuronal bisináptico con las primeras neuronas sensoriales cuyos somas (cuerpos) en el ganglio de Gasser y que se extienden desde la piel hasta el interior del cerebro. Las segundas neuronas de este arco reflejo se localizan en distintas porciones del núcleo trigeminal (según se activen mecánico o nociceptores). Y las terceras, las motoneuronas que inervan el músculo orbicular de los párpados (*orbicularis oculi*), se localizan en la porción dorsolateral del núcleo facial.

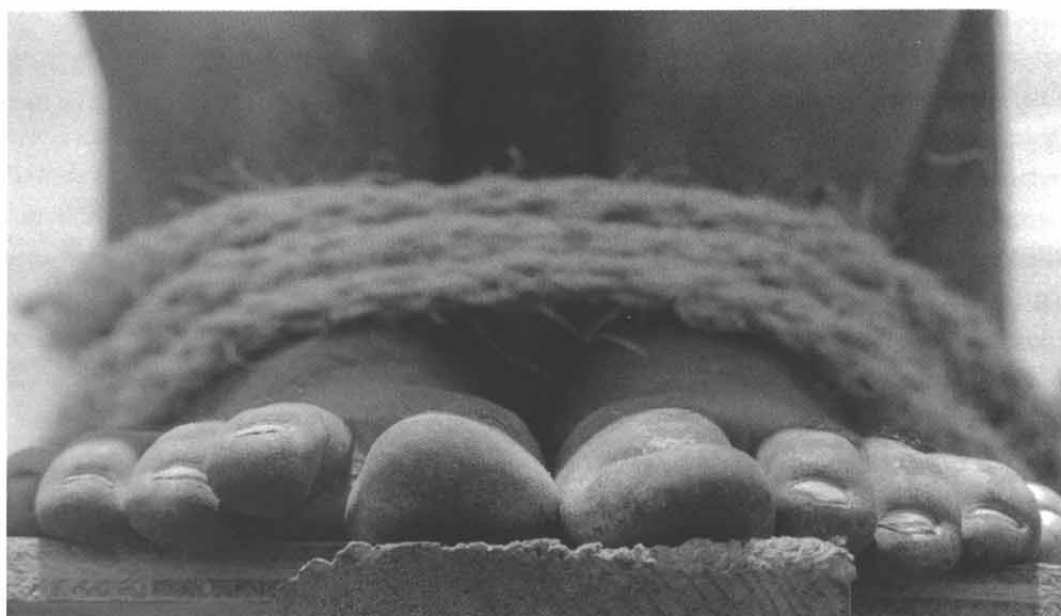
⁵ Trigo y cols., "Discharge properties of abducens, accessory abducens, and orbicularis oculi motoneurons during reflex and conditioned blinks in alert cats", *J. Neurophysiol.*, 81, pp. 1666-1684, 1999.

⁶ Una porción del tronco del encéfalo que se localiza debajo del cerebelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Bloom, F. E., Lazerson, A. y Holstadler, L., *Brain, Mind and Behavior*, W. E. Freeman and Co., Nueva York, 1985.
- Carlson, N. R., *Fisiología de la conducta*, Ariel Neurociencia, Barcelona, 1996.
- Darwin, C., *The expression of the emotions in man and animals*, The University of Chicago Press, Chicago, Chicago, 1965 (1872).
- Delgado García, J. M. y Mora, F.: *Emoción y motivación. Sistema límbico*, pp. 891-914, en *Manual de Neurociencia*, J.M. Delgado García, A. Ferrús, F. Mora y F. Rubia (eds.), Síntesis, Madrid, 1998.
- Duchenne de Boulogne, G.-B., *The Mechanism of Human Facial Expression*, Cambridge University Press, Nueva York, 1990 (1862).
- Eibl-Eibesfeldt, I., *Biología del comportamiento humano*, Alianza, Madrid, 1993.
- Ekman, P. (Ed.), *Darwin and Facial Expression*, Academic Press, N. Y., 1973.
- Ekman, P. y Friesen, W. V., *Facial action coding system*, Consulting Psychologists Press Inc., Palo Alto, California, 1978.
- Flórez, J., *Cerebro: el mundo de las emociones y de la motivación*, pp. 165-185, en *El cerebro íntimo*, F. Mora (Ed.), Ariel Neurociencia, Barcelona, 1996.
- Leventhal, H. y Tomarken, A. J., *Emotion: today's problems*, *Ann. Rev. Psychol.*, 37: 565-610, 1986.
- Platón, *Fedón, Fedro*, Alianza Editorial, Madrid, 1998.
- Sartre, J. P., *Bosquejo de una teoría de las emociones*, Alianza, Madrid, 1991.
- Schrödinger, E., *Mente y materia*, Tusquets, Barcelona, 1990.
- Zambrano, M., *Filosofía y poesía*, FCE, México, 1996.

José M. Delgado García es profesor de la Universidad Pablo de Olavide, de Sevilla. jmdelgar@dex.upo.es



H a c e r y ∞ h a c e r

Jürgen
Mittelstrass

Ciencia y filosofía son viejos vecinos, a veces malos, a veces buenos. Esto vale por igual para la relación entre ciencia y ética, o sea aquella disciplina filosófica que trata sobre el hacer y el dejar de hacer, la cual busca dar una respuesta a la cuestión de qué normas generales y bajo cuáles máximas de orientación o metas debe vivir y actuar el ser humano. La ciencia transforma nuestros conocimientos sobre la acción y la vida, y confronta constantemente a la vida y la manera de actuar con nuevas situaciones. Debido a ello, hoy en día somos testigos de una transformación fundamental de la relación entre ciencia y ética (filosófica). Hasta hace poco tiempo los paradigmas de la ciencia fueron la física y la astronomía –se trataba, sobre todo, del lugar del ser humano en el universo; hoy lo es la biología.

La mirada filosófica va del macrocosmos, que el humano habita con otros seres, al microcosmos, que es el mismo ser humano. Como consecuencia, esta "excentricidad", que durante el paso de una visión geocéntrica a una heliocéntrica dio una nueva ubicación al humano en el universo, ahora la encuentra en sí mismo. Su autocomprensión es la de ser "el animal no determinado" (Nietzsche), es decir una forma de existencia excéntrica, o sea sin un centro fijo, y por eso se entiende como una unidad de una mediata inmediatez y de una natural artificialidad (según el antropólogo Helmut Plessner). Lo que quiere decir que al humano, en cuanto ser pensante, reflexivo, no le es posible una relación inmediata consigo mismo, y por eso también su ser reflexivo, "artificial", le es natural.



En la biología moderna esta caracterización antropológica encuentra su confirmación. No son sólo los nuevos conocimientos sobre la naturaleza (biológica) del humano, sino, sobre todo, son las posibilidades de intervenir en ella las que nos obligan a un reexamen de la condición humana, también en lo que toca a los asuntos o aspectos éticos.

Según una vieja definición, la naturaleza es lo que no ha hecho el ser humano; lo que es "por su propia naturaleza", es lo natural; lo que no es "por su propia naturaleza" es lo artificial. Pero estas esferas no se mantienen separadas, cada una por y para sí misma; más bien el ser humano interviene en la naturaleza con enormes consecuencias. Con sus obras no se detiene ante la naturaleza, sino que hace a la naturaleza misma, parcialmente, parte de su obra. Este hecho se puede estudiar, por ejemplo, en la diferencia que se da entre un jardín tipo inglés y uno tipo francés. La clave del asunto son en este caso las ciencias naturales.

Recalquemos: es el desarrollo de la biología moderna el que, sobre todo, abre nuevas perspectivas, hasta ahora inimaginables y consideradas imposibles. El humano comienza a intervenir en los "planes de construcción" de la vida, también en los de su propia vida. Tal como ocurre con el mundo externo, la naturaleza externa se convierte cada vez más en una obra del ser humano; igual ocurre con su mundo íntimo, su naturaleza (biológica) interna.



La biología moderna –palabras clave aquí son genética humana e ingeniería genética– hace ver claro que nuestros conocimientos científicos nos ponen cada vez más en la situación no sólo de reconocer nuestra naturaleza (biológica), sino también de transformarla. La vieja idea renacentista de que el humano, a diferencia de todos los otros seres, debe crear a su ser cultural, ya no se detiene por nada ante su ser biológico.

La biología moderna nos enseña, desde Charles Darwin, que el humano –no sólo visto cultural sino también biológicamente– no es un ser fijo, sino parte de cambios evolutivos que, para el individuo, no son visibles, y para la ciencia lo son sólo a través de grandes periodos de tiempo reconocible, y que él mismo puede intervenir activa y conscientemente en este desarrollo, en lo que se refiere a sí mismo, no sólo a través del medio tradicional de la medicina, sino también a través de la biología. Este poder de intervenir sobre sí mismo, vale decirlo, de ninguna manera es algo nuevo. Cualquier simple medida higiénica, por ejemplo lavarse las manos, se puede incluir en esta categorización, en cuanto que el humano toma medidas que impiden que sea manipulable de antemano por procesos "naturales".

Pero hay aquí algo con un significado de mayor alcance. Podríamos mencionar la secuenciación del genoma humano y el paso de una terapia somática a una terapia del código genético. Por secuenciación del genoma humano se entiende el análisis de la masa hereditaria humana, o sea, la totalidad de la información genética de la especie humana. Estos medios abren nuevos campos de acción científicos y terapéuticos. Cuando se conozca por completo el genoma humano, cualquier gen, sano o enfermo, podrá ser complementado o reemplazado externamente por un gen artificial. Visto como terapia, quizá se podría evitar la aparición de un cáncer mediante la introducción de un gen intacto en el cuerpo, o reforzar el sistema de inmunidad o desacelerar el proceso de envejecimiento, pero también se harán realidad las posibilidades de selección, lo que nos lleva a una serie increíble de problemas éticos que todavía están fuera del alcance de nuestra vista. Lo mismo ocurrirá con el paso de la terapia somática a la terapia genética, o sea, de una terapia genética de las células somáticas, a una terapia del código genético, la cual no transformará al individuo sino a sus descendientes. Mientras que en el caso de la terapia somática el



conocimiento del programa genético ofrece la posibilidad de sanar enfermedades (individuales) condicionadas genéticamente mediante intervención genética, en el caso de la terapia genética se transformará el genoma del individuo tratado, lo cual afectará a todas sus generaciones venideras.

Son necesarios argumentos éticos respecto a este cambio de terapia que acompañen a las limitaciones propias del proceso de investigación (por ejemplo, a los conocimientos de la expresión genética para la transferencia genética, o sea, la lectura de la información genética) y, sobre todo, a los problemas relacionados con la eugenesia, es decir, la aplicación de métodos de genética humana para la reducción de la cantidad de elementos hereditarios malignos ("eugenesia negativa"), y para la procreación de elementos hereditarios positivos ("eugenesia positiva"). La condición humana cambia en el sentido de que, ahora, también está a disposición el fundamento biológico del humano. Para la humanidad ésta es una situación completamente nueva de amplias consecuencias; lo mismo ocurre para las correspondientes premisas éticas y antropológicas de la imagen que la humanidad tiene de sí misma.

CLONES

Un ejemplo dramático, para el caso, es el actual debate sobre la clonación, en especial sobre la posible producción de clones humanos. El debate comenzó con la aparición espectacular de Dolly, una oveja reproducida exitosamente con los mismos genes de otro animal maduro.

Gracias a esta impresión de verdad chocante, se inició repentinamente el debate que se mantiene hasta ahora de manera inquietante porque, de pronto, comenzó a ser posible lo que aparentaba ser ajeno a la intervención humana. Al parecer, se han abierto fronteras que la naturaleza misma había delimitado.

La producción de clones es la producción de seres vivientes con información genética igual, mediante el intercambio de la información contenida en el núcleo celular. Ser un clon significa, entonces, que el genotipo de dos (o más) individuos, o sea la herencia genética, es idéntica –lo que, dicho sea de paso, no significa que tenga que ser idéntico también el fenotipo (así se llaman las características exteriores influenciadas por el genotipo). No todas las características de un organismo son determinadas sólo por efecto de los genes; también las

condiciones para el desarrollo de un organismo, incluidas, en el caso de los seres humanos, las condiciones sociales y culturales, desempeñan un papel importante. Este fenómeno ha sido estudiado desde hace tiempo en pares monocigóticos o, en otras palabras, en gemelos generados de un solo huevo. Actualmente viven millones de personas que tienen mellizos de este tipo, con genes idénticos.

En todo caso, este ejemplo ayuda a entender que la formación de clones es, absolutamente, un proceso natural; representa uno de los típicos mecanismos de reproducción en la naturaleza, como por ejemplo en bacterias y microorganismos (hongos, levaduras, etc., pero también en animales multicelulares). Ya que también podemos observarlo en plantas mayores (es así que todas las patatas de una siembra son clones), lo nuevo es sólo que estos mecanismos son "artificiales", o sea, la forma de procreación clónica se puede aplicar también a mamíferos mayores; y es de relevancia ética la cuestión de si se puede permitir que uno de estos procedimientos sea aplicado a los seres humanos.

Por lo general –especialmente cuando se argumenta por el lado filosófico o teológico del asunto– se considera que clonar seres humanos es un grave delito contra la dignidad humana, en cuanto que queda suprimida la individualidad natural, sobre todo en lo que se refiere a la meta-en-sí-mismo que es el ser, la cual debe ser protegida contra cualquier instrumentalización como la clonación humana. Estas razones son poderosas, y parecería que no existen argumentos para contradecirlas.

Para empezar es necesario afirmar que la concordancia del genoma de un individuo con el de otro no sirve de argumento contra la clonación humana porque, sin duda, también los mellizos son personas y por tanto tienen dignidad; tampoco se puede argumentar contra el procedimiento mismo porque, en este proceso, en el fondo no hay ninguna persona contra cuya dignidad se pueda cometer delito alguno. Sirve de argumento únicamente la circunstancia de que un ser humano sea producido como medio para un fin distinto de él mismo, imponiéndole para ello una igualdad genética con otro ser humano. Un ejemplo de esto sería la producción de clones para trasplante de tejidos u órganos, o sea, con el fin de establecer bancos de órganos individuales.

Pero la idea de un clon como planta de repuestos para la implantación es absurda, porque el clon, tanto como el gemelo natural, es indudablemente un individuo con todos los derechos que nosotros poseemos en tanto individuos. Que aquí

uno (el clon) es como el otro (el clonado), es a fin de cuentas una circunstancia a la que nosotros, en el caso de los mellizos monogigóticos, estamos acostumbrados hace tiempo, sin que se nos hubiera ocurrido la idea de que uno existiría ahí (sólo) para el otro. Los mellizos son personas como cualquier no mellizo, y por eso todas las leyes de una sociedad civilizada los protegen en su individualidad.

Por lo demás, también existen argumentos en favor de la clonación, o sea de la puesta a disposición de ese tipo de posibilidad reproductiva. ¿Qué ocurriría entonces si el procedimiento de clonación se aplicara para el tratamiento médico de la infertilidad y para evitar enfermedades genéticas graves? Incluso el deseo de tener un hijo que se parezca a otro que acaba de fallecer podría ser un motivo legítimo como para permitir que se aplique la clonación en cuanto nuevo procedi-



bienestar de la persona futura lo que la determina como meta. El que procrea un niño no sólo piensa en la felicidad de la criatura, sino también en su propia felicidad. Expresándolo de otra forma: sólo alguien a quien le falta por completo el sentido de la realidad podría afirmar que se trata únicamente de la felicidad de la criatura y nunca, por igual, de la felicidad de los padres en la procreación de un ser humano.

CONTEXTOS

Con lo dicho ya debería estar claro que clonar no es en sí mismo despreciable, sino sólo en relación con ciertas finali-



© Jorge López Vela, de la serie *El retrato del cuerpo*, 1999-2001.

miento de procreación. En este caso no se violaría ni el principio de la dignidad intocable del ser humano, ni tampoco el argumento kantiano del ser-fin-en-sí-mismo. La famosa fórmula del imperativo categórico dice: "Actúa de una manera que trates tanto a la humanidad de tu persona como (también) la de cualquier otra persona por igual, todo el tiempo, en cuanto fin, nunca usándola como simple medio para conseguir algo". En el fondo esto significa que a una persona se le debe tratar no sólo como medio, sino también como fin.

No se dice que se deba eliminar por completo el aspecto medial. En este caso diría: nunca y bajo ninguna circunstancia uses a una persona como medio. Lo que haría de cada procreación humana algo moralmente despreciable –y lo mismo respecto del acto que conlleva– porque no es sólo el

dades. Por cierto, con lo expuesto no se ha tocado la cuestión fundamental de cuánta técnica queremos utilizar en lugar de los modos de comportamiento tradicionales, sentidos como naturales. En última instancia, con la técnica de la clonación no sólo se transforman las generaciones futuras; también nosotros vamos cambiando, por lo menos en la comprensión que tenemos de nosotros mismos.

En otras palabras, cuando se sobrepasan los límites, como en el caso de la reproducción humana, que hasta ahora aparentemente la naturaleza misma nos habría impuesto, se debe discutir con toda precisión, sin recurrir a intuiciones individuales o predeterminaciones ideológicas, dónde se ubicarán ese tipo de límites en el futuro. También los límites de lo que es posible hacer son, en este sentido, límites "positivos", o sea, impuestos por los seres humanos; son límites éticos. El humano es un ser sin medida que sólo puede vivir bajo la toma de



medidas. Es una consecuencia que podemos deducir de los ejemplos expuestos aquí, que hacen ver con claridad la naturaleza, la ciencia y la ética, por igual. Si, en circunstancias históricas contingentes, siempre se trata de armonizar nuestros conocimientos con nuestros quehaceres, entonces esto significa también que no debemos tratar como dos mundos diferentes a la ciencia y a la ética.

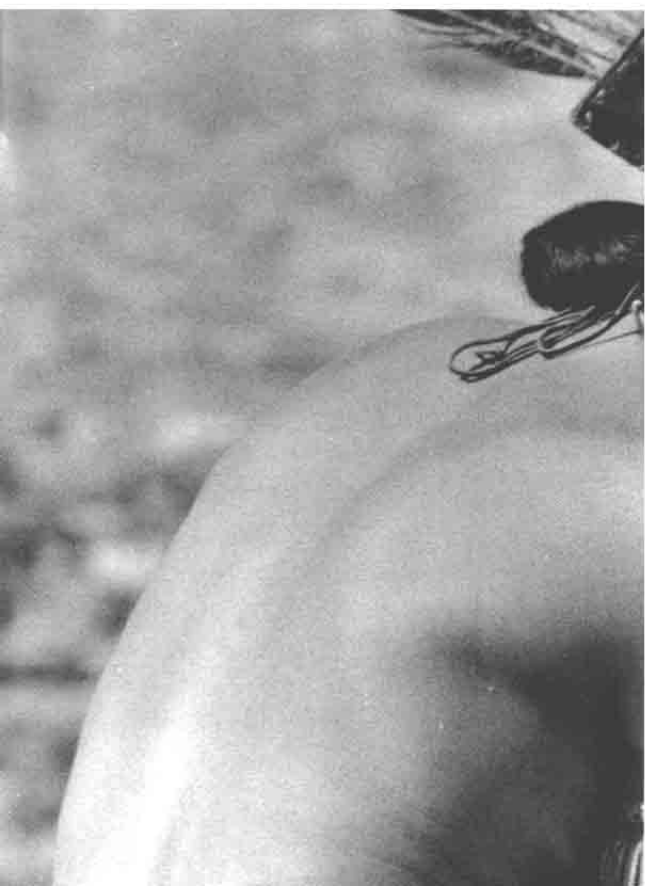
Sin duda esto no significa que la ética –sea ésta más de tipo “biológico” o “evolucionaria”– sea vista a su vez como parte del desarrollo biológico. La biología no puede ponerse a sí misma en el lugar de la ética, pero sí desempeña un papel esencial en la aclaración de ciertas presuposiciones de cualquier ética. Como también lo dice el biólogo evolutivo Ernst Mayr:

La evolución no provee de un conjunto de normas éticas codificado y completo, como lo serían los Diez Mandamientos. Pero sí, por medio de lo que entendamos de la evolución conseguimos una visión del mundo que puede servirnos como base racional para el posterior desarrollo de un sistema ético [...].

En otras palabras, las aseveraciones científicas tienen que ser reconocidas y consideradas por la ética, pensándolas, por cierto, en relación con el hecho (filosófico) de que del ser no se deduce un deber moral; cualquier tipo de naturalismo en la ética obstaculiza a ésta precisamente en el desempeño de su tarea específica, esto es, en orientar a la vida racionalmente. No se le hace justicia al imperativo délfico “¡Conócete a ti mismo!”, cuando sólo hemos reconocido lo que es nuestra propia naturaleza. De lo que se trata es de actuar racionalmente con esta naturaleza en y fuera de nosotros; esto también quiere decir, encontrar siempre el correcto balance entre el hacer y el no hacer en relación con el desarrollo científico. Antes, las fronteras de lo que se puede hacer estaban demarcadas por la naturaleza, ahora está en nuestras manos demarcar esos límites en forma racional.

Jürgen Mittelstrass sustenta la cátedra de Filosofía y Teoría de la Ciencia en la Universidad de Constanza. Artículo tomado de la revista Humboldt, año 42, núm. 129, 2000.





La primera persona

Guadalupe
Grajales Porras

La crítica hecha por Wittgenstein a la idea de que el 'yo' es una expresión referencial culmina con la distinción de los diversos sentidos que tienen las expresiones en primera y en tercera personas; y también con la distinción entre los dos papeles que puede jugar el 'yo': como sujeto y como objeto. De aquí que el artículo de Elizabeth Anscombe, "The first person", sea de gran relevancia para conocer los desarrollos y los argumentos que el tratamiento de los pensamientos-yo deben tener.

En su artículo, Elizabeth Anscombe analiza varias de las respuestas dadas a la pregunta de cuál es el significado de la palabra 'yo', pregunta que se plantea específicamente de la siguiente manera: ¿es la palabra 'yo' una expresión referencial o no? La respuesta que ella da es negativa, así que divide el artículo en dos partes. En la primera ofrece su refutación de algunos argumentos que pretenden demostrar que 'yo' es un nombre, y en la segunda, refuta los argumentos que permitirían concluir que 'yo' es una clase de expresión referencial. En esta última parte, además, ella intenta esclarecer el origen de la arraigada creencia de que 'yo' denota algo.

'YO' NO ES UN NOMBRE PROPIO

Parte del problema consiste en que, aunque 'yo' funciona sintácticamente como un nombre, el hecho es que no lo hace como un nombre propio o, al menos, no como un nombre propio común, puesto que

[...] es un nombre que cada uno tiene y, todavía peor, uno que cada persona usa solamente para referirse a esa persona que es ella misma. Así que no sirve para presentar una persona a otra, o para llamar a alguien, o para citarlo.¹

Cabe preguntar si es cierto que 'yo' no es considerado un nombre propio sólo porque cada uno lo usa para referirse a sí mismo. Para responder a esto Anscombe nos invita a considerar la siguiente

situación, en la que el nombre 'A' se usa exactamente así: para referirse a uno mismo.

Imaginen una sociedad en la que cada uno está etiquetado con dos nombres. Uno aparece en la espalda y el otro en la parte superior del pecho, y estos nombres, que sus portadores no pueden ver, son variados: digamos de 'B' a 'Z'. El otro nombre, 'A', está estampado en la parte interior de sus muñecas, y es el mismo para todos. Al hacer reportes acerca de las acciones de las personas cada uno usa los nombres de sus pechos o espaldas si puede ver estos nombres o está acostumbrado a verlos. Cada uno aprende también a responder a la expresión del nombre que tiene en el pecho y en la espalda de la manera y en las circunstancias en que tendemos a responder a la expresión de nuestros nombres. Los reportes de las acciones propias, que uno emite directamente por observación, son hechos usando el nombre de la muñeca. Tales reportes se hacen no sobre la base de la sola observación, sino también sobre la base de inferencias y testimonios u otra información. 'B', por ejemplo, deriva conclusiones expresadas en oraciones que tienen a 'A' como sujeto, de enunciados de otras personas que usan a 'B' como sujeto.²

En este punto Anscombe aclara qué entiende por "reportes de las acciones propias": "reportes que salen de la boca de 'B' respecto a las acciones de 'B' diciendo que 'A' hizo tal y tal cosa". Así, si me llamo 'B' y digo que "estoy pálida", lo digo como resultado de un testimonio dado por 'C': "B está pálida". Hecho este cuadro, Anscombe se pregunta por la diferencia entre 'A' y 'yo', y concluye que la gente que usa el nombre 'A' no tiene autoconciencia, en cambio la que usa 'yo' sí. Esto es, en el uso del pronombre 'yo' no sólo se da el carácter reflexivo, sino que también implica la autoconciencia de quien lo emplea. Es un hecho que la diferencia que Anscombe encuentra entre el uso de 'A' y el de 'yo' es la base sobre la cual descansa la enunciación: en el primer caso es la observación del propio cuerpo y de eso se puede estar consciente. En el segundo caso no hay necesidad de esta observación. Asimismo, en el primer caso no se es autoconsciente pero en el segundo caso sí.

¿Qué es la autoconciencia? La primera explicación podría ser ésta: es la conciencia de un yo. Si aceptamos esto,



habría que explicar qué clase de objeto es ese yo, o explicar qué aspecto tiene, pues con esta explicación tendríamos ese "especial 'modo de ser dado' de un objeto que está asociado con el nombre que uno usa al hablar de él".³ Pero esto es un sin sentido, dice Anscombe, porque ¿de dónde sacamos la garantía de que uno se aferra al yo apropiado, es decir, al yo que un sujeto llama 'yo' y que siempre ha estado conectado con él o siempre ha sido él mismo? No hay respuesta a estas preguntas sino tan sólo una creencia optimista en que nunca se falla en la identificación del objeto yo.

Por otra parte, si decimos que 'yo' es el nombre propio de su objeto, entonces nos vemos llevados a buscar el concepto conectado con el nombre de ese objeto, tal y como el concepto de 'ciudad' está conectado con los nombres de 'México' o 'Puebla', o el concepto de 'río' con los nombres de Balsas o Papaloapan. Ahora bien, el único concepto que podría asumir este papel es el de 'autoconciencia', con todos los problemas anteriormente señalados. Según Anscombe, el problema central de tratar a 'yo' como nombre propio "es que... un uso repetido de 'yo' en conexión con el mismo yo tendría que incluir una reidentificación de ese yo (*self*)... pero esto no es parte del papel de 'yo'".⁴ Sin embargo, esta reidentificación sí estaba implicada, en el uso de 'A', en la situación imaginada por Anscombe y esto le permite afirmar nuevamente que 'yo' no funciona como un nombre propio. En otras palabras, si 'yo' fuera un nombre propio, tendría un referente y cada vez que usáramos el pronombre tendríamos que reidentificar ese objeto al que nos referimos, empleado con esa característica de autoconciencia.

'YO' NO ES UN DEMOSTRATIVO

Anscombe también refuta la idea de que 'yo' sea un demostrativo. Además, asimilar el 'yo' a este tipo de expresiones de 'referencia singular' como 'este' o 'ese' no elimina la necesidad de contar con un concepto del objeto indicado, que sería la condición *sine qua non* señalada por Anscombe para poder considerar a las expresiones como nombres. No se elimina esta necesidad, porque hay que conocer la respuesta a la pregunta de "¿este 'qué?'". Esta idea de que 'yo' es un demostrativo se complica más si tomamos en cuenta las dificultades de aceptar una definición ostensiva pura. Pero, sobre todo, Anscombe llama nuestra atención sobre una



© Jorge López Vela, de la serie *El retrato del cuerpo*, 1999-2001.

diferencia esencial entre 'yo' y un demostrativo usual: puede haber una falla de referencia al usar 'esto' (piénsese, por ejemplo, en el caso de una sombra a la que señalo creyendo que es una persona o un espantapájaros y que no es ninguna de las dos cosas), pero no la podría haber al usar 'yo', porque el sujeto que usa 'yo' al aseverar algo no tiene que buscar aquello que dice 'yo'; el enunciante es el pensante. De manera que, independientemente de que se considerara a 'yo' como un nombre o como un demostrativo, de todos modos existiría la necesidad de una "concepción" por medio de la cual 'yo' se fijara a su objeto. En el caso del *cogito* cartesiano, *e.g.*, el pensar del pensamiento-yo sería lo que asegura esta garantía contra una referencia equivocada. Anscombe concluye, después de rebatir al lógico que no puede demostrar la "referencia-garantizada" de 'yo' y después de demostrar que "este cuerpo" no puede ser ese referente garantizado, que si 'yo' es una expresión referencial, entonces Descartes tenía razón al entender ese referente como el *Ego* o *Res cogitans*. Veamos por qué.

En efecto, para Anscombe, Descartes y San Agustín no sólo comparten el argumento *Cogito ergo sum*, sino también el argumento que pretende probar que "la mente" o "este yo" no es ninguna clase de cuerpo.

"Podría suponer que no tengo cuerpo", escribió Descartes, "pero no que no soy", e infirió que "este yo" no es un cuerpo. Agustín dice "La mente sabe ella misma que piensa", y "conoce su propia sustancia" (*De Trinitate*, Libro X) [...] En estos pensadores existe el supuesto de que cuando uno dice 'yo' o "la mente", uno está nombrando algo tal que el conocimiento de su existencia, que es un conocimiento de sí mismo pensando en todos los diversos modos, determina aquello que es lo que se sabe que existe.⁵

Sin embargo, su posición tiene la dificultad de requerir una identificación del mismo referente en diferentes pensamientos-yo. En otras palabras, ¿cómo podemos justificar el supuesto de que existe sólo *un* pensar que es *este* pensar de *éste* pensamiento que estoy pensando, esto es, que hay un solo pensador? "¿Cómo sé que 'yo' no es diez pensadores pensando al unísono?". La respuesta de Anscombe elimina el problema, pues el ser autoconscientes suprime la posibilidad de unirse al objeto equivocado. Esta imposibilidad de equivocarse es lo que hace suponer a aquellos que ven a 'yo' como un signo referencial, que el no equivocarse está garantizado. En realidad no hay que aferrarse a ningún objeto.

'YO' NO ES UNA EXPRESIÓN REFERENCIAL

Después de la discusión anterior, Anscombe nos aclara que todos los problemas abordados se han generado por aceptar, sin más, que 'yo' es una expresión denotativa.

Con los nombres, o expresiones denotativas (en el sentido de Russell) hay dos cosas que captar: la clase de uso, y a qué aplicarles de vez en cuando. Con 'yo' existe sólo el uso.⁶

En suma, 'yo' no es ni un nombre ni ninguna otra clase de expresión cuyo papel lógico sea hacer una referencia. Y si estoy en lo cierto, dice Anscombe, "yo soy E.A." no es una proposición de identidad, aunque está conectada con una

que sí lo es, viz., “Esta cosa aquí es E. A.”. No es una proposición de identidad porque cuando alguien no conoce su identidad no pierde el uso de ‘yo’, ni tampoco se equivoca cuando quiere apuntar a sí mismo.

Ahora bien, para Anscombe sí existe una pregunta legítima relacionada con ‘yo’: ¿con qué objeto está conectada mi conciencia de acción, postura, movimiento y mis intenciones de tal manera que ‘ese’ objeto debe estar de pie si tengo el pensamiento de que estoy de pie y mi pensamiento es verdadero? La respuesta es: es el objeto que está aquí.

“Yo soy esta cosa aquí” es entonces una proposición real, pero no una proposición de identidad. Significa: esta cosa aquí es la cosa, la persona de cuya acción esta idea de acción es una idea, de cuyos movimientos estas ideas de movimiento son ideas, de cuya postura esta idea de postura es la idea. Y también, de la que estas acciones intentadas, si se llevan a efecto, serán las acciones.⁷

Y si preguntamos respecto a qué objeto se verifican o falsifican pensamientos como “estoy sentada”, “estoy escribiendo”, etc., la respuesta es: mi cuerpo, porque puedo observarlo y puedo apuntar a él, aunque ya vimos que saber hacia cuál cuerpo apunto no es el resultado de ninguna observación. Si estuviera en un estado de “privación sensorial” no podría tener el pensamiento de *este objeto*, *este cuerpo*, pero sí podría tener las ideas de acciones, movimiento, etc., porque estas ideas no son extractos de observación sensorial.

Estos pensamientos-yo son ejemplos de conciencia reflexiva de estados, acciones, movimientos, etc., no de un objeto que significo con ‘yo’, sino de este cuerpo. Estos pensamientos-yo [...] son conceptos no mediados (conocimiento o creencia, verdadera o falsa) de estados, movimientos, etc., de este objeto aquí, acerca del cual puedo descubrir que es E.A. Acerca de la cual aprendí que es un ser humano [...] Ningún problema de continuidad o reidentificación del ‘yo’ puede surgir.⁸

El autoconocimiento es el conocimiento del objeto que uno es, del animal humano que uno es.

Anscombe nos hace notar que los pensamientos-yo que ha estado considerando han sido sólo aquellos relacionados



con acciones, posturas, movimientos e intenciones, y no ha considerado pensamientos como “tengo dolor de cabeza”, “veo una variedad de colores”, “yo espero, temo, amo, envidia, deseo”, etc., y la razón es que los primeros pensamientos son no mediados, no observacionales pero son descripciones que son directamente verificables acerca de la persona de E.A. Cualquiera, incluida ella misma, puede mirar y ver si esa persona está de pie, por ejemplo. En cambio, aunque los otros pensamientos también son no observacionales, carecen de esta “identidad de descripción” entre el suceso y el pensamiento, pues describir estos pensamientos no equivale a describir lo que pasa en una persona, simplemente porque puede no pasar nada. Estos pensamientos no son pensamientos de algo que pasa. En cambio, el pensamiento de estar parado es el pensamiento de una postura. Éste es un ejemplo de lo que Anscombe llama “concepciones agentes-o-pacientes no-mediadas de sucesos y estados”.

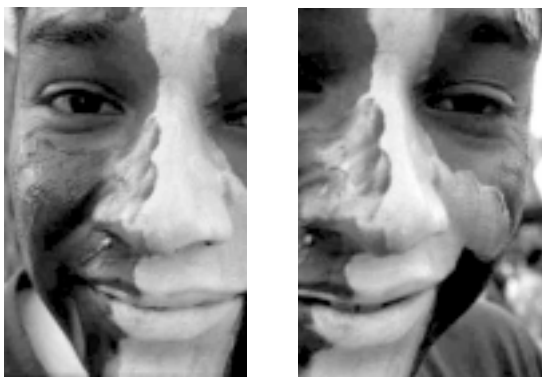
En suma, para Anscombe las concepciones no mediadas de acciones, sucesos y estados no tienen sujeto, porque no implican la conexión de lo que se entiende por un predicado (estar parado) con un sujeto concebido claramente. Es la ilusión gramatical, profundamente arraigada, de un sujeto, lo que genera todos los errores que ha estado considerando.

CONCLUSIONES

Vimos que el argumento central de E. Anscombe para demostrar el carácter no referencial del pronombre personal ‘yo’ en los pensamientos-yo relacionados con acciones, posturas, movimientos e intenciones se centra en los absurdos que generan el considerar a ‘yo’ como un nombre o como un demostrativo. Sus reducciones al absurdo se apoyan en la interpretación que hace del *Art des Gegebenseins* fregeano aplicado al pronombre reflexivo ‘yo’:

[...] si ‘yo’ expresa un modo en el que yo capta a su objeto [...] queremos saber qué modo es ése y cómo es que el único objeto captado de ese modo por cualquiera es idéntico consigo mismo.⁹

Anscombe se propuso, pues, hacer ver la diferencia de usos entre ‘A’ (en su ejemplo) y ‘yo’. Lo que distingue al segundo tipo de uso del primero es la presencia de autocon-



© Jorge López Vela, de la serie *El retrato del cuerpo*, 1999-2001.

ciencia entendida ésta como autoconocimiento del objeto que es uno, del animal humano que es uno. Este conocimiento no es, de ninguna manera, una experiencia privada del usuario de 'yo' puesto que la diferencia de usos entre 'A' y 'yo' puede ser notada por terceras personas, por los observadores.

Lo relevante de la postura de Anscombe no es tan sólo la demostración de que 'yo' no es un nombre propio, ni un pronombre demostrativo, esto es, que 'yo' no es una expresión referencial, pues hasta antes de indicarnos el tipo de proposiciones cuya gramática pretende esclarecer, la diferencia que establece entre 'A' y 'yo' es la que Wittgenstein ha establecido entre "yo-objeto" y "yo-sujeto". El punto central en Anscombe es que esa clase de proposiciones que expresan pensamientos de acciones, posturas, movimientos e intenciones o acciones intentadas, no tienen sujeto. Son pensamientos-yo que ilustran la conciencia reflexiva de los estados y movimientos de este cuer-

po. Hay, efectivamente, un objeto públicamente observable que pasa por este tipo de estados o realiza este tipo de acciones; pero los verbos que expresan estas acciones no deben ser entendidos como predicados que se atribuyen a un sujeto claramente concebido. No puede haber tal concepción puesto que a esa concepción, que es el "modo de ser dado" de Frege tendría que corresponder un objeto, un referente que ya Anscombe demostró sumamente problemático.

Creo que la conclusión a la que llega Anscombe, viz., la inexistencia de sujeto en los pensamientos-yo relativos a posiciones, movimientos e intenciones es otra manera de dar cuenta del "yo-objeto" wittgensteiniano. Del "yo-sujeto" ella declara explícitamente que no se ocupa en este artículo. Por otra parte, su conclusión es coherente con la teoría semántica acerca del nombre asumida por ella, viz., la teoría fregeana de que a cada nombre corresponde un sentido y una referencia. Si ha demostrado que 'yo' no es un nombre porque no tiene referente, no puede más que concluir que tampoco hay una concepción correspondiente a ese 'yo'. Yo creo que aquí Anscombe se acerca mucho a la postura de Stuart Hampshire en el sentido de que no es la conciencia del que actúa la que da sentido a las expresiones mencionadas sino la conciencia de la propia acción.

Es importante resaltar que Anscombe va más allá que Wittgenstein en lo que a la no referencialidad de 'yo' toca, porque éste se ocupa propiamente de la no referencialidad del "yo-sujeto", en cambio ella extiende este carácter incluso al 'yo' que es públicamente observable y que es el cuerpo que pasa por determinados estados o ejecuta determinadas acciones. Como Anscombe misma dice, si insistimos en que la autoconciencia propia de estos pensamientos-yo tiene un referente, entonces sólo el *Ego* cartesiano podría cumplir con este papel.

N O T A S

¹ Anscombe, E., "The first person", en Samuel Guttenplan (ed.), *Mind and Language: Wolfson College Lectures 1974*, Oxford University Press, 1975, p. 23.

² *Ibid.*, p.24.

³ *Ibid.*, p.25.

⁴ *Ibid.*, p.27.

⁵ *Ibid.*, p.21.

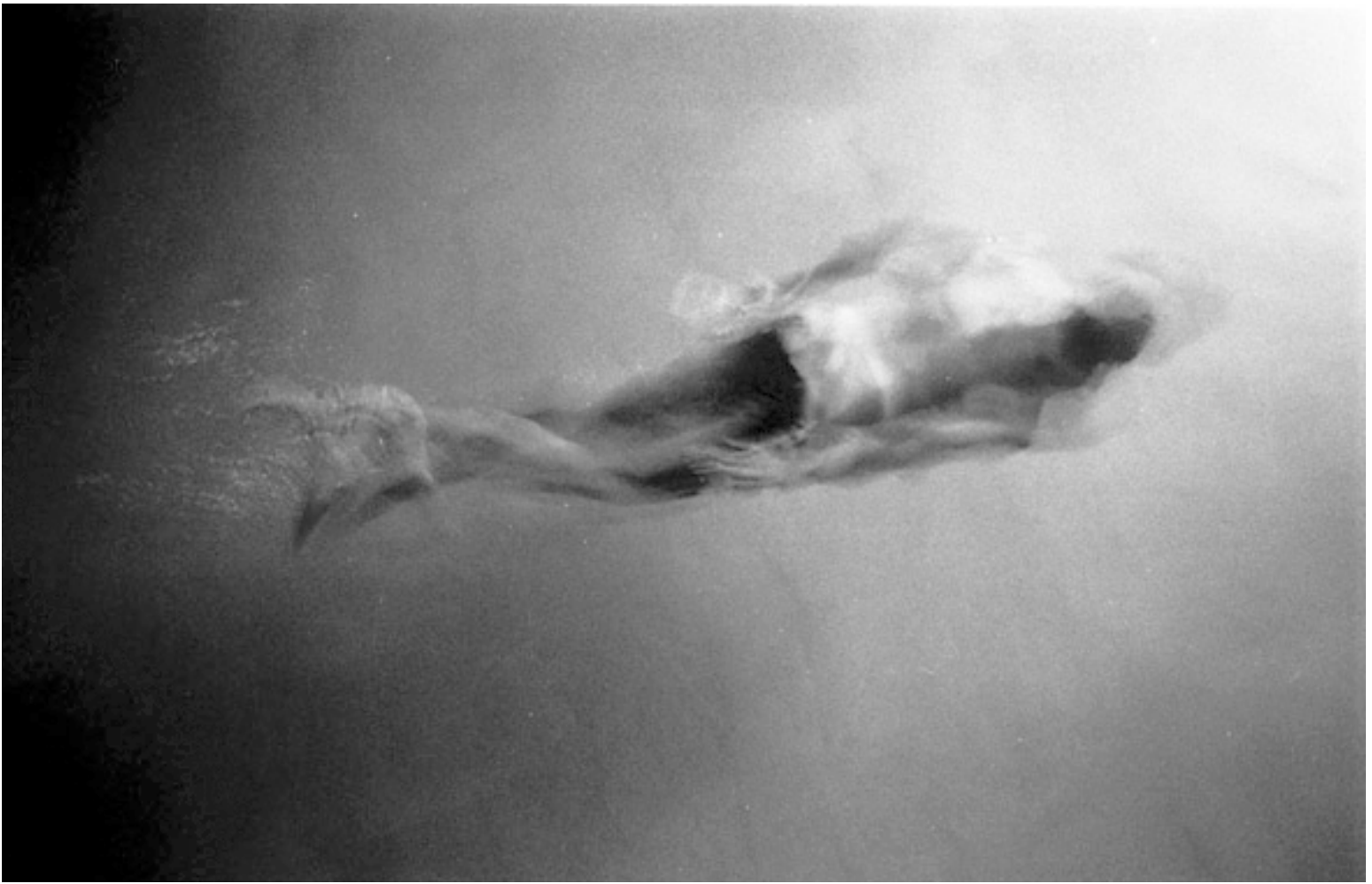
⁶ *Ibid.*, p.32.

⁷ *Ibid.*, p.33.

⁸ *Ibid.*, p.34.

⁹ *Ibid.*, p.23.

Guadalupe Grajales Porras es investigadora del Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades-BUAP.



El escepticismo mitigado

David Hume

y su relevancia para la teoría del conocimiento

Carlos
Gutiérrez Rueda

Muchos filósofos afirman que el argumento a favor de la imposibilidad de conocer, el *escepticismo*, es insostenible. Su razonamiento adopta la forma de la tradicional paradoja del mentiroso: “al afirmar que no es posible conocer algo, me contradigo pues afirmo que conozco algo; al contradecirme, no puedo sostener que no es posible conocer”.

Expertos como Duque, Popkin, Silva y Stroud¹ señalan que a lo largo de la historia de las ideas filosóficas se pueden identificar claramente dos corrientes del escepticismo. Ambas, siendo formuladas en el mundo antiguo, significan “una visión filosófica que plantea dudas acerca de lo adecuado o fidedigno de las pruebas que pueden ofrecerse para justificar alguna proposición”.² Una de ellas fue formulada por Pirrón de Elis. Ese escepticismo es percibido como una forma de vida. Eso obedece a que con afirmaciones tales como “no hay cosa alguna honesta ni torpe, justa o injusta” y “nada hay realmente cierto, sino que los hombres hacen todas las cosas por ley o por costumbre; y que no hay más ni menos en una cosa que en otra”,³ los pirrónicos planteaban un abandono de todas las creencias sobre cómo son o deben ser las cosas. Ese abandono pretendía ser una forma de liberarse de las preocupaciones que conlleva la búsqueda del conocimiento verdadero y así acceder a una vida de contento y tranquilidad.

La otra corriente surgió en la Academia platónica y se conoce como escepticismo moderado o mitigado. En él se quiso mostrar, “mediante un grupo de argumentos y acertijos dialécticos, que los filósofos dogmáticos [aquellos que aceptaban la posibilidad humana de conocer] no podían conocer con absoluta certidumbre las proposiciones que afirmaban conocer”.⁴ Más que una forma de vida, el escepticismo adopta aquí la forma de condición humana con respec-

to a la posibilidad de conocimiento. En este contexto, el escepticismo es visto como el punto de vista que afirma que todo puede ponerse en duda y se ubica dentro de la denominada teoría tradicional del conocimiento.

Una versión más moderna de esta vertiente del escepticismo aparece en el marco de la teoría clásica del conocimiento. Allí se toman como modelo los argumentos de René Descartes (1596-1650) quien, intentando establecer la posibilidad de conocimiento absolutamente certero, es decir, aquel que no da lugar a duda alguna, establece como método la duda misma pero, sólo como hipótesis de inicio ya que al ejercitar la argumentación a lo largo de sus *Meditaciones Metafísicas*, y como lo muestra abiertamente en el *Discurso del Método*, su objetivo es vencerla o “derrotarla”. Así, al plantearse la necesidad de seguir un método para la adquisición del conocimiento verdadero –método que nos llevará a despejar cualquier duda– y al establecer un criterio de certeza (ideas claras y distintas), el argumento escéptico adquiere un nuevo enfoque. En efecto, el escepticismo pasa a jugar un papel metodológico en la búsqueda de conocimiento cierto y certero. Para ello, la duda escéptica es planteada en primer lugar y, poco a poco, con argumentos válidos se la intenta derrotar. Ése es el camino que sigue Descartes.

En este contexto, el del problema clásico del conocimiento, encontramos a David Hume (1711-1776) como máximo exponente del escepticismo. La obra filosófica de este autor de origen escocés, busca argumentar que no es posible alcanzar la certeza en el conocimiento planteada por los filósofos (cfr. Descartes). De hecho, pudiera parecer que por los temas tratados por el empirista inglés –el principio de inducción, la inferencia causal y la creencia en el mundo externo– y su argumentación en contra de la posibilidad de que obtengamos conocimiento necesario en cuanto esos tres temas, es correcta. Pudiera parecer también que las afirmaciones de Hume sobre la imposibilidad de conocer las causas de los fenómenos, o en cuanto a la imposibilidad de asegurar que nuestras inducciones son totalmente seguras, así como haber puesto en duda nuestra creencia en el conocimiento del mundo que está fuera de nuestra mente, nos llevarían a calificarlo como un escéptico en todos los sentidos.

Sin embargo, si analizamos la diferencia entre ambos tipos de escepticismo, habrá que recordar que el escéptico es un filósofo y, como tal, entiende que “lo específico de la filosofía no son propiamente las conclusiones de un autor,



sino también los argumentos que conducen a ellas”.⁵ En este sentido habrá que ubicar los argumentos escépticos, pues la diferencia entre los pirrónicos o radicales y los moderados no está ni en el punto de partida ni en el de llegada (la conclusión), pues ambos “dudan” que haya un criterio universalmente válido que sirva como parámetro para tomar partido entre dos posturas contrarias; más bien, la diferencia está en la forma de llegar –objetivos y finalidades– que cada uno plantea, en la forma en que cada uno encara la “ausencia de criterio”. En ese sentido, el escepticismo no debería ser percibido como un punto de partida ni de llegada, sino como un medio que plantea dudas legítimas sobre nuestra posibilidad de conocer. De hecho, Strawson⁶ afirma que

[...] el escepticismo es una cuestión de duda más que de negación. El escéptico no es, estrictamente, alguien que niega la validez de ciertos tipos de creencias, sino alguien que cuestiona, aunque sea sólo al inicio y por razones metodológicas, que nuestras razones para sostenerlas no son adecuadas. Presenta sus dudas a la manera de un desafío [...].

El escéptico moderno no cree que las razones que ofrecemos para justificar un conocimiento o una creencia, realmente la justifiquen. En efecto, si atendemos a la bibliografía reciente y especializada en teoría del conocimiento⁷ veremos que una de las grandes discusiones gira en torno a si las justificaciones que se ofrecen para sostener tal o cual creencia, realmente la justifican. En este contexto, el escepticismo se ubica dentro del problema del conocimiento como sigue: si definimos al conocimiento como una creencia verdadera que está justificada, encontramos que la definición contiene tres elementos: a) la creencia: si conozco algo es por que lo creo; b) la verdad: si conozco algo, ese algo es verdadero pues no puedo conocer algo que sea falso; y c) la justificación de la creencia: si sostengo que tengo una creencia justificada, debo ofrecer razones de por qué creo que mi creencia es conocimiento. El escepticismo se plantea en torno al último elemento de la definición de conocimiento, pues un escéptico siempre cuestionará si nuestra justificación para creer que tenemos conocimiento de algo es adecuada.



© Oscar Necochea, de la serie *El cielo sobre nosotros*, 1989-2001.

En otro orden de ideas, se puede establecer una forma distinta de delimitar el terreno en que el escéptico presenta sus objeciones a la justificación del conocimiento. Ésta consiste en afirmar que el escepticismo en su forma moderna no se aplica a todo lo que creemos. En efecto, hoy en día separamos los “lujos” de las necesidades epistemológicas;⁸ así, con esta distinción, se dice que es posible tener conocimiento o creencias fidedignas acerca de algunas cosas, o en ciertas áreas, aunque no en otras. Por ejemplo, es posible creer que se tiene la suficiente evidencia para considerar a la ciencia como conocimiento –en un sentido fuerte– y, al mismo tiempo, dudar de las creencias religiosas. En este caso, las creencias religiosas serían un “lujos” epistemológico pues, aunque no las tuviéramos, no pondríamos en juego creencias habituales. Ésta es otra forma de presentar al escepticismo mitigado.

Así, de lo anteriormente dicho se muestra que el escepticismo es una postura epistemológica relevante o, al menos, significativa y no puede vérselo como algo sin sentido, incoherente o que se autorrefuta. Lo anterior señala que si se quiere elaborar una teoría del conocimiento completa y por medio de ella dar cuenta de cómo es posible el conocimiento humano, se deben analizar los argumentos de los filósofos escépticos.

[...] la motivación para tomar en cuenta a tales argumentos [los escépticos] es metodológica. El punto es establecer si se les puede refutar –o, más que refutarlos, establecer si esta “refutación” es entendida como un argumento retóricamente adecuado; por ejemplo, que un filósofo en medio de un acalorado debate, deje sin posibilidad de respuesta a un oponente persistentemente escéptico.⁹

EL ESCEPTICISMO DE DAVID HUME

Lo que quiero mostrar consiste en rechazar la interpretación tradicional de Hume como un escéptico en todos los sentidos; esto es, verlo como un filósofo que argumenta que no es posible conocer algo. Más bien, defenderemos la idea de que el escepticismo humeano tiene límites y es posible calificarlo como mitigado. Para esta presentación se revisaron en particular tres obras del filósofo estudiado: *Tratado de la naturaleza humana*, editado originalmente en 1739 por Selby-Bigge (y de la que aquí se sigue la paginación), *Resumen del tratado de la naturaleza humana*, que data de 1749, y la



© Oscar Necochea, de la serie *El cielo sobre nosotros*, 1989-2001.

Investigación sobre el conocimiento humano, de 1758 (libro del que también se sigue la paginación de Selby-Bigge).

SUPUESTA VALORACIÓN NEGATIVA DE HUME SOBRE EL CONOCIMIENTO MEDIATO

Como se sabe, Hume comienza su *Investigación sobre el conocimiento humano*¹⁰ siguiendo a Locke¹¹ dividiendo los objetos de la razón en relaciones de ideas y cuestiones de hecho. Estas cuestiones de hecho pueden ser conocidas por medio de la experiencia y la memoria o por razonamientos causales.¹² En esa misma sección¹³ argumenta que no es posible adquirir conocimiento universal y necesario por medio de los razonamientos causales. A partir de esto, Stove¹⁴ afirma que Hume hace una valoración negativa de los razonamientos causales, lo que llevaría a considerar a Hume como un escéptico en cuanto al razonamiento inductivo.

Sin embargo, no hay razón que justifique que Hume haya hecho tal valoración negativa. Por el contrario,

[...] el que Hume demuestre que los razonamientos inductivos no son formalmente válidos, no significa

que, para él, haya que rechazarlos y prescindir de ellos [...]. Para Hume, los razonamientos realmente importantes son los inductivos, porque una parte considerable de nuestras creencias y nuestras acciones están basadas en ellos y sólo valiéndonos de ellos podemos sobrevivir.¹⁵

VALORACIÓN POSITIVA DE HUME SOBRE LOS RAZONAMIENTOS CAUSALES

Al identificar como errónea la supuesta valoración negativa de los razonamientos causales, se puede identificar a Hume como un escéptico mitigado¹⁶ ya que hace una valoración positiva del conocimiento de las cuestiones de hecho, aunque ese conocimiento sea probable y no sobrepase la experiencia de la vida cotidiana.

Esta supuesta valoración positiva es propuesta por Hume en, al menos, cuatro ideas centrales:

a) El razonamiento inductivo es un razonamiento con entidad propia irreducible al razonamiento deductivo. Es claro que en más de un lugar del *Tratado de la naturaleza humana*,¹⁷ y en la página 35 de la *Investigación sobre el entendimiento humano* distingue dos clases de razonamiento:



Todos los razonamientos pueden dividirse en dos clases, a saber, el razonamiento demostrativo o aquel que concierne a las relaciones de ideas y el razonamiento moral o aquel que se refiere a las cuestiones de hecho y existencia.

Y, por otro lado, distingue entre las “reglas para distinguir cuando una cosa es causa y cuando es efecto” y las reglas de la lógica formal.¹⁸ Con ellas, Hume pretende¹⁹ distinguir entre los argumentos causales correctos de los incorrectos; de hecho, los argumentos causales correctos dan origen a creencias razonables.²⁰

b) El razonamiento inductivo es inevitable y natural. Aquí debemos hablar de lo que se entiende por “naturalismo” en la obra de Hume. Taylor²¹ comenta que cuando se afirma que Hume sostiene ideas naturalistas con respecto al entendimiento, significa que el organismo humano se adapta conscientemente a las cosas tal como son, y viene expresado en la forma de comportarse (tanto en la actividad física como mental), en lugar de ser un modo de intuición intelectual (cfr. *Tratado*: III, 3). Laird²² afirma que Hume establece un paralelismo entre la naturaleza humana y la naturaleza en general:

[...] la conclusión apropiada de Hume podría haber sido, pues, alguna doctrina de ideas innatas; esto es, podría haber mantenido que los hombres están equipados con cierto instinto de razón, previo a la experiencia, de igual modo que los pájaros están equipados con un instinto de construcción de nidos.

Y es esta percepción del razonamiento inductivo como natural la que lo lleva a defender un escepticismo moderado.

Remitiéndonos directamente a la obra de Hume diremos que éste identifica como base del conocimiento a la experiencia. En la página 42 de la *Investigación* nos propone que imaginemos a una persona que

[...] ha adquirido experiencia y ha vivido en el mundo tiempo suficiente como para haber observado qué objetos o acontecimientos familiares están constantemente unidos [...] inmediatamente infiere la existencia de un objeto de la aparición de otro.

Al ser inevitable, el razonamiento inductivo no necesita justificación; es decir, que es parte de la experiencia natural del ser humano. A este principio se le conoce como el Principio de Derivación y se dice que afirma que cualquier idea, cualquier conocimiento que pretenda tener contenido cognoscitivo, debe derivar de una impresión.

c) La inducción está justificada vindicativamente dada su necesidad para guiarnos en la acción y su utilidad para la sobrevivencia. En la *Investigación* (45) Hume nos dice:

[...] sin el influjo de la experiencia estaríamos en total ignorancia de toda cuestión de hecho, más allá de lo inmediatamente presente a la memoria y a los sentidos. Nunca sabríamos ajustar los medios a fines o emplear nuestros poderes naturales en la producción de cualquier efecto. Se acabaría inmediatamente toda acción, así como la mayor parte de la especulación.

En el *Tratado*, sección XI, 225, afirma algo parecido:

[...] tengo que distinguir entre principios permanentes, irresistibles y universales, como es la transición debida a costumbre que va de causas a efectos y de efectos a causas, y principios variables, débiles e irregulares, como aquellos de que he hablado recientemente. Los primeros constituyen la base de todos nuestros pensamientos y acciones, de modo que, si desaparecieran, la naturaleza humana perecería o se destruiría inmediatamente.

En estos párrafos es claro que Hume destaca el valor y la utilidad en cuanto a la supervivencia del ser humano de la inducción, y su naturalismo plantea que hay cierta justificación de ella.

d) El razonamiento inductivo proporciona un conocimiento probable, aunque válido, pudiendo en algunos casos esa probabilidad ser casi una certeza. Éste es el punto central del argumento. Recuérdese que Hume hace una división entre el conocimiento relativo a relaciones de ideas y el conocimiento concerniente a cuestiones de hecho; además establece que la certeza absoluta del primero es dada por lo presente a los sentidos y a la memoria, mientras que el segundo, en cuanto está basado en inferencias causales, es sólo probable.²³ Sin embargo, en el mismo texto, pero en otras partes,²⁴ afirma que no es el mismo grado de probabili-

dad de todos los argumentos y algunos de ellos proporcionan, desde el punto de vista práctico, una certeza.

El Sr. Locke divide los razonamientos en demostrativos y probables. Desde este punto de vista tenemos que decir que sólo es probable que todos los hombres han de morir o que el sol saldrá mañana. Pero, para ajustar más nuestro lenguaje al uso común, debemos dividir los razonamientos en demostraciones, pruebas y argumentos probables, entendiéndose por pruebas aquellos argumentos derivados de la experiencia que no dejan lugar a duda o discusión.²⁵

Esa certeza probable está en función de la evidencia de cada caso; cada caso observado y las circunstancias en las que ocurre la observación ofrecen diferente grado de certeza.²⁶ Y lo más importante que señala Hume, habrá que tener en cuenta el grado de analogía entre los casos observados: cuanto mayor sea la analogía, mayor será el grado de certeza de nuestra inferencia.²⁷

De los cuatro puntos anteriores se sigue que Hume hace una valoración positiva del razonamiento inductivo, considerándolo como un proceso racional, por lo que no puede ser considerado escéptico en todos los sentidos. Más que oponerse al proceso general de la inducción, Hume se opone a la utilización incorrecta de los razonamientos inductivos. Por ejemplo, en cuanto a tener cuidado con la analogía nos dice:

[...] sólo cuando dos clases de objetos se encuentran constantemente conjuntados, podemos inferir la una de la otra, y si se presentase un efecto completamente singular y que no se pudiera incluir en ninguna especie conocida, no veo que pudiéramos formar conjetura o inferencia alguna acerca de su causa.²⁸

En suma, Hume señala la diferencia entre la mala utilización del razonamiento inductivo –por ejemplo planteando malas analogías– y el uso general de los razonamientos inductivos.

EL ESCEPTICISMO PROPUESTO POR HUME

Una vez hecha la delimitación anterior, resulta pertinente preguntar ¿en qué consiste el escepticismo sostenido por David Hume? Guerrero afirma que el escepticismo del autor



que estudiamos consiste en negar que tengamos conocimiento universal y necesario de las cuestiones de hecho:

[...] ningún objeto llega a descubrir, por las cualidades que aparecen a los sentidos, ni las causas que lo han producido ni los efectos que surgirán de él, y sin la ayuda de la experiencia nuestra razón no podrá jamás realizar una inferencia acerca de lo realmente existente y de las cuestiones de hecho.²⁹

Esta afirmación cuenta con tres elementos: a) negar que podemos conocer algo que trascienda el campo de la experiencia y de la vida cotidiana; b) negar que la razón deductiva es el fundamento de la acción, el conocimiento y la moral;³⁰ por el contrario, como ya se ha mostrado, Hume asume un punto de vista naturalista de la razón: además de la razón, hay una serie de principios naturales, pasiones y sentimientos que escapan a la racionalidad; c) negar que la razón deductiva tenga la rienda de nuestras vidas.

De lo anterior se sigue que Hume, efectivamente, es un escéptico; sin embargo, los argumentos humeanos que abogan por tal postura epistemológica cuentan con límites y, por tanto, podríamos calificarlo de mitigado. Al respecto, Montes³¹ afirma que Hume

[...] puede ser escéptico y no es escéptico al mismo tiempo, porque lo es bajo diferentes perspectivas. Es escéptico en el sentido en que la razón no puede transgredir el límite de lo transfenoménico, pero no lo es en cuanto que la fuerza de la naturaleza nos impulsa a creer en la realidad externa.

A pesar de tal clasificación, el filósofo inglés nos invita a seguir investigando:

[...] que satisfaga tu pasión por la ciencia, pero que tu conciencia sea humana y tal que tenga inmediata referencia a la acción y a la sociedad [...] Sé filósofo; pero, en medio de toda tu filosofía, continúa siendo hombre.³²



© Oscar Necochea, de la serie *El cielo sobre nosotros*, 1989-2001.

NOTAS

¹ Duke, F., Estudio preliminar, en Hume, D., *Tratado de la naturaleza humana*, Tecnos, Madrid, 1988; Popkin, R., *Historia del escepticismo de Erasmo a Spinoza*, FCE, México, 1983; Silva, C., "El escepticismo en el *Ensayo de John Locke*", en Trueba, C. (comp.), *Racionalidad: lenguaje, argumentación y acción*, UAM/Plaza y Valdés, México, 2000; Stroud, B., *El escepticismo filosófico y su significación*, FCE, México, 1991.

² Popkin, R., *op. cit.*, p. 17.

³ Diógenes Laercio, *Vidas, opiniones y sentencias de los filósofos más ilustres*, Editorial Aguilar, Madrid, cfr. libro IX.

⁴ Popkin, R., *op. cit.*, p. 11.

⁵ De Salas, J., Prólogo a *Investigación sobre el entendimiento humano*, Editorial Alianza, Madrid, p. 11.

⁶ Strawson, P.F., "Escepticismo, naturalismo y argumentos trascendentales", en Cabrera, C. (ed.), *Argumentos trascendentales*, UNAM, México, pp. 135-160.

⁷ Cfr. Greco, J., "What is epistemology?", en *The Blackwell guide to epistemology*, Greco, J. y Sosa, E. (eds.), Blackwell, New York, 1999. Steup, M., "The analysis of knowledge", en *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, University of Stanford Press, 2001. Tomasini, A., *Teoría del conocimiento clásica y epistemología wittgensteiniana*, Plaza y Valdés, México.

⁸ Scruton, R., *Filosofía moderna*, Cuatro Vientos, Santiago de Chile.

⁹ Greco, *op. cit.*

¹⁰ Secc. IV, parte I, p. 25.

¹¹ Locke, J., *Ensayo sobre el entendimiento humano*, Gernika, México, libro II, cap. I, p. 2.

¹² Cfr. *Investigación*, p. 26.

¹³ Pero en pp. 27-31.

¹⁴ Stove, D.C., *Probability and Hume's inductive skepticism*, Clarendon Press, Oxford.

¹⁵ Guerrero, J.A., "El escepticismo de Hume" en Salas, J. y Martín F. (comps.), *David Hume*, Editorial Complutense, Madrid, 1998, pp. 25-39.

¹⁶ *Ibid.* Guerrero sigue a Cassidy, "The nature of Hume's inductive skepticism: a critical notice", en *Ratio* 19, 1977, pp. 45-54; García Roca, J., *Positivismo e ilustración: la filosofía de David Hume*, Universidad de Valencia, España, 1981; Zabeeh, F., "Hume's problem of induction: an appraisal", en Livingston, D. y King, J.T. (eds.), *Hume. A re-evaluation*, Fordham University Press, New York, 1976.

¹⁷ Pp. 95, 124, 413, 448, 458, 463.

¹⁸ *Tratado*, Libro I, parte III, sección XV; y en la sección 11 de la *Investigación*, en especial pp. 136, 145 y 148).

¹⁹ Cfr. *Tratado*, p. 175.

²⁰ Cfr. secciones X y XI de la *Investigación*.

²¹ Duque, F., *op. cit.*

²² Obra citada en el mismo estudio.

²³ *Investigación*, sección II, en especial p. 18.

²⁴ Pp. 58, 110, 127.

²⁵ *Investigación*, p. 56.

²⁶ *Tratado*, pp. 130, 136; *Investigación*, pp. 110-111, 36.

²⁷ *Investigación*, p. 58; *Tratado*, p. 142.

²⁸ *Investigación*, p. 48.

²⁹ *Investigación*, p. 27.

³⁰ *Tratado*, parte III, sección III; p. 413.

³¹ Montes, M.J., "Interpretaciones contemporáneas de la filosofía de Hume en España", en Salas, J. y Martín F. (comps.), *David Hume*, Editorial Complutense, Madrid, 1998, pp. 25-39.

³² *Investigación*, sección I, p. 9.

Carlos Gutiérrez Rueda es profesor del Departamento de Filosofía y Letras de la Universidad Autónoma de Tlaxcala.



© Oscar Necochea, de la serie *El cielo sobre nosotros*, 1989-2001.

La simulación computacional

de procesos genéticos a nivel molecular

Eduardo
González Jiménez
Valery
I. Poltev

A partir del descubrimiento de la estructura de la doble hélice del ácido desoxirribonucleico (ADN), realizado por Watson y Crick en 1953, se inició un intenso desarrollo de la biofísica molecular, que tiene repercusiones en genética, medicina y biotecnología. Este creciente interés por investigar problemas genéticos a nivel molecular tiene como punto de partida el estudio de la estructura y la dinámica de los ácidos nucleicos.

El ADN es el banco de la información genética y consta de dos cadenas de una sucesión de nucleótidos. Hay cuatro tipos de nucleótidos dependiendo de la base nitrogenada que contienen (Adenina, Guanina, Timina y Citosina) (Figura 1).

Las bases contienen átomos con características donadoras y aceptores de protones que pueden formar enlaces de hidrógeno (enlaces-H) entre sí o con otras moléculas. Sólo dos pares de bases se pueden formar para dar una doble hélice de ADN regular; éstos son los pares de Watson y Crick (WC), A:T y G:C (Figura 1).

La investigación de los ácidos nucleicos influyó en el desarrollo de los métodos experimentales y teóricos que lograron determinar diversas características de su estructura. En 1981, Dickerson y colaboradores lograron cristalizar pequeños fragmentos de ADN (oligonucleótidos) para investigar por el método de rayos X y obtener varias de sus propiedades. Hoy en día, han sido caracterizadas varias decenas de fragmentos, como octámeros, decámeros y dodecámeros.^{1,2}

Un hecho de actualidad que ocupó los encabezados de los medios de comunicación a nivel mundial fue la determinación del genoma humano, que consistió en conocer la secuencia nucleotídica e identificar los genes de que consta el ADN humano. Sin embargo, esto

es solo una pequeña parte del problema, pues la aplicación de los resultados aún no es plena y no lo será, mientras no se comprendan en detalle los mecanismos de expresión, reparación y transferencia de los genes para una manipulación dirigida y segura.

En la actualidad, comprendemos en términos generales que la secuencia de bases y la conformación estructural del ADN dirigen la construcción de las proteínas, y que este proceso se puede ver influenciado por factores que alteraran la información genética o afectan los mecanismos que aseguran la transmisión correcta de la información en la célula.

Muchos de los mecanismos físicos de estos procesos transcurren en el nivel de átomos o grupos atómicos y dependen de sus interacciones, así como de la influencia del medio, a través de la interacción con los constituyentes moleculares de éste. Por lo tanto, se precisa de métodos aplicables a nivel molecular, que puedan cuantificar energías, coordenadas y otras características asociadas a los componentes de los ácidos nucleicos.

LOS MÉTODOS EXPERIMENTALES

Los más usados en el estudio de los ácidos nucleicos son la técnica de rayos X en cristales de ADN y los métodos de Resonancia Magnética Nuclear (NMR) para ácidos nucleicos en solución. Los datos obtenidos por rayos X sobre la estructura de cientos de cristales de oligonucleótidos de doble espiral y sus complejos con proteínas, permitieron comprobar la dependencia de la conformación de los ácidos nucleicos respecto de la secuencia nucleotídica y los alrededores moleculares.

Otros datos experimentales muestran la importante influencia del agua en la formación de la estructura espacial del ADN y su relación e interacciones con proteínas y antibióticos. Por ejemplo, se encontró un arreglo ordenado de moléculas de agua (estructura de hidratación) en la forma cristalina del dodecámero d(CGCGAATTCGCG) en la conformación B.¹ Este arreglo se forma en la hendidura menor de la doble hélice a lo largo de la secuencia central AATT, región que es importante porque en ella hay una unión preferente de antibióticos como el netropsin³ o el distamicin –pero este último para la secuencia d(GGCCAATTGG).⁴ De estos resultados se desprende la propuesta de que los átomos que sobresalen de las hendiduras de ciertas secuencias abundantes en bases A y T, forman parte de sitios promotores o de reconocimiento.

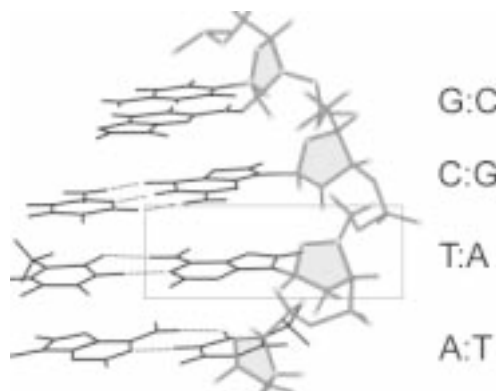


FIGURA 1. Estructura del ácido desoxirribonucleico en la conformación B, obtenida con el programa HiperChem v5.02; sólo se incluye una cadena azúcar-fosfato. El rectángulo indica un nucleótido (base, azúcar y grupo fosfato), la molécula de azúcar se ilumina de gris. Se observan los pares de bases unidos con enlaces de hidrógeno (líneas punteadas).

Por tal motivo, es importante tener una descripción detallada de la estructura espacial de los ácidos nucleicos y del solvente a nivel atómico.

LOS MÉTODOS TEÓRICOS

Aun con la utilización de los más sofisticados y modernos métodos experimentales, no es posible determinar los detalles de la estructura del ADN y sus complejos moleculares.

La investigación directa de los detalles atómicos con los métodos de rayos X es imposible, ya que la precisión de los resultados frecuentemente no llega al nivel atómico y la posición y orientación de las moléculas de agua quedan determinadas sólo aproximadamente. Además de los datos de la estructura de cristales de ADN, sólo es posible determinar una o algunas conformaciones de la molécula de ADN; sin embargo, es fundamental conocer todas las posibles conformaciones y los mecanismos de las transformaciones entre ellas. Esta tarea es asumida por los métodos teóricos, y su aplicación a los sistemas moleculares ha dependido del desarrollo de las supercomputadoras.

La descripción de un sistema molecular obedece a las leyes de la mecánica cuántica. Estas leyes físicas se resumen en la ecuación de Schrödinger propuesta en 1926. Para predecir el comportamiento del sistema se deben resolver directamente las ecuaciones de la mecánica cuántica.

En principio, las propiedades electrónicas de una molécula pueden ser calculadas de las interacciones entre todos los electrones y todos los núcleos de la misma. Fue en los años sesenta, con el desarrollo de las computadoras, cuando la ecuación de Schrödinger se resolvió para sistemas moleculares en su más rigurosa aproximación de primeros

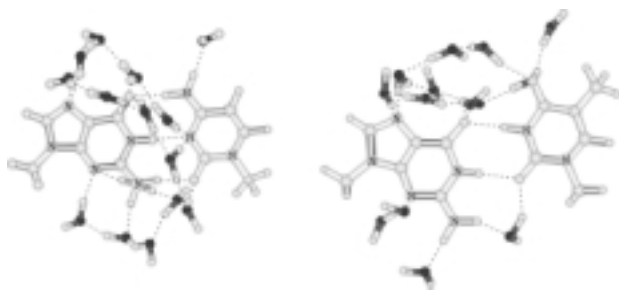


FIGURA 2. Simulación de la estructura de la capa de hidratación de los pares de bases G:C_{WC} (izquierda) y G:T (derecha). Los puentes de agua pueden estabilizar algún par incorrecto como es el caso del par G:T encontrado en estudios experimentales. La estructura mostrada se obtuvo de una simulación de Monte Carlo con 400 moléculas de agua a temperatura de 500K, las restantes moléculas de agua se eliminaron.

principios (*ab initio*), así se pudieron definir propiedades importantes de las moléculas. Sin embargo, es suficientemente pequeño el tamaño de las moléculas que la aproximación *ab initio* puede tratar con suficiente exactitud (relativa) para poder comparar con los datos experimentales.

Otra opción para la construcción de un cuadro completo y detallado de las posibles conformaciones del ADN, que consideren las interacciones con agua, iones y otras moléculas (como proteínas), es utilizar esquemas empíricos para la simulación computacional molecular. Éstos comprenden la aproximación de la mecánica molecular.

SIMULACIÓN COMPUTACIONAL: MECÁNICA MOLECULAR

Los métodos de la simulación molecular han llegado a utilizarse ampliamente en las últimas décadas y en diferentes disciplinas de las ciencias exactas; tienen su origen en modelos simples, como los modelos moleculares contruidos con alambre, madera o de otros materiales. Estos modelos permitían cambios manuales en las posiciones mutuas de los átomos. A pesar de lo burdo de los modelos, contribuyeron al descubrimiento de la estructura de la doble espiral del ADN.

Hoy existe *software* con paquetes gráficos muy sofisticados que son estupendos para visualizar moléculas biológicas, pero no dicen mucho acerca de cómo cambian las moléculas cuando están sujetas a su acción mutua. Por tanto, se necesitan modelos físicos que reproduzcan confiablemente la estructura, las conformaciones y las rutas para obtener una conformación favorable bajo ciertas condiciones.

La versión moderna de los métodos de simulación para ácidos nucleicos es la mecánica molecular. Ella nos permite calcular la estructura espacial de una molécula con base en

la búsqueda de los mínimos locales a través del análisis de la energía de interacción no-valente.

La mecánica molecular se basa en la idea de que una molécula se puede representar por un conjunto de puntos con carga neta situados en los núcleos de los átomos y distribuidos en una superficie de energía potencial generada por ellos mismos. El cálculo de los valores de la energía se hace utilizando un potencial efectivo para interacciones átomo-átomo, el cual se construye basándose en datos experimentales y en cálculos mecánico cuánticos.

El método de Monte Carlo y el de Dinámica Molecular son los dos métodos de la mecánica molecular más utilizados para obtener propiedades promedio de los sistemas moleculares. El primero parte de una configuración inicial que cambia aleatoriamente generando un conjunto de "fotografías" instantáneas del sistema que se eligen de acuerdo con una regla (muestreo por importancia). Las propiedades de interés se obtienen promediando éstas sobre el conjunto de fotografías. El segundo resuelve las ecuaciones de Newton para los átomos del sistema, a los cuales se les asignan posiciones y velocidades iniciales. El movimiento de los átomos se simula calculando sucesivamente las posiciones y velocidades del sistema cuando transcurre el tiempo, de esta forma la conformación va cambiando hasta la conformación final. Ambos métodos pueden ser aplicados a sistemas con miles de átomos debido a que las funciones de energía y sus derivadas son relativamente fáciles de calcular.

Partiendo de la viabilidad de los métodos de cálculo, la diferencia en la obtención de resultados más acordes con la realidad (el experimento) lo constituyen las interacciones entre los átomos, expresadas a través de las funciones de potencial.

LAS FUNCIONES DE POTENCIAL

En la actualidad existen varios conjuntos de funciones de potencial. Algunos de ellos son bastante sofisticados y exigen grandes recursos de cómputo y complejos programas que abarcan interacciones en ácidos nucleicos, proteínas y diversas moléculas orgánicas, pero esta generalidad limita la exactitud. Respecto de los resultados experimentales, los modelos sofisticados no dan mejores valores, respecto de los modelos simples.⁵ Las funciones de potencial deben reproducir satisfactoriamente los datos experimentales disponibles; también deben estar acordes con los más estrictos resultados de los cálculos mecánico cuánticos.

El interés en la investigación detallada de las posibles conformaciones de fragmentos de ADN que expliquen las peculiaridades de las conformaciones de diferentes secuencias y ayuden a comprender el papel de la capa de solvente acuoso sobre la estructura y el funcionamiento del ADN, se logra al elegir potenciales exclusivos para ácidos nucleicos y elaborar programas de cómputo especiales para estos sistemas.

La formulación de uno de los primeros sistemas de funciones de potencial átomo-átomo para interacciones de moléculas orgánicas con miras a aplicaciones a ácidos nucleicos fue introducido por uno de los autores en 1967. En 1984 el potencial se ajustó y fue presentado como el potencial Poltev-Malenkov (PM).⁶ Casi simultáneamente otro campo de fuerzas hace su aparición presentado por Kollman y colaboradores y después optimizado en 1995.⁷ Adquirió gran popularidad al ser implementado en el software AMBER para simulación de ácidos nucleicos y proteínas. Pero para hidratación de bases nitrogenadas sus resultados no son mejores que los obtenidos con el potencial PM. Otros potenciales para estudiar ácidos nucleicos son el campo de fuerza en el programa CHARMM⁸ y el "potenciales optimizados para la simulación de líquidos" (OPLS) de Jorgensen,⁹ este último no obtiene buenos resultados para ácidos nucleicos.⁵

Una característica de los campos de fuerzas es que continuamente deben someterse a refinamientos sucesivos para una descripción cuantitativa más precisa. Recientemente se inició una optimización del potencial PM, pero sin cambiar su forma analítica.¹⁰ El potencial PM ha obtenido importantes resultados que han sido corroborados experimentalmente, contribuyendo a comprender los procesos genéticos a nivel molecular.

SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y DINÁMICA DE ADN

La simulación no puede sustituir al experimento, tal como el modelo no sustituye a la realidad, pero logra aproximaciones que sugieren afirmaciones que pueden ser corroboradas por el experimento o que le indican al experimentador en qué dirección trabajar. En este sentido mencionamos algunas conclusiones que fueron hechas con base en el análisis teórico de los cálculos de la simulación con el potencial PM, sobre la estructura y propiedades de los ácidos nucleicos, mucho antes de que aparecieran los datos experimentales que confirmaran dichas proposiciones.



Un proceso fundamental de la vida es la replicación de la información genética a partir de un molde o plantilla. Las copias de la información se realizan con una alta fidelidad durante la replicación del ADN en la célula, formando sólo un par incorrecto por cada 10^8 - 10^{11} pares correctos, a pesar de que, de consideraciones teóricas y datos experimentales sobre "sistemas modelo", se puede garantizar una exactitud no mayor que una base errónea por 10^3 bases correctas. ¿Cuáles son los mecanismos atómico-moleculares de la exactitud de la biosíntesis del ADN? El papel crucial de esta exactitud lo juegan las enzimas de reconocimiento, la ADN-polimerasa.

En 1974 se propuso por primera vez, por uno de los autores, un mecanismo de reconocimiento primario para la incorporación de nucleótidos por ADN-polimerasa.¹¹ Según este mecanismo, el centro de reconocimiento de la ADN-polimerasa interactúa con invariantes estructurales de los pares de WC, éstos son átomos que sobresalen del par de bases y que pueden formar enlaces de hidrógeno. Por su parte, el centro de reconocimiento de la ADN-polimerasa contiene dos grupos protón-donador, N-H u O-H situados de manera que corresponden a los átomos invariantes del par de Watson y Crick.

Utilizando las funciones de potencial PM, se calculó la energía de interacción de todos los posibles pares de bases co-planares con un modelo del sitio de reconocimiento de la ADN-polimerasa, permitiendo explicar los datos experimentales sobre la frecuencia relativa de mutaciones espontáneas. La conclusión que se obtuvo fue que los sitios de reconocimiento de la polimerasa actúan como una plantilla adicional que incrementa la probabilidad de incorporar un nucleótido correcto y la disminuye para incorporar uno incorrecto.

En 1994 aparecen los primeros datos experimentales de rayos X de complejos de varias ADN-polimerasas con fragmentos de plantillas de ADN;¹² estos datos comprueban la predicción que se obtuvo 30 años antes con los resultados de la simulación.

Usando el potencial PM se estudió la hidratación de los diferentes pares de bases (Figura 2); los resultados revelan que, respecto de la morfología de las bases, hay diferentes patrones de hidratación que dependen del tipo de base y de la conformación de ADN.¹³

Ambos pares de bases de Watson y Crick poseen un patrón de hidratación similar, no así los pares incorrectos. Ello está de acuerdo con el mecanismo de fidelidad descrito antes.



© Oscar Necochea, de la serie *El cielo sobre nosotros*, 1989-2001.

Se observaron estructuras similares a las espinas de hidratación en secuencias específicas corroborando la propuesta de que los átomos de proteínas involucrados en la unión con ADN ocupan las posiciones donde normalmente se sitúan las moléculas de agua en ADN.

En los últimos años se ha incrementado la eficiencia de cálculo con el desarrollo de algoritmos que incrementan la exactitud de los resultados, aunado a esto, el aumento en la potencia de cálculo de las computadoras ha permitido que este desarrollo impacte en la habilidad para simular de manera más realista la estructura de los ácidos nucleicos y los procesos que involucran, contribuyendo a tener una visión más completa del funcionamiento biológico de los ácidos nucleicos y demás moléculas bio-orgánicas.

NOTAS

- ¹ Dickerson R.E., Drew D.R., Structure of a B-DNA Dodecamer. III. Geometry of Hydration, *J.Mol.Biol.*, Vol.151, 1981, pp.535-556.
- ² Ng H.L., Kopka M.L., Dickerson R.E., *Proc.Natl.Acad.Sci. USA*, Vol.97, 2000, pp.2035.
- ³ Kuroda R., Neidle S., Drug-Nucleic Acid Interactions at the Molecular Level. In: *Steric Aspects of Biomolecular Interactions*, CRC Press. , 1987, pp.213-233.
- ⁴ Vlieghe D., Sponer J., Van Meervelt L., The Crystal Structure of d(GGCAATTGG) Complexed with DAPI Reveals Novel Binding Mode, *Biochemistry*, Vol.38, 1999, pp.16451-16459.
- ⁵ Poltev V.I., Malenkov G.G., Gonzalez E., Teplukhin A.V., Rein R., Shibata

M. and Miller J.H., Modeling DNA Hydration: Comparison of Calculated and Experimental Hydration Properties of Nucleic Acid Bases, *J.Biomol.Struc.Dyn.*, No.4, Vol.13, 1996, pp.717-725.

⁶ Poltev V.I., Grokhina J.I. and Malenkov G.G., Hydration of Nucleic Acids Bases Studied Using Novel Atom-Atom Potential Functions *J.Biomol.Struc.Dyn.*, No.2, Vol.2, 1984, pp.413-429.

⁷ Cornell W.D., Cieplak P., Bayly C.I., Gould I.R., Merz K.M., Ferguson D.M., Spellmeyer D.C., Fox T., Caldwell J.W. and Kollman P.A., A Second Generation Force Field for the Simulation of Proteins, Nucleic Acids, and Organic Molecules *J.Amer.Chem.Soc.*, Vol.117, 1995, pp.5179-5197.

⁸ MacKerell Jr. A.D., Workiewicz-Kuczera J., Karplus M., An all-Atom Empirical energy Function for the Simulation of Nucleic Acids, *J.Am.Chem.Soc.*, Vol.117, 1995, pp.11946-11975.

⁹ Jorgensen W.L., Tirado-Rives J., The OPLS Potential Functions for Proteins. Energy Minimizations for Crystals of Cyclic Peptides and Crambin. *J.Am.Chem.Soc.*, Vol.110, 1988, pp.1657-1666.

¹⁰ González E., Cedeño F.I., Teplukhin A.V., Malenkov G.G., Poltev V.I. Refinamiento de la Metodología de la Simulación de los Hidratación de los Ácidos Nucleicos, *Rev.Mex. de Física*, S.2, Vol.46, 2000, pp.142-147.

¹¹ Bruskov V.I., Poltev V.I., Recognition by enzymes of complementary pairs of nitrogen bases and intensification of the specificity of the interaction in processes of template synthesis, *Dokl.Akad.Nauk. SSSR*, Vol.219, 1974, pp.231-234.

¹² Pelletier H., Azuaya M.R., Kumar A., Wilson S.H., Kraut J., Structures of Ternary Complexes of Rat DNA Polymerase α , a DNA Template-Primer, and dCTP, *Science*, Vol.264, 1994, pp.1891-1903.

¹³ Gonzalez E., Deriabina A.S., Poltev V.I., Computer Simulation of Biomolecular Systems. Hydration of DNA Fragments., In: *Advances in Systems Theory, Mathematical Methods and Applications* 310p, ISBN 960 8052 610, 2002 (en prensa).

Eduardo González Jiménez y Valery I. Poltev son profesores de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas de la BUAP.
gonzalez@fcfm.buap.mx; poltev@fcfm.buap.mx.



© Oscar Necochea, de la serie *El cielo sobre nosotros*, 1989-2001.

Pandemia de gripe

Sinaloa, 1918-1919

Rafael
Valdez Aguilar

Los historiadores de la medicina afirman que la gripe ya era conocida en la Antigüedad. Existe la posibilidad de que la epidemia descrita por Hipócrates en el año 412 a.C. fuera de gripe. Otra pestilencia de perfiles similares fue la que afectó al ejército griego en el sitio de Siracusa, en el año 395 a.C. El primer registro de una gran pandemia de gripe se refiere a la que ocurrió en Europa en el año de 1170 d.C., a la que siguieron por lo menos 47 epidemias importantes en el viejo continente. El primer brote indiscutible ocurrió en Europa en 1510 y fue descrito por Willis y Sydenham. Entre las grandes pandemias del pasado destaca la de 1580 por su amplia difusión y gran virulencia. Se originó en Asia y desde allí se extendió a Europa. Según los cronistas fue bastante grave en España, donde diezmó la población de Madrid y en 10 días infectó a 20 mil personas en Barcelona. La epidemia casi da al traste con la conquista de Portugal; Felipe II enfermó gravemente y su mujer Ana de Austria murió. En 1781 ocurrió otra epidemia no muy virulenta que se cebó en los adultos jóvenes. Este hecho volvería a ser observado en la epidemia de 1918.

En el siglo XIX hubo dos olas epidémicas, en 1847 y en 1892. En esta última la morbilidad alcanzó entre 40 y 70% de la población.¹ Parece ser que, a partir de esta pandemia, la gripe se tornó endémica en gran parte del mundo.

En los años posteriores a la pandemia de 1918, se han alternado brotes epidémicos de poca importancia con otros que afectaron a zonas más extensas del mundo. En 1957 apareció un nuevo virus gripal en la provincia china de Kwichow que originó la llamada "gripe asiática", la pandemia más extensa de que se tenga registro en la historia de la humanidad. Hubo tres olas epidémicas: la primera en la

primavera-verano de 1957 con una incidencia relativamente baja, la segunda en los primeros meses de 1958 y la tercera en el invierno de 1958–1959. La última pandemia que recorrió el mundo comenzó en Hong Kong en 1968 y su difusión fue más lenta e irregular que la de las anteriores. En la actualidad, las poblaciones padecen un brote epidémico cada dos o tres años, pero la gripe es endémica en Occidente desde el siglo XIX, como ya hemos dicho, y es una de las causas principales de muerte por enfermedad infecciosa.²

CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS DE LA GRIPE

La gripe, denominada también influenza por creerse, durante la Edad Media, que esta enfermedad era producida por influencia de los astros, es una enfermedad infecciosa aguda, transmisible, producida por virus como el *ortomixovirus in-*



© Oscar Necochea, de la serie *El cielo sobre nosotros*, 1989-2001.

fluenza que presenta tres tipos antigénico, A, B y C. El virus de la gripe fue aislado por primera vez en 1933.³ Se caracteriza por la brusca aparición de fiebre, malestar general, dolor de cabeza y dolores musculares; es producido por un virus RNA (ácido ribonucleico), con un diámetro de 80 a 120 nm. El virus posee una hélice central de nucleoproteína RNA y una cubierta externa de lipoproteína. Los virus infectivos son inactivados por el calor a 56°C en pocos minutos, y también mediante tratamiento con éter. Están dotados de dos proteínas superficiales, la hemaglutinina (HA) y la neurominidasa (NA) que, al tener contacto con la célula humana, provocan una reacción defensiva del sistema inmunológico. Estos antígenos HA y NA, pueden variar de tal forma que soslayan la inmunidad adquirida por el huésped en infecciones anteriores. Este carácter mutable del virus es la razón por lo que, todavía hoy, no se haya logrado una vacuna realmente efectiva contra la gri-



pe. Los virus de la gripe son agentes neurotrópicos con afinidad selectiva por las células epiteliales traqueobronquiales.⁴

Es una enfermedad infecciosa que aparece generalmente en brotes epidémicos de carácter estacional –en los meses fríos– y se deben al virus de tipo A o de tipo B. Los virus de tipo C rara vez producen epidemias. La transmisión se produce por contacto personal entre una persona susceptible y una enferma, mediante la inhalación de gotitas de saliva diseminadas por un enfermo al toser, estornudar, hablar o reír. Es una de las enfermedades más rápidamente transmisibles debido al corto periodo de incubación (uno a tres días), a la elevada proporción de susceptibles en la población y a la facilidad de la transmisión. Las epidemias de gripe de tipo A tienden a



presentarse cada dos a cuatro años, las de gripe tipo B se producen cada cuatro a seis años. Las epidemias se producen generalmente durante los meses fríos de finales de otoño hasta principios de primavera. Dentro de una determinada comunidad, el cenit de la epidemia se alcanza a las dos semanas de su inicio y generalmente termina al cabo de un mes. La enfermedad puede afectar hasta 40% de la población. Compromete más a niños de 5 a 14 años. A partir de los 40 años, la incidencia disminuye progresivamente. La mortalidad en la actualidad es relativamente baja, alrededor de 1%.

En los casos de gripe humana no complicada, se observan básicamente los mismos cambios en la totalidad del árbol traqueobronquial, mediante broncoscopia y biopsia bronquial: descamación del epitelio ciliado, hiperplasia de las células de transición, edema, hiperemia, congestión y aumento de las secreciones.

Después del periodo de incubación de uno a tres días, la gripe aparece de forma brusca, con fiebre que alcanza los



39-40°C, precedida o acompañada de escalofríos, dolor de cabeza intenso, dolores musculares, tos seca, dolor por debajo del esternón, conjuntivas inflamadas y dolor de garganta. Si no se producen complicaciones, la fiebre se alivia al cabo de cuatro días y el enfermo se cura a la semana. La persistencia de la fiebre, postración y tos acompañada de estertores, es señal de complicación por neumonía, ya sea primaria (viral), o bacteriana (por estafilococos, *H. Influenzae*, neumococos). Otras complicaciones son la encefalitis y las miocarditis.⁵

El diagnóstico se establece por la existencia de los síntomas y signos clínicos ya mencionados y, de manera definitiva, por el aislamiento del virus de la garganta o esputo y por la detección de un aumento significativo del título de anticuerpos



durante la convalecencia. El pronóstico en los casos no complicados es bueno. Las complicaciones son relativamente frecuentes en enfermos pulmonares o cardíacos crónicos. Las mujeres que contraen la gripe al final del embarazo presentan también mayor riesgo de complicaciones, ya que la elevación del diafragma compromete la función pulmonar. Una vez curada la enfermedad, el paciente puede contraer de nuevo la gripe ya que no hay inmunidad permanente. El tratamiento de la gripe no complicada es sintomático y de mantenimiento.

Los virus de la gripe circulan continuamente entre nosotros, pero sólo en contadas ocasiones desencadenan verdaderas pandemias. Para que el virus de la gripe pueda producir una pandemia, por lo menos uno de los antígenos (HA y NA) debe ser totalmente distinto a los que han circulado entre la población en epidemias anteriores.

Desde hace tiempo se viene señalando que, entre ciertos animales, como los caballos, las aves y los cerdos, se producían epizootias similares a la gripe humana. Estas ob-

servaciones cobraron importancia durante la pandemia de 1918, al observarse una enfermedad entre los cerdos en Iowa, de características parecidas a la gripe que azotó a los humanos. Fue la primera que se manifestó entre los cerdos y su coincidencia con la pandemia de 1918 suscitó mucha especulación entre los hombres de ciencia.

En 1930, Shope aisló un virus de gripe porcina, A/ swine/ Iowa (H1N1), descendiente directo del que causó la epizootia de 1918. Desafortunadamente todos los intentos por aislar el virus humano de 1918 han fracasado, pero los análisis serológicos realizados a personas que padecieron esa pandemia han permitido comprobar que hay una fuerte relación entre el virus porcino y el humano. Un importante porcentaje de los sobrevivientes de aquellos años posee anticuerpos frente a la cepa A/ swine/ Iowa/30. Nunca se sabrá el origen exacto de ese virus, pero una de las hipótesis que se plan-



tean es que fue el resultado de una recombinación genética entre un virus porcino y uno humano.⁶

LA PANDEMIA DE GRIPE DE 1918

En contra de lo que se cree generalmente, la gran pandemia de influenza de 1918-1919, no se originó en los campos de batalla de Europa en mayo de 1918, menos aún en España, como se ha pensado, y por lo que se le ha denominado "influenza española", "gripe española" o "dama española". La gran pandemia se originó en un campamento del ejército norteamericano, en Funstone, Kansas, el 4 de marzo de 1918. El flagelo se extendió por Estados Unidos y en menos de un mes la mortalidad había aumentado de manera notable. Catorce días después de la irrupción epidémica de la gripe en Camp Funstone, aparece un nuevo brote en los

campamentos Oglethorpe en Georgia. Enferman 1,468 soldados de los 28,586 allí acuartelados. Los médicos afirman, de forma un tanto críptica, que “puede decirse que una epidemia de infección gripal se ha vuelto predominante...”.⁷

La epidemia, difundida por el continuo movimiento de tropas, se extendió rápidamente desde el Medio Oeste hacia la costa Este. Coincidió con las grandes movilizaciones del ejército americano. En marzo de ese año había en Europa 85 mil soldados luchando en los campos de Francia; seis meses más tarde eran 1,200,000. Así, el 1ro. de abril se registraron los primeros casos de gripe entre las tropas expedicionarias norteamericanas acuarteladas en Burdeos y Brest, en dos de los principales puestos de desembarco. Para el doctor Vaughan, que siguió muy de cerca el desarrollo de la pandemia en el ejército norteamericano, no cabía duda de la gripe “fue llevada a Francia por la gran masa de hombres que viajaban al país desde los Estados Unidos”.⁸

El virus de la pandemia de 1918, en su primera ola, no encontró resistencia inmunológica entre las poblaciones atacadas durante la primavera de ese año. En Europa la epidemia parecía haberse limitado, durante el mes de abril, a tierras francesas, atacando por igual a la población civil y a los ejércitos franceses, británicos y americanos que combatían en Francia; de allí pasó a la tropas alemanas.

En mayo, la epidemia estalló en España, Portugal, Italia, Grecia, Albania, Escocia y el norte de África. En junio, la gripe se convirtió en pandemia, difundándose a casi todo el orbe. De Europa pasó a Puerto Rico en un barco español. Desde allí se difundió por toda la cuenca del Caribe; se sabe que México recibió el contagio de su vecino del norte durante ese mismo mes.¹⁰ Por transportes militares la epidemia llegó también al continente asiático. En Sudáfrica apareció en el puerto de Durban el 14 de septiembre de 1918. En Sudamérica, la epidemia se introdujo en septiembre, comenzando en Argentina y Brasil a través de barcos españoles. Paulatinamente, durante el verano, la epidemia de gripe fue desapareciendo de todo el mundo, excepto de las zonas más australes. Sin embargo, pronto apareció una segunda ola epidémica. El 22 de agosto, el doctor W.T. Vauhan, de las fuerzas expedicionarias norteamericanas, informaba de un violento recrudecimiento de la epidemia en Brest. Es curioso observar que, a pesar de las terribles condiciones que existían en los frentes de guerra, la mayor parte de los muertos por gripe en los ejércitos aliados se produjo en los puertos de embarque y en los lugares de



entrenamiento. Estos reclutas jóvenes, provenientes muchos de ellos de áreas rurales, no habían estado tan expuestos a las infecciones respiratorias y, por lo tanto, sucumbieron con más facilidad a las infecciones secundarias de gripe.¹⁰

La característica más singular de la pandemia de 1918 fue que un grupo de la población con edades comprendidas entre los 20 y los 40 años tuvo mayor mortalidad. Parece que la gripe afectó más a las mujeres que a los hombres.

Nunca sabremos con exactitud cuántas personas murieron en el mundo a consecuencia de esta pandemia dado que en Asia y en África no hubo registros de mortalidad. Madagascar, Sudáfrica, Nueva Zelanda, Guatemala y México figuran entre los países más castigados por el flagelo, con tasas de mortalidad que oscilan entre 22 y 35%. Del total de muertes, entre 25 y 50 millones en todo el mundo,¹¹ la India tuvo 12.5 millones de casos mortales.

LA “INFLUENZA ESPAÑOLA”

Entre 1450 y 1456, hubo en México una gran epidemia asociada con varios años de malas cosechas y hambrunas consecutivas. Definida por los cronistas texcocanos como “catarro pestilencial”, fue sin duda una epidemia de influenza o gripe, complicada posteriormente por la aparición de otros muchos padecimientos que se ensañaron en una población debilitada por el hambre. También sabemos de epidemias similares ocurridas en 1496 en Tehuantepec y poblados vecinos y la de 1507 en Tuctepec e Intztlán, que produjeron también una gran mortandad en la parte central del territorio que hoy constituye México.¹²

En lo que se refiere a la gran pandemia de influenza o “gripe española”, como se le conoció entonces, de 1918 a 1919, no está claro cómo llegó a nuestras tierras. Una versión dice que la “influenza española” llegó a México, en junio de 1918, procedente de los Estados Unidos.¹³ También se sabe que la influenza de 1918 llegó a los puertos de Tampico y Veracruz, traída por los barcos de la compañía Trasatlántica Española. Según el doctor Francisco Valdez, esta epidemia produjo una mortalidad muy alta en Torreón, Gómez Palacio y San Pedro de las Colinas, al grado que hubo días en que se registraron hasta 300 defunciones en la primera de las localidades mencionadas, calculándose que durante dicha epidemia murieron en esas poblaciones alrededor de



© Oscar Necochea, de la serie *El cielo sobre nosotros*, 1989-2001.



21 mil personas.¹⁴ La influenza causó gran número de enfermos y muertos en la capital de la República y de ahí se extendió a los estados vecinos. En Puebla, durante los 70 días que duró esta epidemia, se calcula que murieron alrededor de cinco mil personas.¹⁵

Según E. Oakes Jordán, la pandemia de influenza de 1918-1919 produjo en México –que entonces tenía 14 millones de habitantes– 500 mil víctimas mortales, con una tasa de mortalidad entre 22 y 35%.¹⁶

LA “INFLUENZA ESPAÑOLA” EN SINALOA

La gripe ya era conocida en Sinaloa como una enfermedad infecciosa, transmisible y aguda, que ocurría periódicamente en los meses más fríos del año y que atacaba en forma leve a la mayoría de la población. Sin embargo, a finales de 1918, este panorama cambió abruptamente: la epidemia de gripe de ese año era distinta por la gravedad que revestían sus síntomas y por la mortalidad que causaba que, paradójicamente, no ocurría entre los ancianos con problemas cardiorespiratorios crónicos o los niños desnutridos, sino en los adultos jóvenes.

A su llegada a esta entidad, la “gripe hispana” ya llevaba algunos meses de haber aparecido en México, y aunque este hecho era conocido por las autoridades y la población, no se le había dado la importancia debida y, por lo tanto, no se habían tomado las precauciones necesarias. Pronto se habrían de constatar las consecuencias, pues, en un lapso de alrededor de un semestre, el flagelo afectó a gran parte de la población del estado y los muertos alcanzaron la cifra de 20,000.¹⁸

A la llegada de la pandemia, Sinaloa se recuperaba apenas de las consecuencias de la Revolución. Era gobernador de la entidad el general Ramón F. Iturbe, y a él le tocó la responsabilidad de enfrentar a esta plaga, junto con las autoridades municipales y el Congreso del Estado.

Sinaloa, en esa época, contaba con una población aproximada de 350,000 habitantes y las ciudades más importantes, Culiacán, Mazatlán y El Rosario, aunque contaban con servicios de agua corriente, entubada y alumbrado eléctrico, carecían de drenaje y transporte público; la población era en su mayoría analfabeta y predominantemente rural (Culiacán contaba con unos 15,000 habitantes, Mazatlán con 20 mil y El Rosario con 12 mil). La salubridad en el Estado se encontraba en pésima situación y enfermedades como viruela, sarampión, paludismo, tifoidea, tétano, neumonía, diarrea, disentería, tuberculosis y lepra, afectaban permanente o periódicamente a los sinaloenses.

Culiacán contaba sólo con dos instituciones hospitalarias, el Hospital del Carmen y la Casa de Beneficencia, ambas en situación precaria; Mazatlán tenía un Hospital Civil y otro Militar, y el Rosario, uno. En Sinaloa existían además algunos vacunatorios y lazaretos (sanatorios).

La “gripe española” apareció primero en el puerto de Mazatlán en diciembre de 1918. Al principio se pensó que era un brote periódico de gripe común, la que afectaba fuertemente a las personas que la contraían produciendo en ellos una gran postración, dolor de cabeza intenso, dolores musculares y articulares, fiebre alta, escalofríos, catarro, conjuntivitis, erupciones en la piel y náuseas; en los casos más graves había hemorragias nasales. Muchos de estos enfermos se complicaban con neumonías y no pocos morían. A pesar de los llamados tranquilizadores de las autoridades municipales, el miedo produjo un ausentismo laboral y escolar fue muy marcado en esas semanas.

En el libro de actas núm. 56 (1918/1919), foja núm. 167, del Archivo Municipal de Mazatlán, el 3 de enero de 1919, se constata una comunicación del síndico del poblado del Quelite, en la que solicita a las autoridades del municipio de



© Oscar Necochea, de la serie *El cielo sobre nosotros*, 1989-2001.

Mazatlán que sean clausuradas las escuelas de su jurisdicción, porque estaba avanzando en el lugar la enfermedad conocida como la influenza española. Se acordó por los regidores que así se hiciera, pero “bajo la condición de que al cesar un poco procuren sean abiertas de nuevo las requeridas escuelas”.¹⁸

El Síndico municipal de Villa Unión, con fecha 15 de enero de 1919, comunicó que la mortalidad de vecinos del lugar crecía día con día por neumonías fulminantes a consecuencia de complicación de influenza española.

[...] y que como ya son alarmantes los casos que se han dado, se permite poner en conocimiento de esta corporación municipal para que sean tomadas medidas adecuadas urgentes.¹⁹

Pronto llegaron comunicaciones similares de los síndicos de La Noria, El Roble y Canoas a las autoridades municipales del puerto. La gente moría por centenares a causa de las complicaciones de la gripe.²¹ En El Rosario y en Culiacán pronto se presentaron situaciones parecidas.

El *Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Sinaloa*, con fecha 18 de enero de 1919, señalaba que

[...] tanto el Gobierno del Estado como el Ayuntamiento [de Culiacán], se encuentran estudiando las

medidas que determinarán próximamente y las formas de combatir esta epidemia de influenza española que se ha desarrollado de manera alarmante.²¹

El cabildo de Culiacán se reunió para discutir el tema. El regidor de Higiene Pública expuso los problemas económicos, humanos y materiales que se tenían que enfrentar, solicitando apoyo y proponiendo implantar las medidas recomendadas por el Consejo General de Salubridad de la República. Se proponía el cierre provisional de sitios de concentración pública como escuelas, templos, cines, teatros. En lugares visibles se fijó un documento en el cual se recomendaba a las personas sanas: 1) no concurrir a lugares de reunión, 2) no visitar casas donde hubiera enfermos, 3) abstenerse de todo exceso, 4) después de tocar a un enfermo lavarse las manos con jabón y frotarlas con alcohol, 5) desinfectar nariz y boca varias veces al día con ciertas preparaciones, 6) aseo corporal y cambio frecuente de ropa, 7) aislar a los enfermos y asearlos adecuadamente, 8) desinfectar las habitaciones de los enfermos, 9) considerando peligroso “saludar estrechando la mano, el abrazo, el beso”, se instaba finalmente a la población a “abstenerse de esos actos”. El mismo documento daba también a conocer las recomendaciones del Consejo de Salubridad General para prevenir y tratar la influenza: 1) ingerir zumo de limón en líquidos, 2) tomar un centígramo de sulfuro de calcio cada cuatro o cinco horas, 3) a los primeros síntomas ponerse en cama y tomar purgante, 4) si la enfermedad era leve tomar 10 centigramos



© Oscar Necochea, de la serie *El cielo sobre nosotros*, 1989-2001.

de quinina y 20 de ácido acetil salicílico, además de someterse a fricciones y provocar sudoraciones, 5) si era grave acudir a un médico competente.²²

Para fines del mes de marzo de ese año, la epidemia comenzó a ceder; sin embargo, el cabildo de Mazatlán, en sesión de septiembre de 1919, acordó turnar un oficio al médico delegado en Mazatlán del Departamento General de Salubridad de la República, preguntándole las medidas a tomar, porque se ha tenido conocimiento de que en el estado de Nayarit, en las poblaciones de Tecuala, Rosa Morada y Santiago, existe una enfermedad que tiene características de epidemia de influenza.²³

La epidemia de "influenza española" se declaró oficialmente terminada en el mes de octubre de 1919. Se calcula que esta epidemia afectó a 20,000 personas, en su mayoría adultos jóvenes.²⁴

N O T A S

¹ Vauhan, W.T., "Influenza and epidemiological Study", en *The American Journal of Hygiene, demographic series*, núm. 1, 1921, pp. 156-127.

² Echeverri Dávila, B., *La gripe española. La pandemia de 1918-1919*, Madrid, Siglo XXI de España y Centro de Investigaciones Sociológicas, 1993, pp. 6-7.

³ Hoeprich, Paul D., *Tratado de enfermedades infecciosas*, La Habana, 1982, p.273.

⁴ *Loc. cit.*

⁵ Armijo Rojas, R., *Epidemiología*, Vol. II (Epidemiología Aplicada), Buenos Aires, Intermédica Editorial, 1976, pp. 211-213.

⁶ Scholtissek, C., et al., "Evolution of pig influenza viruses", *Virology*, núm. 183, julio de 1991, pp. 61-73.

⁷ Vaughan, W. T., *op. cit.*, p.71.

⁸ *Ibid.*, p. 73.

⁹ *Ibid.*, p. 78.

¹⁰ *Loc. cit.*

¹¹ Jordan, E.O., *Epidemic Influenza, a Survey*, Chicago, 1927, pp. 197-198.

¹² Viesca, C., *Medicina Prehispánica de México*, México, Panorama Editorial, pp.49-50.

¹³ Jordan, E.O., *op. cit.*, p. 198.

¹⁴ Fujigaki Lechuga, A. y González Galván, A., "Epidemias de México durante el siglo XIX", en Enrique Florescano y Elsa Malvido (comps), *Ensayos sobre la historia de las epidemias en México*, Tomo II, México, IMSS, 1982, p. 713.

¹⁵ Gamboa Ojeda, L., "La epidemia de influenza de 1918: sanidad y política en la ciudad de Puebla", en *Quiju, Revista Latinoamericana de la ciencia y la tecnología*, vol. 8, núm. 1, enero-abril de 1991, pp. 94-106.

¹⁶ Jordan, E. O., *op. cit.*, p. 198.

¹⁷ Bustamante, M. y colaboradores, *La salud pública en México*, México, Secretaría de Salubridad y Asistencia, sin fecha, pp. 38-42.

¹⁸ Jordan, E. O., *op. cit.*, p. 198.

¹⁹ Archivo Municipal de Mazatlán, Libro de Actas núm. 56, (1918/1919), foja núm. 167.

²⁰ *Ibid.*, foja núm. 196.

²¹ *Ibid.*, foja núm. 272.

²² Archivo del Congreso del Estado de Sinaloa, *Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Sinaloa*, 18 de enero de 1919.

²³ Archivo Municipal de Mazatlán, Libro de Actas No. 56 (1918-1919), Foja núm. 286.a

²⁴ Archivo Municipal de Culiacán, actas de reunión de Cabildo, 1919.

Rafael Valdez Aguilar es profesor de la Universidad Autónoma de Sinaloa.



© Oscar Necochea, de la serie *El cielo sobre nosotros*, 1989-2001.



El futuro de la vegetación de México

Jenaro M.
Reyes Matamoros
David
Martínez Moreno

La flora de México es considerada como una de las más ricas y variadas del mundo, ello se debe a su situación geográfica, lo accidentado de su fisiografía y lo variado de sus climas.^{1,2} Los factores abióticos (precipitación, humedad relativa, luz, temperatura, suelo y altitud) y los bióticos (flora y fauna) son relevantes para entender la distribución de los diversos tipos de vegetación presentes en nuestro país.

Rzedowski (1978) señala, que en el territorio mexicano están presentes todos los grandes biomas que se han descrito en la superficie de nuestro planeta, desde desiertos, donde la aridez permite sólo el desarrollo de algunas especies, hasta las densas y frondosas selvas húmedas, donde la vegetación es completamente tropical y de las zonas bajas y calientes, hasta los páramos de alta montaña, donde todas las noches hay heladas o al menos la temperatura baja a niveles cercanos a 0°C. Esta gran diversidad no se debe solamente a la gama de variaciones e interrelaciones fisiográficas, geológicas y climáticas, sino también al hecho de que la vegetación de México participe tanto de los tipos meridionales (sudamericanos), como de los boreales norteamericano-euroasiáticos, y a la importante participación del componente endémico. Al respecto, Miranda y Hernández X. (1963) concluyen que los factores climáticos, cuando se



© Oscar Nevechea, de la serie *El cielo sobre nosotros*, 1999-2001.

trata de definir la vegetación, no pueden proporcionar más que una vaga aproximación de ésta, ya que una misma formación vegetal puede encontrarse en distintos tipos de clima y, a la inversa, es posible hallar diversas formaciones vegetales bajo un mismo tipo de clima, de ahí que sea imposible definir los tipos de vegetación únicamente de acuerdo con los factores climáticos, y menos aún a través del uso de factores climáticos globales, tales como la temperatura media anual y la precipitación media anual.³

El Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, 1999) señala que de las 152 ecorregiones terrestres identificadas en América Latina, 52 se encuentran en México, contribuyendo de manera importante a la biodiversidad.⁴ Así, tenemos que en los bosques templados de México crecen el mayor número de especies de pino (52) y de encino (138), la mayoría de ellas endémicas. Los desiertos mexicanos abarcan el mayor número de cactáceas del mundo; siendo 52% de ellas endémicas.

Por esa razón, en el estudio de las comunidades naturales se deben reconocer las características propias de cada uno de los tipos de vegetación que existe en nuestro país. Es necesario que se conozcan e identifiquen los elementos propios de cada una de las comunidades y los factores que las hacen diferentes. Con respecto al conocimiento de la vegetación, surge la pregunta: ¿por qué estudiar los tipos de vegetación?

La vegetación ha sido conceptualizada por cada uno de los investigadores mencionados de diferente manera y la han clasificado de acuerdo con su propio criterio, presentándose una gran heterogeneidad en los criterios, como es el caso de Rzedowski (1978) que hace un análisis de la clasificación propuesta por Leopold (1950)⁵ y Miranda y Hernández X. (1963). Pero la misma clasificación de Rzedowski, debido a la gran heterogeneidad de criterios básicos, no permite distinguir detalladamente los tipos

de vegetación, pues los define de acuerdo con sus rasgos fisonómicos, de naturaleza florística y, también, de acuerdo con el ambiente.

Es por ello que muchos de los estudiantes de biología, investigadores de botánica y ecología muestran confusión en este tipo de clasificación. Actualmente existen las cartas del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 1980)⁶ y el mapa de ecorregiones del Fondo Mundial para la Naturaleza que sólo hacen más confusa esta clasificación. Pero a pesar de ello, es indispensable conocer cómo se ha clasificado la vegetación a lo largo del tiempo, tomando en cuenta los parámetros ambientales como la temperatura, la fotoperiodicidad, la humedad, la precipitación, y físicos como la altitud y los tipos de suelo, entre los más importantes.

Este tipo de trabajos nos muestra cómo se distribuyen las especies a lo largo del tiempo y sobre las gradientes ambientales y de altitud, así como la vegetación ha sido modificada, pues hoy en día muchas áreas han sido severamente alteradas, destruyéndose la vegetación original y en su lugar se instalaron potreros o cultivos que dieron como resultado que el ambiente se altere, tal como en la Sierra Norte de Puebla, donde sólo se han dejado pequeñas áreas de bosque mesófilo, lo que ha tenido consecuencias desastrosas, pues debido a ello las lluvias han devastado grandes zonas, originando incluso la muerte de muchas personas.

Es necesario elaborar mapas acordes con la vegetación actual y evaluar el estado de los tipos de vegetación, pues han pasado 23 años desde que Rzedowski publicó su libro *Tipos de vegetación de México*.

Debe aclararse que, además de las clasificaciones ya expuestas, como la de Challenger (1998),⁷ y otras que hablan de la riqueza florística¹ y del panorama de la biodiversidad,⁸ pero todas concuerdan en que esta riqueza se está agotando.

De acuerdo con Challenger (1998), la degradación y destruc-



© Oscar Nezaechua, de la serie El odio sobre nosotros, 1989-2011.

ción de los recursos naturales, ecológicos y culturales (indígenas) de México son: la inmersión de estos recursos dentro de los flujos globales de capital de bienes de consumo que junto con el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLC), así como otros acuerdos similares están llevando a México a poner mayor énfasis en la producción de materias primas exportables, en especial petróleo, recursos minerales y cultivos de exportación altamente remunerables. De esta manera se está sacrificando la producción de alimentos básicos, mismos que se tienen que importar de Estados Unidos.

La producción industrial requiere de enormes cantidades de materias primas específicas que se extraen del entorno natural: madera, productos animales (cuero, pieles, aceite de ballena, carne, etc.), productos vegetales (colorantes, medicinas, aceite vegetal, fitohormonas, etc.), materiales de construcción y minerales entre otros; de este modo, el entorno natural sufre transformaciones indirectas durante el proceso o bien se le transforma directamente a fin de hacerlo más adecuado para la producción especializada de grandes cantidades de materias primas como cultivos alimenticios, frutales, oleaginosas, forrajes, etcétera. Las transformaciones de este tipo conducen a la simplificación y depauperación de los recursos abióticos y bióticos.

Las siguientes son cifras que ponen de manifiesto los costos humanos de la degradación ambiental: 200 millones de personas dependen directamente de recursos forestales agotados; 800 millones de personas están afectadas por la desertificación; 1,000 millones dependen de sistemas de riego cada vez más precarios y con problemas de salinización; 500 millones habitan en cuencas hidrológicas cada vez más degradadas; 400 millones están expuestas a la consecuente sedimentación de los ríos; más de 1,000 millones carecen de una fuente adecuada de agua salubre; casi 2,000 millones padecen desnutrición o carecen de servicios sanitarios básicos; cada año mueren 13.5 millones de niños menores de cinco años, dos millones de ellos de paludismo; más de 1,000

millones de personas viven en ciudades cuya contaminación atmosférica es superior a la máxima señalada por la Organización Mundial de la Salud; cada día mueren 35,000 niños por enfermedades atribuibles a la contaminación y al agua insalubre.

En el inicio del siglo XXI el planeta refleja que el modelo de desarrollo industrial capitalista es causa de muchas de las dificultades que afligen a las sociedades del orbe. Así, se considera que dicho modelo es la fuerza motriz de ciertos métodos de explotación de la naturaleza:

1. Se agotan con rapidez los recursos no renovables como el agua fósil, los combustibles fósiles y ciertos minerales industriales.
2. Se simplifica y homogeneiza el medio natural a tal grado que muchas de las comunidades y especies que las integran ya no pueden sobrevivir.
3. Se amenaza con socavar el futuro de los sistemas económicos y productivos en los que se basa la propia civilización industrial moderna: la contaminación del agua, el suelo y la atmósfera del planeta con desechos industriales, hasta el extremo de dañar la salud humana y reducir la productividad de los ecosistemas y agroecosistemas; la contaminación de la atmósfera superior con fluoroclorocarbonados (CFC) y otros compuestos clorados que dañan la capa de ozono, lo que permite filtrar la radiación solar ultravioleta; los cambios climáticos globales se anticipan debido al calentamiento ocasionado por la mayor concentración atmosférica de bióxido de carbono (CO₂).

Muchos de los cambios en la erosión y degradación de los ecosistemas naturales son generados por los países desarrollados en su afán por mantener el estándar de vida de su población, esto a costa de los países en vías de desarrollo.

El primer intento importante en México para conservar el ambiente natural culminó con la red de parques nacionales que



© Oscar Nevechea, de la serie *El cielo sobre nosotros*, 1969-2001.

Miguel Ángel de Quevedo creó durante el gobierno de Lázaro Cárdenas. Quevedo fue uno de los principales defensores de la conservación de los bosques y del uso racional de los recursos forestales durante la primera mitad del siglo xx. En 1938, Cárdenas decidió nacionalizar la industria petrolera. En vísperas de la nacionalización, proclamó que "los recursos naturales del país deben servir para su propia prosperidad; entregarlos a intereses extraños es traicionar a la patria". Por desgracia, pocos de los gobiernos mexicanos subsecuentes han compartido ese punto de vista y como hemos visto, se ha permitido que los recursos naturales del país hayan ingresado en la red mundial de flujos de mercancía y capital, lo que conduce a su sobreexplotación y destrucción.

Después del gobierno de Cárdenas se ha ignorado la conservación de recursos estratégicos como el petróleo, el agua dulce, los minerales industriales, entre otros, ya que se consideran simples factores de la producción económica, cuyo consumo o comercialización contribuye al producto interno bruto y, por lo tanto, al crecimiento económico. En este sentido, la conservación de los recursos naturales se ha centrado en el establecimiento de más reservas para proteger hábitats amenazados por el desarrollo. De esta manera, los gobiernos que siguieron al de Cárdenas han aumentado el número de reservas oficiales como una nueva oleada de esfuerzos de conservación.

Estos esfuerzos representan una proporción relativamente

pequeña de la cobertura vegetal y la biota total del país. Al seguir a las naciones industrializadas en lo referente a segregar la conservación de los recursos naturales mediante la creación de áreas naturales protegidas como usos especializados de la tierra, la inmensa mayoría de los recursos naturales de México (más de 90% del territorio nacional) siguen abiertos a la explotación económica. Dondequiera que esos recursos puedan ser explotados, las consecuencias ambientales y ecológicas para el país serán incalculables.

Por lo tanto, debe quedar muy claro que, a largo plazo, las áreas protegidas conservarán los recursos abióticos y bióticos sólo como fragmentos relictos de sistemas mucho más extensos. Estas reservas se volverán equivalentes a los "museos" naturales en los que los procesos ecológicos en gran escala, como las migraciones de poblaciones, las interacciones dinámicas entre especies y hasta la propia evolución se habrán suspendido en mayor o menor grado. Los inevitables procesos de pérdida de especies y de entropía natural acabarán por exterminar la integridad de las comunidades bióticas protegidas.

México es el asiento de uno de los principales centros mundiales de origen, domesticación y diversificación de plantas agrícolas. En el transcurso de miles de años, los indígenas han adaptado (y lo siguen haciendo) sus cultivos (y aun nuevos cultivos) a una amplia variedad de regímenes climáticos y agrohábitats, muchos de los cuales son inadecuados para los parientes silvestres de esas plantas, cuyas poblaciones, cada vez más amenazadas, constituyen otra parte del germoplasma.

Al llevar a cabo el proceso de domesticación, los agricultores indígenas han producido muchas razas y cientos de variedades



© Oscar Necochea, de la serie El ojo sobre nosotros, 1989-2001.

locales de casi todas las especies agrícolas, lo que representa una importante contribución humana al incremento de la biodiversidad de México y el mundo. Pero estas razas y variedades están empezando a sentir un deterioro enorme: primero, por la pérdida de conocimientos empíricos de los hijos de campesinos indígenas a quienes no les interesa ya sembrar ni seguir promoviendo dichas especies debido a que ellos emigran hacia las grandes ciudades o a Estados Unidos en busca de un salario más remunerativo; y segundo, la erosión genética, debida a la apertura del mercado de importación de granos básicos destinados a la alimentación del país, ya que el gobierno mexicano se comprometió a abrir completamente su mercado de importación de granos básicos en un plazo no mayor de 15 años a partir de la entrada en vigor del TLC, es decir, el primero de enero del 2009.

G L O S A R I O

AGROECOSISTEMA. Término que se refiere a los campos cultivados que se convierten en ecosistemas "domesticados"; son intermedios entre ecosistemas naturales (como los pastizales y los bosques) y ecosistemas artificiales (como las ciudades).

BIODIVERSIDAD. Variedad de las formas de vida, sus funciones ecológicas y la diversidad genética que contienen.

BOTA. La totalidad de las formas vivientes de una determinada región o todos los organismos del planeta Tierra.

ENDÉMICO. Organismo con distribución restringida en cierta localidad, región o país y que no se encuentran en ninguna otra parte del mundo.

EROSIÓN GENÉTICA. Pérdida o deterioro de la variabilidad genética de una especie o población por procesos naturales, o por la intervención del hombre en la alteración o destrucción de nichos ecológicos o por aplicación de métodos de fitomejoramiento que eliminan genes o alteran sus frecuencias génicas o genotípicas.

GERMOPLASMA. Conjunto de material genético de una especie e inclusive de varias especies, razas, grupos, individuos o, en general, la colección más completa de la variabilidad genética en las poblaciones para constituir los "bancos genéticos" que servirán de fuente de materiales en genotecnia.

B I B L I O G R A F Í A

¹Rzedowski, J., *La vegetación de México*, Limusa, México, 1978.

²Bravo-Hollis, H., *Las cactáceas de México*, UNAM, 1978.

³Miranda, F. y Hernández, X. E., "Los tipos de vegetación de México y su clasificación", *Bol. Soc. Bot. Méx.*, núm. 28, 1963, pp. 28-79.

⁴WWF, *Programa México*, Biographica, México, 1999.

⁵Leopold, A. S., "Vegetation zones of Mexico", *Ecology* 1950, 31(4), pp. 507-518.

⁶INEGI, *Carta de uso del suelo y vegetación*, México, 1980.

⁷Challenger, A., *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México, pasado, presente y futuro*, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 1998.

⁸Toledo, V. M., "La diversidad biológica de México", *Ciencia y desarrollo*, CONACYT, México, 1998.

Jenaro M. Reyes Matamoros es investigador del Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas del ICUAP. David Martínez Moreno es profesor de la Escuela de Biología de la BUAP.
cs001036@siu.buap.mx



Inestabilidad de laderas Sierras Norte y Nororiental del estado de Puebla

Oscar Andrés
Cuanalo Campos
Guillermo
Melgarejo Palafox

En una visita de inspección técnica a la comunidad de Zapotitlán de Méndez, en la Sierra Norte del Estado de Puebla, conocimos los sitios donde se presentaron deslizamientos de laderas e inundaciones, ocurridos por las precipitaciones pluviales acaecidas entre los meses de septiembre y octubre de 1999.

Una parte importante del territorio poblano, ubicado en las regiones norte y nororiental, está constituido por serranías de varios cientos de metros de altura que pertenecen a la cadena montañosa de la Sierra Madre Oriental.

A partir de la ciudad de Zaragoza, donde se pasa de zona de valle a sierra, existe una gran variedad de rocas y suelos que conforman las serranías. Entre las rocas encontramos las calizas, lutitas, limolitas y areniscas, todas ellas de origen sedimentario marino, razón por la cual se pueden encontrar entre su estructura fósiles de animales marinos que existieron hace millones de años (Foto 1); también aparecen rocas magmáticas y volcánicas producto de emisiones de lava, lapillis y ceniza arrojados en diferentes eventos por los volcanes existentes en el sitio (Cofre de Perote, Popocatepetl, Iztaccíhuatl, etcétera). Este último tipo de rocas incluye basalto, tanto masivo como vesicular, además de tobas, las cuales cuando aparecen consolidadas dan origen a materiales que se han utilizado comúnmente en la construcción de fachadas; son rocas suaves y fáciles de labrar. Los materiales anteriores cuando no están consolidados dan origen a suelos granulares pumíticos (arenas limosas) conocidos en la región con el nombre de hormigón o cacahuatillo. Estos materiales son utilizados como agregados en la elaboración de concreto hidráulico o en la fabricación de block.

También pudimos observar en algunos taludes propios de cortes de la sección de la carretera, rocas de origen metamórfico, como

esquistos y pizarras, que según Fries y colaboradores (1962) corresponden al basamento más antiguo de materiales existentes en el estado de Puebla, con edad estimada en más de 900 millones de años.¹

En la región existen importantes corrientes de agua, como los ríos Apulco, Zempoala, San Lorenzo, etc., afluentes del Tecolutla y del Cazones que desembocan en el Golfo de México; además existen presas que han embalsado el agua de las corrientes fluviales: La Soledad, Nuevo Necaxa, etcétera.

Varios de estos ríos se originan de escurrimientos superficiales y manantiales de la zona: los manantiales de Chignautla que abastecen de agua a la ciudad de Teziutlán. Los ríos han labrado su cauce a través de los materiales volcánicos granulares no consolidados, los cuales fueron depositados en los eventos volcánicos ocurridos posteriormente a la etapa de compresión que se produjo por movimientos tectónicos y que provocaron el levantamiento y exposición de las rocas sedimentarias marinas descritas anteriormente.

En esta región existía, hasta hace algunas décadas, una gran variedad de fauna silvestre: zorro, mapache, armadillo, tigrillo, venado, búho, lechuza, tepezcuintle, jilguero, cardenal, loro, tzenzontle, quetzal, etcétera.

Una gran parte de la población que habita esas regiones pertenece a etnias (nahuas, totonacas, otomies, tepehuanes, etcétera) asentadas en zonas clasificadas como de alta marginación,² que no tienen terreno propio, habitan casas de materiales muy frágiles (cartón, madera, lámina), no tienen estudios ni sueldo fijo, y se ocupan en actividades agrícolas una parte del año y como jornaleros en otra, o emigran a centros urbanos.

COSTO DE LOS DAÑOS

Durante 1999, en esta región, se produjeron una gran cantidad de deslaves, fallas de laderas, erosión de suelos, inundaciones, represamiento de ríos que al romperse súbitamente a pocas horas de su formación enterraron bajo lodo varias poblaciones. Esto trajo consigo pérdidas económicas y humanas en más de 80 comunidades de la región norte y nororiental. Las pérdidas materiales ascendieron a más de 2,000 millones de pesos, causaron 44,000 damnificados y afectaron a muchos sectores productivos: vivienda, educación, salud, infraestructura agrohidráulica, electricidad, carreteras y puentes, agricultura, ganadería, forestal, acuícola^{3,4} (Tabla I).



TABLA I: COSTO DE DAÑOS POR LAS LLUVIAS DE OCTUBRE DE 1999, EN LAS REGIONES NORTE Y NORORIENTAL DEL TERRITORIO POBLANO

SECTOR/CONCEPTO	DAÑOS DIRECTOS MILLONES DE PESOS	DAÑOS INDIRECTOS	TOTAL	PORCENTAJE DEL TOTAL
SECTORES SOCIALES	505.0	15.0	520.0	22.4
Vivienda	486.1		486.1	20.9
Educación	16.4	15.0	31.4	1.3
Salud	2.5		2.5	0.1
INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS	1,540.0	1.0	1,541.0	66.3
Agua y saneamiento	84.6	1.8	86.4	3.7
Energía (CFE)	481.1		481.1	20.7
Transporte y comunicaciones	974.3			
SECTORES PRODUCTIVOS	190.7	35.0	225.7	9.7
Agropecuaria, pesca y forestal	190.7	35.0	225.7	9.7
Agricultura	132.5	35.0	167.0	7.2
Ganadería	15.4		15.4	0.7
Forestal	35.0		35.0	1.5
Pesca (acuicultura)	7.8		7.8	0.3
ATENCIÓN A LA EMERGENCIA		38.6	38.69	1.6
TOTAL DE EFECTOS	2,235.7	89.6	2,325.3	100.0

NOTA: las cifras contenidas en este cuadro recogen tanto cálculos proporcionados por las entidades oficiales como cálculos propios realizados por los autores con base en diversas informaciones recabadas en el estado. FUENTE: Biltran D. y Reyes C.³

CAUSAS NATURALES Y ANTRÓPICAS

La problemática en las regiones Norte y Nororiente de Puebla es muy compleja e incluye fenómenos como deslizamientos rotacionales y traslacionales de laderas, erosión de suelos y caídos de rocas, lo que dio origen a flujos de suelos y rocas que arrasaron todo tipo de construcciones, pérdidas de importantes superficies de terreno y destrucción de comunidades por impacto de fragmentos de rocas.

Los deslizamientos rotacionales y traslacionales se presentaron fundamentalmente en rocas frágiles y deleznales como lutitas y limolitas, cuyo intemperismo produce suelos finos arcillosos y/o limosos que forman la capa de cobertura superficial donde crecen plantas y arbustos y que, en buena parte de las fallas observadas, correspondía al material que deslizó a lo largo de un plano que delimita el contacto de suelo y del estrato rocoso que no está o está poco afectado por los efectos de intemperismo: cambios estacionales, cambios térmicos, humedad, etcétera. La erosión de suelo por escurri-



miento de agua superficial se observó fundamentalmente en materiales granulares volcánicos no consolidados como arenas pumíticas que contienen algo de limos. La caída de rocas se presentó en zonas de cierta resistencia que presentaban discontinuidades como grietas, fracturas o fisuras, incluyendo calizas de origen sedimentario, tobas ignimbríticas de origen volcánico y rocas de origen metamórfico como esquistos.

La inestabilidad y fallas que sufrieron varias laderas se debieron a una combinación de los siguientes factores naturales: la morfología y topografía de la zona, la geología y características de los suelos de cobertura vegetal, la precipitación pluvial y el escurrimiento superficial; además, los factores antrópicos que incluyen la deforestación, la construcción de obras y el cambio en el uso del suelo.

MORFOLOGÍA Y TOPOGRAFÍA

La zona en estudio presenta una morfología de tipo montañoso y escarpado, que incluye cerros con elevaciones de hasta 3,200 msnm (Sierra de Teziutlán y Zacapoaxtla), y algunas planicies o valles; en ambos sitios existen comunidades y poblaciones que están asentadas en laderas muy abruptas o en zonas de inundación próximas a ríos y corrientes de agua (río Zempoala, Apulco, Pantepec, San Marcos).

Debido a que los cerros presentan pendientes muy pronunciadas y alturas de varios cientos de metros, las fuerzas gravitacionales tienen marcada influencia en su estabilidad, afectando el comportamiento de las masas de roca o suelos que constituyen las laderas naturales.

PRECIPITACIÓN PLUVIAL Y ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL

La precipitación pluvial de 1999, originada por las depresiones tropicales 11 y 14, causó serios daños e inundaciones en el Distrito Federal, Puebla, Veracruz, Tabasco, Campeche y Chiapas. En las sierras Norte y Nororiental del estado de Puebla se registraron precipitaciones del orden de 1,500 mm en tres meses,⁵ provocando que los ríos, arroyos y corrientes tributarias aumentaran significativamente su caudal, arrastrando partículas mucho más grandes y en mayor volumen, incrementando su velocidad, su régimen de flujo que durante y después de una tormenta se vuelve turbulento, por lo que aumenta su fuerza erosiva. Esto tuvo un gran impacto en las cuencas pequeñas de

esta zona, las cuales por su fisiografía son mucho más sensibles a lluvias de alta intensidad y corta duración.⁶

La lluvia se infiltró y saturó los suelos que constituyen la capa superficial que cubre las formaciones rocosas de las montañas, que tienen varios metros de espesor y donde crecen plantas y árboles, aumentando su peso por unidad de volumen y provocando las fallas de taludes con superficie de deslizamiento plana o circular, debida a fuerzas gravitacionales.

GEOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS

DE LOS SUELOS SUPERFICIALES

Esta región presenta una geología muy variada, que incluye rocas sedimentarias de la era mesozoica como calizas, conglomerados, areniscas, lutitas y limolitas; entre estas rocas y cubriéndolas, se encuentran rocas de tipo volcánico de la era cenozoica como basaltos, andesitas, riolitas y tobas ignimbríticas. Los suelos que cubren a las montañas han sido originados por los agentes de intemperismo y desintegración, de los cuales la temperatura, la humedad y la vegetación han sido determinantes en la descomposición de los minerales que integran las rocas subyacentes, dando origen a suelos cohesivos arcillosos y limosos, y suelos friccionantes como gravas, arenas y limos inorgánicos.⁷

En una gran parte de la región, las rocas calizas presentan planos de estratificación que delimitan espesores de material variable entre 20 cm y 1 m; estas formaciones son estables cuando la inclinación de la ladera es contraria al buzamiento de los planos estratigráficos. La estabilidad de las laderas conformadas por lutitas y limolitas es precaria, ya que estos materiales presentan planos de foliación con espesores de unos cuantos centímetros, y son rocas muy deleznales y frágiles.

Los suelos friccionantes como gravas, arenas y limos inorgánicos, que cubren principalmente a rocas de tipo volcánico, son susceptibles de erosión provocada por escurrimientos de agua, además presentan inestabilidad cuando la inclinación del talud es mayor que su ángulo de fricción interna. Con relación a los suelos finos cohesivos limosos y arcillosos, y sus mezclas con suelos gruesos (grava y arena), su comportamiento depende de su cohesión, que a su vez es un parámetro de resistencia en función de su contenido de agua; suelos de este tipo en estado seco pueden ser resistentes como un tabique, en cambio, si poseen altos contenidos de agua pueden fluir como un líquido viscoso.



FOTO 1. Rocas sedimentarias marinas (calizas del cerro El Cabezón en Tlatlauquitepec).



FOTO 2. Falla en rocas sedimentarias.



FOTO 3. Daños por deslizamiento de laderas.

Además de las características de los suelos y rocas, la geometría del propio talud, incluyendo su altura e inclinación, tienen mucho que ver con su estabilidad.⁸

FACTORES ANTRÓPICOS

La naturaleza protegió a las rocas que integran las sierras Norte y Nororiental con una vegetación boscosa que impidió que el proceso erosivo fuera acelerado; sin embargo, las condiciones fueron cambiando paulatinamente a partir de la década de 1940 cuando la población en las partes altas de las vertientes aumentó gradualmente pero en forma sostenida. La nueva población necesitó abrir espacio en los bosques y preparar el terreno para actividades agropecuarias. Esto dio como resultado el desarrollo de una cerrada red caminera que modificó la hidrología; las veredas que se encuentran en las laderas de las cañadas, generan sitios de alta infiltración que aceleran los procesos de saturación y disparan el movimiento de grandes volúmenes de material.

La deforestación, los caminos y el cambio en el uso del suelo, entre otros factores, han provocado una modificación de la flora y la hidrología; la nueva vegetación productiva para el hombre, no necesariamente protege a las rocas con la misma eficacia que los bosques, por lo que ante eventos como el de 1999 amplifican la intensidad y la velocidad del proceso erosivo, dando origen a caídos, deslizamientos, y flujos de suelo y roca.⁹ (Foto 2)

ZONIFICACIÓN POR RIESGO DE DESLIZAMIENTO DE LADERAS

A partir de estudios topográficos, geológicos, de mecánica de suelos e hidrológicos realizados por la Facultad de Ingeniería de la BUAP, se estableció una zonificación preliminar de riesgo por deslizamiento de laderas, fenómeno que causó el 93% de pérdida de vidas, 227 de 243 reportadas por la Secretaría de Gobernación.¹⁰ La zonificación se estableció con base en las siguientes premisas:

a) Las rocas sedimentarias frágiles como lutitas, limolitas o areniscas, cuyos suelos residuales presentan superficies de falla rotacional que se originan por la reducción de su resistencia al esfuerzo cortante y variación de su consistencia (pasando de un estado sólido a plástico y finalmente a viscoso al aumentar su contenido de agua), tienen pendientes entre 15 y 25 grados, resultando muy atractivos para la construcción de viviendas sobre su talud. Estas laderas fallan súbitamente una vez que el suelo se satura y se comporta como fluido viscoso; las fallas registradas en la colonia Aurora de Teziutlán, La Legua, Mexcalcuautla, Necaxaltepetl, Tetela de Ocampo y Pahuatlán son de este tipo. Todas estas fallas se presentaron en zonas deforestadas.

b) Los materiales volcánicos granulares constituidos por arenas pumíticas, vulnerables a las corrientes de agua superficial, presentaron en general superficies de falla plana típica de suelos friccionantes. En este caso, aunque hubo pérdidas económicas, no hubo decesos, cuando se acumula una considerable cantidad de agua que fluye ladera abajo, generalmente la población busca lugares seguros en las

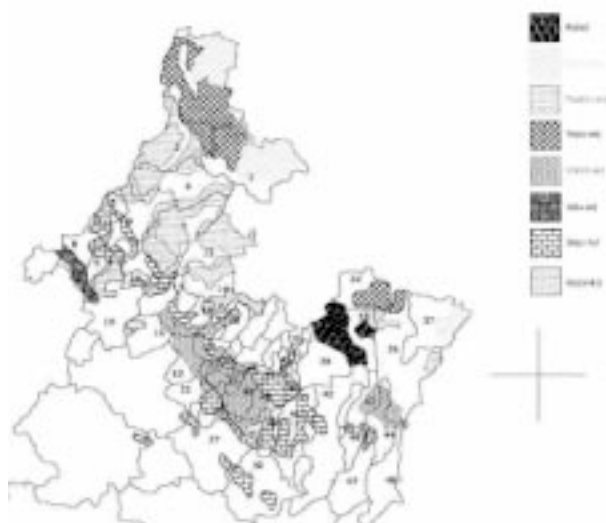


FIGURA 1. Zonificación de riesgo por deslizamiento de laderas en el estado de Puebla. Municipios: 1. Metlatlayuca, 2. Pantepec, 3. Venustiano Carranza, 4. Jalpan, 5. Tlaxco, 6. Tlacuilotepec, 7. Xicoteppec de Juárez, 8. Pahuatlán, 9. Naupan, 10. Huachinango, 11. Nuevo Necaxa, 12. Zihuateutla, 13. Tlaola, 14. Jopala, 15. Chiconcuautla, 16. Tlapacoya, 17. San Felipe Tepatlán, 18. Bienvenido, 19. Ahuacatlán, 20. Amixtlán, 21. Tepango de Rodríguez, 22. Tepetzintla, 23. Camocuautla, 24. Zapotitlán de Méndez, 25. Zongozotla, 26. Cuautempan, 27. Tetela de Ocampo, 28. Huitzilán de Serdán, 29. Xichitlán de Vicente Suárez, 30. Nauzontla, 31. Zoquiapan, 32. Jonotla, 33. Tuzamapan de Galeana, 34. Tenampulco, 35. Ayotoxco de Guerrero, 36. Hueytamalco, 37. Acateno, 38. Cuetzalan de Progreso, 39. Zautla, 40. Xochiapulco, 41. Zacapoaxtla, 42. Tlatlauquitepec, 43. Hueyapan, 44. Teziutlán, 45. Teteles de Ávila Castillo, 46. Atempan, 47. Chignautla, 48. Xiutetelco.

partes altas o en las planicies más seguras (Coahuixco, Tlatlauquitepec, Apulco, Nexticapan).

c) La caída de rocas, que va acompañada con fuertes corrientes de agua, produce considerable ruido, lo que permitió el desalojo de la población de Atotocoyan; en esta comunidad 50% de las casas quedaron destruidas por el impacto de piedras caídas de una ladera de más de 200 m. de altura.

En la figura 1 se presenta la zonificación mencionada anteriormente. En las áreas indicadas en la figura se encuentran laderas que presentan morfología de tipo lomerío, las cuales se pueden clasificar como sitios de alto riesgo para las familias y construcciones emplazadas en la corona, el cuerpo del talud o al pie de la misma. Las características de estas laderas son: pendientes del orden de 20 grados; deforestación; emplazamiento de viviendas en la cresta, en su parte media o en su pie; corte en alguna parte de la ladera para la construcción de un camino u obras.

RIESGO GEOTÉCNICO Y CONSTRUCTIVO

Esta zonificación fue realizada desde el punto de vista geotécnico y constructivo, e implica que los materiales que exis-

ten en esa zona son susceptibles de experimentar fuertes cambios en sus propiedades mecánicas (resistencia y compresibilidad), al variar su contenido de agua o al experimentar decompresión de la rocas por cortes efectuados en las laderas, situación que provoca que pasen de una condición de estabilidad a una de deterioro acelerado. Estos materiales presentarán en general buena resistencia en estado seco y se comportarán como un sólido, pero al aumentar su contenido de agua pasarán a un estado plástico y posteriormente a uno viscoso con un comportamiento similar al de un líquido, lo que los hace muy peligrosos al saturarse durante o después de la época de lluvias.

Las construcciones en las laderas de materiales sedimentarios (lutitas y limolitas), pueden sufrir daños como agrietamientos, desplome, distorsión y hundimientos (Foto 3). Varios de los deslizamientos rotacionales observados en materiales de este tipo, se originaron en la zona donde se había efectuado previamente un corte para un camino o para conformar una terraza para una vivienda. De ahí la importancia de contar con un estudio geotécnico de estabilidad que contemple el diseño de estructuras de contención. También debe recomendarse la reforestación de los sitios clasificados como de riesgo.

N O T A S

- ¹ Consejo de Recursos Minerales, "Monografía Geológica-Minera del Estado de Puebla", Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1999.
- ² INEGI, Censo Nacional de Población y Vivienda, 2000.
- ³ Beltrán, D. y Reyes, C., "Evaluación del impacto económico de las inundaciones ocurridas en octubre de 1999 en el estado de Puebla", SEPROCI-CENAPRED, 2000.
- ⁴ Morales, M., "Resultados de las acciones emprendidas con motivo de las lluvias ocurridas en octubre de 1999, Informe de la Secretaría de Gobernación, 2001.
- ⁵ CNA, "Evaluación de daños por inundaciones", reporte interno Gerencia de la Comisión Nacional del Agua, 2000.
- ⁶ Springall, R., "Hidrología primera parte", Series del Instituto de Ingeniería D-7, UNAM, 1980.
- ⁷ Bowles, J., "Physical and Geotechnical properties of soils", Chapter 2nd, Soil properties, and Chapter 13th, Shear Strength of soils, Mac Graw Hill, 1989.
- ⁸ Winterkorn and Fang, "Foundation Engineering Handbook", Chapter 11th Landslides, Van Nostrand Reinhold, 1985.
- ⁹ Cuanalo, O., "Proyecto de investigación de riesgo en taludes y laderas naturales de la Sierra Norte y Nororiental del estado de Puebla", Informe Técnico de la FI-BUAP a SEPROCI, 2001.
- ¹⁰ Gobierno del Estado de Puebla, "Evaluación preliminar de daños por inundaciones en el estado de Puebla", reporte, 1999.

Oscar Andrés Cuanalo Campos es profesor de la Facultad de Ingeniería de la BUAP. Guillermo Melgarejo Palafox es director general del Sistema Estatal de Protección Civil del Estado de Puebla. oscarcuanalo@hotmail.com.

TELESCOPIO LUIS RIVERA TERRAZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-MATEMÁTICAS-BUAP

OSCAR MARTÍNEZ BRAVO

ALBERTO CORDERO DÁVILA

CARLOS ROBLEDO SÁNCHEZ



Una de los motivos principales de la fundación de la actual Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas (FCFM) fue la necesidad de difundir a las ciencias exactas, y en particular, hacerlo en el entorno poblano. Uno de sus principales promotores fue el ingeniero Luis Rivera Terrazas. Siguiendo en esta línea, hace algunos años, un pequeño grupo de integrantes de la FCFM de la BUAP, se reunió con la intención de diseñar y construir un instrumento lo suficientemente grande como para que se pudiera realizar trabajos de investigación; servir de laboratorio “viviente” a los alumnos de la FCFM para la realización de prácticas relacionadas con su formación, y atender a un buen número de visitantes interesados en la astronomía. Todo lo anterior estaba limitado por los recursos disponibles, además de que conseguir un “tejo” de vidrio para construir el espejo primario no es tarea fácil.

El material del que se construiría el espejo primario se obtuvo gracias al proyecto de alineación de telescopios astronómicos financiado por CONACYT en 1997, ya que permitió la compra al Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), de un bloque de cervit, (cerámica especial con un bajísimo coeficiente de expansión térmica), que provenía del hueco central del bloque con el que se construyó el espejo primario del Telescopio Guillermo Haro de 2.12 m de diámetro, localizado en Cananea, Son.

Siguiendo la tradición de los grandes telescopios profesionales actuales, se decidió que el diseño óptico sería el de Ritchey-Chretien, ya que de esta manera se tendría un sistema compacto, mecánicamente más simple de construir que los ya clásicos telescopios newtonianos, cuya gran longitud requeriría de estructuras más sólidas y además de una cúpula mayor.

Se comenzó con el pulido del vidrio, tarea realizada en el taller de óptica del INAOE bajo la supervisión del doctor Sergio Vázquez. Las pruebas para determinar la calidad de la superficie óptica se hicieron en el taller de óptica de la FCFM, llevándolas a cabo el doctor Alberto Cordero. Se concluyó que las irregularidades eran del orden de 0.1 mm, lo que equivale a una diferencia entre la superficie ideal y la real menor a 1/8 de la longitud de onda de la luz de prueba.

Las características principales de este instrumento son: distancia focal efectiva = 600 cm; radio de curvatura del espejo primario = 150 cm; radio de curvatura del espejo secundario = 33 cm; separación entre los espejos = 60.5 cm; semi-ángulo de campo = 0.2 grados.

Aunque el diseño original para la montura mecánica fue alt-azimutal, debido a problemas con la electrónica del sistema de control se decidió usar

una montura ecuatorial, para lo cual se construyó una rueda polar de 1.5 m de diámetro, que garantizaba la integridad estructural de la horquilla.

Finalmente, se construyó una estructura que albergaría al telescopio, la cual se diseñó como un cilindro coronado por un hemisferio provisto de una ventana con unas puertas corredizas.

La noche del 5 de marzo de 2001 se obtuvieron las primeras imágenes de este instrumento por medio de una cámara CCD colocada en el foco primario. Al principio no se contaba con un espejo secundario que cumpliera los requerimientos del diseño, además de que el espejo primario carecía del recubrimiento de aluminio, proceso que se realizó en las instalaciones del Observatorio Astronómico Nacional en Ensenada, B.C. a mediados de julio.

Como alternativa a la astronomía “nocturna”, nos propusimos realizar el monitoreo de la actividad solar,

midiendo el número de manchas solares y calculando el índice de Zurich, para poder participar en la red mundial de observaciones solares, coordinada por el Centro de Datos del Índice Solar (SIDC, por sus siglas en inglés), en Bruselas.

Actualmente se pretende dotar al telescopio de instrumentación periférica; se ha adquirido ya una cámara CCD y un espectrógrafo óptico, lo que nos permitirá observaciones espectroscópicas que se complementarán con las fotométricas obtenidas empleando una rueda de filtros del sistema Johnson.

omartinez@fcfm.buap.mx

Alrededor del año 2800 a.C., las civilizaciones elamita y sumeria produjeron sellos tallados en cilindros de cuarzo o cristal de roca, que relataban momentos importantes de la vida del rey Gilgamesh. Dieciocho siglos más tarde, hacia el año 1000 a.C., este arte ya se había extendido hasta Egipto donde utilizaron cuarzo incoloro o coloreado como la amatista. además de otros materiales como la comeliana y el jaspe. manteniendo inicialmente la forma cilíndrica, que más tarde cambiaron produciendo sellos de diversas formas, en los que principalmente grababan símbolos. en lugar de escenas.

El corte y pulido de piedras preciosas era un arte bien conocido por los egipcios, expertos además en producir joyas de imitación. Sabemos acerca de esto no sólo por la gran cantidad de joyas auténticas y falsas encontradas en las tumbas. sino también por pinturas murales y bajorrelieves donde representaban a un artesano con un tubo metálico largo o pipa para trabajar (soplar) el vidrio.

El color de los cristales sugirió al hombre desde la más remota antigüedad. la posibilidad de utilizarlos como colorantes para realizar pinturas que probablemente formaban parte de rituales mágicos para asegurar el éxito en las cacerías. Uno de los pigmentos rojos más antiguos se obtuvo a partir de la hematita Fe_2O_3 -que en griego significa sangre: la hematita pulverizada es de color rojo brillante. La limonita es; otro óxido de hierro que contiene agua: $\text{FeO}(\text{OH})$, - HO .- pulverizada tiene un color amarillo ocre o amarillo brillante. La turquesa $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -que muy probablemente significa piedra turca- fue una de las piedras preciosas más apreciadas

por los egipcios, es de color azul pálido o azul verdoso; las turquesas provenientes de Persia, hoy Irán. son consideradas como las más finas. Las pinturas minerales se utilizaban también en la cosmética.

Al parecer, es en las antiguas civilizaciones orientales donde surge el uso de ciertas piedras, transparentes unas y opacas otras como el jade. en calidad de símbolo de riqueza y poder, costumbre que el Imperio Romano trasladó a Europa, donde más tarde todas las monarquías competían formando colecciones de piedras preciosas.

La historia de la obtención de cristales es muy anterior al apogeo de las civilizaciones más antiguas. Sabemos que muchos pueblos realizaban la cristalización de la sal común (NaCl - halita o sal gema). ya que ésta formaba parte de las ofrendas a los dioses y a los muertos. Una especie de galletas de sal fueron utilizadas como monedas en el Tibet, en Etiopía y en algunas partes del África Central, donde la sal fue, durante mucho tiempo, un lujo.

La sal fue particularmente importante en Egipto, ya que además era utilizada en el proceso de momificación, privilegio al que solamente tenían acceso los poderosos. En el ejército romano se daba una ración de sal a los oficiales en los tiempos imperiales. dicha ración era denominada *salarium* y es por supuesto el origen del término salario.

Todavía hoy, en pueblos del Oriente Medio se ofrece a los visitantes el pan y la sal en señal de bienvenida, lo cual obedece a las cualidades conservadoras de la sal. que según estos pueblos contribuyen a conservar la amistad: actualmente sabemos que la sal preserva a la materia orgánica de la descomposición debido a

que elimina a los microorganismos por deshidratación.

Un curtido rudimentario de pieles fue realizado utilizando solamente sal: posteriormente fue posible obtener pieles bastante menos rígidas curtiéndolas con mezclas de NaCl con algunos vitriolos sulfatos sencillos- o con alumbres sulfatos dobles.

La palabra cristal se deriva de $\kappa\rho\nu\sigma\tau\lambda\ \lambda\omicron\varsigma$ (coagulado de hielo): los antiguos griegos designaban con esta palabra a los cristales de SiO_2 (cuarzo o cristal de roca). pues creían que era agua congelada por un frío muy intenso; tan intenso, que su dureza es superior a la del hielo común y aún cuando los cristales se encuentren a temperaturas elevadas. no se transforman nuevamente en agua.

El naturalista de la antigua Roma. Plinio el Romano. También conocido como Plinio el Viejo (23-79 d.C.) menciona en su *Naturalis Historia*, que el cristal se encuentra en los lugares donde la nieve se acumula en gran cantidad y es ciertamente de hielo: al hablar del cristal *sexangulum*, seguramente se refiere al cuarzo prismático de sección transversal hexagonal, ya que ésta es la forma más común en que se encuentra este mineral que muchas veces tiene una gran transparencia, lo que originó la idea de que las características más importantes del cristal (cuarzo), son la transparencia y la forma geométrica. Varios procedimientos de cristalización fueron registrados en forma escrita antes de nuestra era.

En el siglo XVIII empezó a extenderse el uso de la palabra cristal en el sentido actual. y la palabra cristalización reemplazó a las palabras coagulación y condensación.

CRISTÓBAL Tabares-Muñoz

59

PIEDRAS, VIDRIOS Y CRISTALES

CRISTÓBAL TABARES-MUÑOZ

La búsqueda de respuestas a las preguntas sobre el orden que rige el comportamiento de los cuerpos celestes condujo a la elaboración de teorías astronómicas mucho antes de que la humanidad se interesara por lo sumamente pequeño, es decir por el microcosmos.

Seguramente la belleza de los cristales atrajo la atención de la humanidad mucho antes de que se desarrollaran las grandes culturas; sin embargo esta atracción no fue tan grande como la que ejercieron sobre ella los astros y los planetas, y es precisamente esto lo que explica la gran diferencia en el desarrollo histórico entre las ciencias de lo macro y de lo micro.

Los hombres de la Edad de Piedra lograron desarrollar un especial toque o juego de muñeca que les permitió golpear convenientemente vidrios volcánicos con alguna piedra o golpear piedras, unas contra otras, para elaborar instrumentos.

Después del oxígeno, el silicio (Si) es el elemento químico más abundante en la naturaleza y durante miles de años ha sido utilizado por la humanidad formando la base de los silicatos que se utilizan en la fabricación de ladrillos, porcelana, vidrio, hormigón, cemento, etcétera. El hombre utilizó el sílex o pedernal para elaborar algunas de sus primeras herramientas, y seguramente que algunos de los primeros artículos ornamentales fueron cristales de cuarzo (SiO_2). El pedernal sirvió en la Antigüedad para obtener fuego; en latín, el pedernal se denomina sílex, de donde procede el nombre químico silicio.

La obsidiana fue una de las materias primas de consumo esencial; es un vidrio natural que se forma cuando la lava rica en SiO_2 se enfría rápidamente, tiene fractura de tipo conchoidal, característica de los

sólidos no cristalinos; en los flujos solidificados de lava en ocasiones hay bloques de más de 50 kg.

En nuestro país, la obsidiana fue el atributo o símbolo del dios Tezcatlipoca (espejo humeante), señor del cielo nocturno. Los principales yacimientos de obsidiana gris, blanca y roja se encuentran en Otumba –estado de México– y en los alrededores de Teotihuacán; yacimientos importantes de obsidiana negra se encuentran en Zacualtipán (Hidalgo) y en las cercanías del volcán Citlaltépetl (Puebla-Veracruz); obsidiana verde y dorada se encuentra en Zinapécuaro (Michoacán) y en la Sierra de las Navajas (Hidalgo), este último yacimiento abasteció a las culturas teotihuacana, tolteca y azteca. Teotihuacán mantenía el control de una mina cercana a la actual ciudad de Pachuca, de donde se extraía obsidiana verde de alta calidad que se exportaba a toda Mesoamérica. En el área maya, explotaban las minas de El Chayal. Los pueblos prehispánicos de la meseta central de México, además de la obsidiana, emplearon cristal de roca (cuarzo), hematita, mica, amatista, calcedonia, malaquita, cuarzo rosa, jade, basalto, serpentina, diorita, alabastro, cal, etcétera.

Hace unos 50 siglos, en la Mesopotamia, los sumerios fundaron Uruk (probablemente la primera ciudad del mundo) al sur del actual Irán. En las ruinas de Ur, que hoy conocemos como Nínive o Babilonia (La Puerta de Dios), fue encontrado vidrio incoloro que pudo haber sido utilizado en la fabricación de lentes; esta suposición se basa en el hecho de que en las ruinas de otra ciudad no muy lejana, de nombre Nimrod, fue encontrada una pieza de cuarzo

de 8 cm de diámetro, de aproximadamente 1 cm de espesor y con una curvatura que le da una distancia focal de 25 cm. Esta pieza se encuentra hoy en el Museo Británico.

Para la obtención del vidrio, primero hay que fundir arena rica en sílica (SiO_2), y a continuación, la masa fundida que puede ser coloreada mediante la adición de óxidos metálicos, debe ser enfriada rápidamente para evitar la formación de cristales. El punto de fusión del SiO_2 puro es de $1,710^\circ\text{C}$, temperatura que puede ser disminuida hasta $\sim 850^\circ\text{C}$, añadiendo Na_2CO_3 que es la fuente del óxido de sodio (Na_2O), responsable de la mencionada reducción de temperatura. El vidrio así obtenido es soluble en agua, inconveniente que se resuelve añadiendo CaCO_3 que proporciona el CaO responsable de la insolubilidad del vidrio en agua. Para este propósito también suele añadirse MgO. La composición porcentual del vidrio común es aproximadamente: $75\% \text{SiO}_2 + 15\% \text{Na}_2\text{CO}_3 + 10\% \text{CaCO}_3$. Para evitar que los cambios de temperatura fracturen al vidrio debido a las diferencias del coeficiente de expansión, normalmente se sustituye una parte del Na_2O por B_2O_3 y una parte del CaO se sustituye por Al_2O_3 .

De esto deducimos que desde hace ya 50 siglos los habitantes de la Mesopotamia desarrollaron hornos en los que era posible alcanzar temperaturas de por lo menos 850°C , y que añadiendo carbonato de sodio podían lograr que se fundiera la arena rica en SiO_2 o el cristal de roca que es una fuente muy pura de SiO_2 . Lo anterior contradice la suposición de que el vidrio es originario de Alejandría y que este desarrollo fue logrado durante el reinado de Ptolomeo (330 a 305 a.C.).

Podríamos decir que las técnicas modernas de crecimiento de cristales, la cristalografía, y en general las ciencias del estado sólido, tienen sus orígenes en la obra de Birringuccio, *De Pirotechnia* (1540), y en otra obra del médico alemán Georg Bauer titulada *De Re Metalica* (1556).

Los alquimistas medievales, tanto árabes como europeos, lograron un conocimiento detallado de muchos procesos de cristalización. A lo largo del Medioevo se escribieron diversos tratados en los que se mencionaban las propiedades mágicas y curativas de numerosos minerales, incluidas las gemas. A finales de la Edad Media, el progreso técnico general condujo al correspondiente progreso en las técnicas de producción y transformación de materiales. Birringuccio registró con detalle la purificación del K_2NO_3 (salitre o nitrato de Chile o *saltpetre*). Georg Bauer describió en su obra, procedimientos para la cristalización de varias sales como alumbres y vitriolos.

En una obra española del siglo xvii, *Arte de los metales*, el autor Álvaro Alonso Barba trata ampliamente sobre las piedras preciosas y dice entre otras cosas, que cada especie tiene sus formas sustanciales y que a cada forma la acompañan virtudes particulares mucho mayores que las que se encuentran en animales y plantas, debido al mayor tiempo que la naturaleza tarda en generarlas, lo que les confiere un temperamento bien mezclado y uniforme. Más adelante menciona que el agua es la causa principal de la transparencia de las piedras preciosas como el diamante; así como la tierra lo es de la opacidad de piedras como el ónix; y el hecho de que, entre las transparentes, unas lo sean más que otras, tiene su explicación en la

variedad de humores a partir de los cuales se cuajaron, ya que hay unos que son más puros y más claros que otros. Finalmente da una relación de las virtudes de las cosas minerales que obran por propiedad oculta de su esencia, o por su forma específica; otras surten efecto mediante las cualidades elementales que tienen, contrarias a los temperamentos de las enfermedades. Así, la esmeralda cura la peste, el jade verdadero corrobora y fortalece el estómago cuando se trae pendiendo del cuello; la piedra águila ligada al brazo izquierdo impide los abortos, pero si se ata al muslo izquierdo causa el efecto contrario.

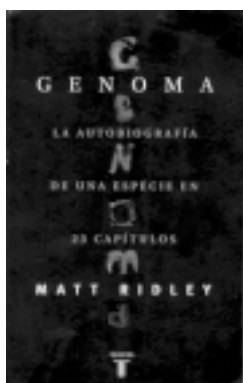
Fray Bernardino de Sahagún también habla de las piedras preciosas, de las cuales dice que tienen virtud contra las enfermedades, lo que le consta por su propia experiencia de muchos días y recomienda unas esmeraldas negras que en cantidad de dos o tres tomadas como píldoras, son muy provechosas para el reuma, dan gran sonoridad a la voz y mitigan cualquier calor interior.

Actualmente, las industrias procesadoras de alimentos utilizan la sal como conservador y como condimento. En la industria química se utiliza en la obtención de Na , Cl_2 , Na_2CO_3 , $NaOH$, HCl , esmaltes para porcelanas, como fundente en los procesos metalúrgicos, como material de limpieza en los equipos para ablandar el agua, etcétera.

La importancia económica de la sal se evidencia en el hecho de que algunos gobiernos, en especial los orientales, tasan fuertemente la producción de sal, y otros como el de la India y el de China, mantienen el monopolio gubernamental de su producción. En 1970 la producción mundial de sal fue superior a los 156

millones de toneladas, de las cuales Estados Unidos produjo cerca de 29%. La segunda y tercera posiciones en la producción mundial de $NaCl$ las ocupan China y Ucrania. Como Japón casi no tiene $NaCl$ cuenta, desde unos años, con la concesión para la explotación de una de las mayores minas de este material en el mundo, ubicada en el norte de México.

Desde el principio de la época colonial en América, la atención de los españoles se concentró en la minería de metales preciosos. En México, valiéndose de la información consignada en los libros de tributos de Moctezuma Xocoyotzin, Cortés se apresuró a iniciar su explotación. En 1532 fue localizada la primera gran mina y después los descubrimientos se sucedieron con gran rapidez: en 1543, las minas de Compostela en la Nueva Galicia; en 1546, la del Cerro de La Bufa en Zacatecas; en 1548, las de Sultepec y Temascaltepec; ese mismo año fueron descubiertos en Guanajuato los yacimientos de La Luz, Mellado y de la Veta Madre a la que se debió la fabulosa riqueza de la célebre mina La Valenciana; en 1551 fueron descubiertas las minas de Sombrerete en Durango y en 1553 las de Fresnillo en Zacatecas. Durante el desarrollo de esta gran explosión minera, los españoles, que poco sabían de minería profunda, encontraron una muy valiosa fuente de información en las obras de Birringuccio y de Bauer.



GENOMA
MATT RIDLEY
TAURUS, MADRID, 2000

El genoma humano, todo el conjunto de genes alojados en veintitrés pares de cromosomas distintos. De éstos, veintidós pares están numerados aproximadamente por orden de tamaño, desde el más grande –número uno– al más pequeño –número veintidós–, en tanto que el par restante consta de los cromosomas sexuales: dos grandes cromosomas X en las mujeres, un X y un pequeño Y en los hombres. el número veintitrés no es significativo. Muchas especies, incluidos nuestros parientes más cercanos entre los simios, tienen más cromosomas. Tampoco los genes de un tipo y función similares se agrupan necesariamente en un mismo cromosoma.

Escrito con mil millones de palabras de tres letras que utilizan el alfabeto de cuatro letras del ADN, el genoma ha sido corregido, abreviado, modificado y aumentado a medida que se ha transmitido de generación en generación a lo largo de más de tres mil millones de años.

Al elegir uno de los genes recién descubiertos de cada uno de los veintitrés cromosomas humanos, y relatar su historia, Matt Ridley narra la historia de nuestra especie y sus antepasados desde los albores de la vida hasta la antesala de la futura medicina.



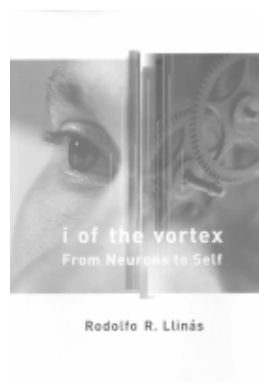
SER, SABER, HACER
MARIO BUNGE
PAIDÓS-UNAM, MÉXICO, 2002

Se dice, y con razón, que la filosofía está en crisis. No queda escuela filosófica en pie, escasean las nuevas ideas filosóficas profundas y más aún los sistemas de ideas filosóficas. Las filosofías que se enseñan en las universidades están escolastizadas y han dejado de inspirar a las ciencias. Mientras tanto, las ciencias y las técnicas avanzan vertiginosamente.

Todo está cambiando, menos la filosofía. Los tomistas siguen comentando a Tomás y al Estagirita. Los marxistas siguen discutiendo los textos de sus clásicos. De los positivistas lógicos no queda sino el recuerdo. Doctrinas que fueron innovadoras son hoy conservadoras.

La crisis de la filosofía es tan grave que ha llegado a hablarse de su muerte. Hay, incluso, toda una industria de la muerte de la filosofía. Esta empresa me parece tonta y deshonesta, pues no se puede prescindir de ella: sólo se puede prescindir de la mala filosofía. Y nadie tiene derecho a cobrar un salario por proclamar la muerte de su propia disciplina. De modo que si la filosofía está en ruinas hay que poner cerebros a la obra y reconstruirla.

(De la introducción)



I OF THE VORTEX
RODOLFO R. LLINÁS
MIT PRESS, CAMBRIDGE, MA, 2001

En *I of the vortex*, Rodolfo Llinás, uno de los padres fundadores de la neurociencia moderna, presenta un original punto de vista acerca de la evolución y la naturaleza de la mente. De acuerdo con el autor, los seres vivos han evolucionado desde un estado "amental" hasta otro que les permite interacciones predictivas entre las criaturas móviles y su entorno. Llinás ilustra la evolución temprana de la mente usando como ejemplo un animal primitivo del género de las Ascidias. La forma larval móvil tiene un ganglio cerebroides que recibe información sensorial acerca del ambiente que rodea al animal. En su forma adulta, estos tunicados se adhieren a un objeto estático y entonces digieren su propio cerebro. Esto sugiere que el sistema nervioso evolucionó para permitir el movimiento activo en los animales. Para moverse en su ambiente con seguridad, una criatura debe anticipar sus movimientos sobre la base de la información sensorial. Por tanto, la capacidad de predecir sería, con mucha probabilidad, la función última del cerebro. Podría decirse, incluso, que la conciencia sería la centralización de la predicción.

Este libro de Llinás aporta, sin duda, una visión inquisitiva y profunda acerca de los grandes problemas de la neurociencia contemporánea.