

# **LA TIERRA Y EL HOMBRE: ¿DOS BIOSISTEMAS INCOMPATIBLES?**

---

CARLOS VICENTE CÓRDOBA  
Universidad Complutense de Madrid

---

En primer lugar, quiero agradecer la amabilidad de quienes, mediante su invitación a participar en este acto, han hecho posible mi regreso por unos días a la tierra que me vio nacer. Al Excmo. Sr. D. Joaquín Criado Costa, Director de esta Institución, por recibirme en ella, a mi entrañable amigo y compañero, el Prof. D. Manuel Pineda Priego, por pensar en mis modestos saberes, y al académico D. Aniceto López Fernández, experto ecólogo, cuyo padre fue una de las personas que marcó para bien mi adolescencia. Cientos de tardes pasé con él, tras mi jornada escolar en el Colegio Cervantes, disfrutando de su ágil palabra mientras sus nerviosas manos me mostraban las maravillas de circuitos, conexiones, lámparas y transistores. El estar hoy aquí me permite convertir mi modesta intervención en un emocionado e íntimo homenaje a un hombre bueno que permanece por siempre en mi recuerdo.

La Tierra, nuestro mundo, nuestra casa, está poblada por millones de seres vivos. La Enciclopedia de la Vida reconoce 1.900.000 especies descritas. El Prof. Camilo Mora, de la Universidad de Hawai, eleva su número probable a 8,7 millones, con un margen de error de 1,3 millones. Queda pues mucho por descubrir. Pero lo que hoy me interesa resaltar es que cada una de esas especies, desde el más pequeño microorganismo hasta la ballena azul, el ser vivo más grande del planeta, interaccionan de forma constante con su medio. De él obtienen el alimento, a él arrojan sus desechos, en él construyen su hogar, en él vuelven a ser tierra. A veces el impacto es muy pequeño, como el de las hormigas que construyen su hormiguero en el suelo, o las termitas que montan su nido en los árboles y el ambiente lo amortigua (Fig. 1). El consumo de hojas por las hormigas podadoras (varias especies de los géneros *Atta* y *Acromyrmex*) es más duro: no solo disminuye la superficie del follaje arbóreo, sino que las podadoras van trazando senderos exentos de vegetación en su continuo transporte hacia el hormiguero de los trozos de hoja que han podido desgajar. Hay casos más dramáticos, como el de las lianas leñosas que abrazan el árbol sobre el que crecen y lo asfixian, provocando su muerte y su posterior desaparición. Pero todos estos cambios pueden ser amortiguados por el medio, forman parte de su equilibrada naturaleza.

Con ser algunos de estos impactos ambientales nada desdeñables, la tierra, un supersistema, logra mantener el equilibrio entre los diferentes subsistemas que lo componen. Pero hay una especie, solo una, cuyo impacto sobre el ambiente es tan continuo, tan extenso, tan brutal e irreversible, que el daño se transforma en pérdida irreparable: el *Homo sapiens*. Como ejemplo más palmario de esta capacidad

destructora podemos citar la deforestación de la selva amazónica, sin necesidad de entrar en las descripciones de Leonardo Boff (2006) sobre la utilización de bombas de napalm para “desalojar” a las poblaciones indígenas autóctonas (eufemismo que disfraza el término más exacto: exterminar).

¿Siempre ha sido así? Quizá no, en un principio, pero tendríamos que remontarnos al Paraíso terrenal o a la Arcadia feliz, cuya recreación literaria iluminó el Renacimiento, para reencontrar al hombre en equilibrio con su medio:

El celestial humor recién cuajado  
 Que la almendra guardó, entre verde y seca,  
 En blanca mimbre se lo puso al lado  
 Y un copo, en verdes juncos, de manteca;  
 En breve corcho, pero bien labrado,  
 Un rubio hijo de una encina hueca,  
 Dulcísimo panal, a cuya cera  
 Su néctar vinculó la primavera.

Luis de Góngora (Fábula de Polifemo y Galatea)

Los versos de Góngora nos hablan de seres vivos, mitológicos pero humanos, en perfecta armonía con la naturaleza, usando utensilios de juncos o mimbres y alimentándose de almendras, manteca y miel, sin causar grave daño en los sistemas naturales de producción.

Posiblemente, los seres humanos en equilibrio sostenible con su medio fueron los primeros cazadores-recolectores, que pertenecieron a la especie *Homo habilis*, durante el paleolítico (2,5 millones de años a.C.), una forma de subsistencia que se prolongó aproximadamente hasta unos 8.000 años a.C. Quizá no sea éste el paisaje que identificamos intuitivamente con el Paraíso terrenal, por lo menos bajo el punto de vista estético, pero la probabilidad histórica que los haría coincidir es muy alta. Estos hombres (o sus antecesores) no poseían un enclave físico fijo y concreto, sino que vivían en régimen trashumante, “edificando” solamente santuarios a los que regresar en un momento determinado para proseguir de nuevo con sus desplazamientos continuos en el caso de la especie más evolucionada. El santuario de Göbekli Tepe, de unos 13.500 años de antigüedad, o el monumento megalítico de Stonehenge, erigido entre el 2.800 y 2.100 a.C., son una buena prueba de ello, sin restos de poblados coetáneos en sus cercanías.

Tan dilatado periodo de tiempo permite que puedan sucederse o convivir diferentes especies de homínidos, *H. habilis*, *H. erectus*, *H. neanderthalensis* y finalmente *H. sapiens*, con cerebros cada vez más evolucionados, desde los 670 g del *H. habilis* hasta los 1.380 g del *H. sapiens*. Es particularmente curioso el caso de la rama divergente y abortada que constituyeron los neandertales, cuyo cerebro tenía mayor masa que el del hombre actual, unos 1.750 g, a pesar de lo cual su capacidad lingüística y cognitiva debía ser deficiente. Como mucho, tendrían un habla nasalizada y susceptible de errores de percepción y, probablemente se comunicaban a un ritmo vocal terriblemente lento en ausencia de lenguaje articulado. Serían, además, incapaces de construir frases complejas. Sin embargo, esto no debía impedir que los neandertales fueran capaces de expresar, y por tanto comunicarse, aunque malamente, emociones,

estados de ánimo o incluso compromisos personales mediante una especie de música monótona y repetitiva, semejante al *rapp* actual, según afirma Mithen (2005). La apreciación de Liberman (1972) es contundente: la ausencia de un lenguaje más elaborado, la dificultad para comprenderse de una manera inequívoca, fue la causa de su desaparición (Puente, 2006), posiblemente junto con un excesivo volumen craneal, lo cual impondría un parto enormemente difícil para un bípedo. “Multiplicaré los sufrimientos de tus embarazos y darás a luz a tus hijos con dolor” (Génesis 3, 16) refleja posiblemente tanto la propia experiencia de quienes escribieron el libro sagrado como el recuerdo que el hombre aún tendría de aquellos coetáneos suyos.

En este entorno se situarían los primitivos cazadores-recolectores, que tendrían una dieta mucho más variada que los agricultores que vinieron después, ya que utilizaban en su alimentación no solo la caza, sino también una amplia variedad de productos vegetales que encontraban a su paso. La aparición de la agricultura empobrece la dieta, ya que un sistema agrícola eficiente restringe el número de especies vegetales integrantes de esa dieta a solamente aquellas que son cultivadas por la población humana. Por tanto, la verdadera cuestión sería saber por qué los cazadores-recolectores cambian de hábitos y pasan a convertirse en agricultores, máxime cuando las prácticas agrícolas constituyen obviamente tareas muchísimo más duras que la vida trashumante, al aire libre, sin ataduras a un lugar determinado. Tal vez el recuerdo milenario de una vida en libertad frente a la dureza de la esclavitud de verse sujeto a la tierra sea el núcleo evolutivo que se traduce unos miles de años más tarde en maldición divina: “Maldito sea el suelo por tu culpa. Con fatiga sacarás de él tu alimento todos los días de tu vida. Él te producirá cardos y espinas y comerás la hierba del campo. Ganarás el pan con el sudor de tu frente, hasta que vuelvas a la tierra, de donde fuiste sacado. ¡Porque eres polvo y al polvo volverás!” (Génesis, 3, 17-19). Hay veces que me parece ver en el Génesis un tratado críptico de sociobiología evolutiva. ¿Por qué entonces el cambio? No es fácil encontrar una respuesta a esta pregunta. Tudge (1998) sugiere que la agrupación de hombres y mujeres dedicados a la agricultura en un área determinada anula la trashumancia, permite una mejor defensa de los recursos frente a otras tribus invasoras y frente a los animales y acentúa el concepto de territorialidad (y por lo tanto de propiedad). Posiblemente este hecho esté relacionado de alguna forma con la desaparición de los neandertales y su sustitución por una especie más evolucionada, con mayor capacidad social de pervivencia. Humanos con un mayor sentido de la previsión, pero también de la suspicacia. Entramos ya en las consecuencias sociales de las emociones, porque el hombre primitivo sentía emociones.

Los efectos del establecimiento de un pequeño grupo en el área elegida para las prácticas agrícolas generan una espiral sin fin de la cual es prácticamente imposible escapar. La continua disponibilidad de alimentos, que se opone a la falta estacional de la caza, y el incremento de las medidas de seguridad frente al entorno hostil, algo en principio deseable, implican un reparto de funciones y un aumento del tamaño de la población, lo cual trae necesariamente de la mano el precisar de mayor número de recursos alimenticios. A una mayor población, una mayor extensión de terreno cultivado y, por tanto, un aumento en la necesidad de mano de obra agrícola. A una mayor población que demanda comida segura, un mayor tamaño de los rebaños y, por tanto, necesidad de un mayor número de pastores. Pero a un mayor número de pastores y de agricultores, mayor demanda de alimentos. Y vuelta a empezar, con lo que, entonces, resulta que el hombre ha quedado atrapado por el sistema.

¿Cómo sucede este cambio de percepción de la vida en su medio? *H. sapiens*, por contraposición a Póngidos y a otras especies del género *Homo*, ha desarrollado mejor su cerebro. Ha aumentado el tamaño del lóbulo frontal, responsable de la planificación, coordinación, control y ejecución de las conductas, pero más de los lóbulos parietal (procesamiento de la información sensorial) y temporal (memoria) y, sobre todo, de aquellos órganos en los que la percepción y el procesamiento de la información se transforman en emociones: hipófisis, hipotálamo y amígdala (Fig. 2). Y aquí surge el problema. Si el amor es una emoción, también lo es el odio, si emoción es la empatía, también lo es la antipatía y a la confianza se opone la sospecha como al desprendimiento la avaricia (Vicente, 2012). De esta forma, la industria, que en principio facilita el cultivo de la tierra y el procesamiento de los alimentos, también se transforma en una fuente de poder, tanto defensivo como ofensivo, y de riqueza. Se cultiva la tierra, se cosecha el grano, se cocinan los alimentos al fuego, pero también se incendian aldeas enemigas. Se forjan arados pero también espadas, se producen flechas y lanzas, se construyen casas y ciudades que se amurallan y las paleo-religiones se convierten en un argumento social y una fuente de poder. Números y Levítico serían una buena prueba de ello. El hombre aprende a comer las semillas más pequeñas y guardar las mayores y mejor formadas como simiente para obtener una cosecha próxima más vigorosa (un comienzo embrionario de la mejora genética vegetal) y aumenta ininterrumpidamente el área de sus cultivos, sustituye la caza por la ganadería, mejora las especies y domestica otras (un comienzo embrionario de la mejora genética animal). Pero el hombre sojuzga al hombre y lo utiliza en su propio beneficio.

La población actual del mundo, atrapada en esta espiral de producción-consumo, es de 7.324.782.000 habitantes, cada día mejor alimentados (en teoría), cada vez más sanos (en teoría), cada vez más longevos, aunque esta longevidad hace que afloren y se multipliquen enfermedades de tipo degenerativo que antes prácticamente no se conocían al ser muy inferior, antaño, la esperanza máxima de vida (Fig. 3). Esto implica que cada día se precisen más cultivos extensivos, mayor producción de carne, mayor número de fármacos, mayor producción industrial, mejores sistemas de información y comunicación.

Las ciudades aumentan su tamaño y su población. Se precisa por tanto, no solo más comida, sino también más hierro, más ladrillo, más cemento. Las distancias se hacen cada vez mayores, lo que aumenta la demanda de vehículos y de sistemas de comunicación. La masa de residuos desechables es cada vez mayor. La contaminación aumenta (Fig. 4).

La combustión industrial y urbana de carburantes produce grandes cantidades de monóxido y dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre, pequeños hidrocarburos que forman aerosoles en la atmósfera. Se producen entonces flujos de energía entre el espacio, la atmósfera y la superficie de la Tierra, flujos que se combinan para mantener caliente la superficie del planeta creando el efecto invernadero. Se denomina efecto invernadero al fenómeno por el cual determinados gases de la atmósfera planetaria retienen parte de la energía que el suelo emite tras haber sido calentado por la radiación solar. Varios gases colaboran al desarrollo de este efecto. El vapor de agua es uno de ellos, aunque su cantidad en la atmósfera no está influida directamente por la acción del hombre sino por la temperatura de la superficie del océano, El CO<sub>2</sub> supone el 70% de los gases de efecto invernadero. Su concentración en la atmósfera es debida al uso de combustibles fósiles para procesos industriales y medios de transporte. El metano (CH<sub>4</sub>)

contribuye en un 24% al efecto invernadero. Se genera a partir del tratamiento de aguas residuales, al aumento masivo de crianza de rumiantes, al uso fertilizantes agrícolas, incineradoras de residuos, etc. Por último, el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) utilizado en aerosoles contribuye en un 6% y también los hidrocarburos (hidrofluorocarbono y perfluorocarbono). La actual concentración atmosférica de  $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$  excede de forma exponencial la variación natural de estos gases a lo largo de los últimos 650.000 años. Su aumento se debe a la acción industrial del hombre y a la destrucción de áreas verdes.

El efecto invernadero puede cuantificarse. El Sol es el responsable de toda la energía que alcanza la superficie de la Tierra. La Tierra intercepta una energía del Sol que en la parte superior de la atmósfera supone  $1.366 \text{ W m}^{-2}$ . Sin embargo, sólo intercepta energía la sección de la Tierra que mira al Sol mientras en parte re-emite energía toda la superficie terrestre. El valor anterior se reduce entonces a  $342 \text{ W m}^{-2}$ . De esa energía,  $85 \text{ W m}^{-2}$  son reflejados por las nubes,  $24 \text{ W m}^{-2}$  difunden por el aire hacia el espacio y  $7 \text{ W m}^{-2}$  son reflejados hacia el espacio exterior por la superficie terrestre. Así que  $116 \text{ W m}^{-2}$  se pierden en el espacio, por lo que quedan retenidos  $342 - 116 = 226 \text{ W m}^{-2}$ . Si éste fuera el calor total recibido en la superficie, entonces, la temperatura de equilibrio en la superficie de la Tierra sería de  $-22 \text{ }^\circ\text{C}$  (Lashof 1989). En cambio, la atmósfera recicla el calor que viene de su superficie y libera  $324 \text{ W m}^{-2}$  adicionales que elevan la temperatura media de la superficie a aproximadamente  $+14 \text{ }^\circ\text{C}$ . Del calor de la superficie capturado por la atmósfera, más de 75% puede atribuirse a la acción de los gases invernadero (principalmente dióxido de carbono) que absorbe la radiación térmica emitida por la superficie de la Tierra. La atmósfera transfiere la energía recibida tanto hacia el espacio (38%) como hacia la superficie de la Tierra (62%), donde la cantidad transferida en cada dirección depende de la estructura y densidad de la atmósfera. Este proceso por el que se recicla la energía en la atmósfera para calentar la superficie de la Tierra, este efecto invernadero, es una parte esencial del clima del planeta. Bajo condiciones de equilibrio, la cantidad total de energía que entra en el sistema por la radiación solar se equilibrará exactamente con la cantidad de energía radiada al espacio, permitiendo a la Tierra mantener una temperatura media constante con el tiempo. Sin embargo, medidas recientes indican que la Tierra está absorbiendo  $0,85 \pm 0,15 \text{ W m}^{-2}$  más que lo que emite al espacio (Hansen et al. 2005), es decir, está acumulando calor. Este aumento, asociado con el calentamiento global, se cree que ha sido causado por el reciente aumento en las concentraciones de los gases invernadero.

La combustión total de gasolinas de alto octanaje, por ejemplo, proporcionaría 16 moles de  $\text{CO}_2$  por cada dos moles de octano consumidos. La energía liberada en este proceso de combustión asociaría 0,403 kg de  $\text{CO}_2$  por cada kW h producido. A este proceso de contaminación de efecto invernadero, derivado de la combustión de carburantes, deberíamos sumar la contaminación térmica que tal proceso conlleva. Por ejemplo, la combustión total del propano contenido en una bombona de uso doméstico, unos 11 Kg de gas líquido, produciría un total de 478 Mcal liberadas al ambiente, de acuerdo con los siguientes cálculos:

Una bombona de propano ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) contiene 11 kg de gas líquido, equivalentes a 500 L de dicho gas.

Si  $pV = nRT$ ;  $n = 900,31$  moles de propano.

Si la entalpía de combustión ( $\Delta H_0c$ ) de dicho gas es de  $-2.200 \text{ kJ}$  por mol de  $\text{C}_3\text{H}_8$ , la energía liberada por la combustión total de los 11 kg de gas será:

$$900,31 \text{ moles} \times (-2.200) \text{ kJ mol}^{-1} = -1.998.690,45 \text{ kJ} = 478.280 \text{ kcal}$$

No se trata de profecías catastrofistas. Los nuevos y sofisticados métodos de análisis climatológico así como la paleo-climatología, nos ofrecen resultados de interpretación incontrovertible. La concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, mantenida por debajo del valor del 0,03% durante millones de años, roza hoy el 0,04%. Una gran parte de este dióxido de carbono se solubiliza en el agua de los océanos, provocando su acidificación y por tanto, la muerte de especies sensibles al ácido, peces y corales principalmente. La temperatura de la tierra ha aumentado 0,8 °C en los últimos 100 años y sigue creciendo. El casquete polar ártico se deshiela a pasos agigantados, el nivel del mar, en consonancia con lo dicho, ha subido 20 cm en los últimos 100 años, el agujero de ozono sobre la Antártida ha aumentado de forma ostensible desde 1979, etc.

¿Responde la Tierra a estos desequilibrios? Nadie puede afirmarlo con certeza, pero... Solamente a título de recordatorio, podríamos enumerar los siguientes hechos:

#### **2004**

- El tsunami del sureste asiático afectó a Indonesia, Tailandia, India y Sri Lanka, produjo 225.000 víctimas

#### **2005**

- El huracán Katrina afectó a los estados de Alabama, Florida, Georgia, Louisiana y Missisipi, produjo 1.833 muertos, 135 desaparecidos y pérdidas materiales por valor de 108.000.000.000 \$

#### **2010**

- El terremoto de Haití, de 7.0 grados en la escala de Richter, dejó 240.000 muertos y un millón de personas se quedaron sin hogar.
- Un terremoto en Chile alcanzó una magnitud de 8.8 grados en la escala de Richter, produjo 521 fallecidos y cerca de 500.000 viviendas destruidas.
- El volcán Eyjafjallajökull, en Islandia, entró en erupción el 14 de abril de 2010. Sus efectos afectaron a toda Europa y obligó a cerrar el espacio aéreo del norte del continente.
- Lluvias torrenciales en Pakistán produjeron grandes inundaciones en las que perdieron la vida al menos 1.600 personas.

#### **2011**

- Un terremoto de 9 grados en la escala de Richter y un "tsunami" sacuden la costa noreste de Japón, dejaron 19.752 víctimas y provocaron una emergencia nuclear.
- La nube de cenizas de 20.000 metros de altura, lanzada por el volcán islandés Grimsvötn, obligó a cancelar en Europa 900 vuelos tras afectar a Islandia, Reino Unido, Alemania, Irlanda del Norte, la península de Escandinavia y Dinamarca.
- Mueren 89 personas, 23 desaparecen, 53.000 personas son evacuadas y dos millones de personas resultan damnificadas en 25 provincias de Filipinas a causa de las fuertes lluvias.
- Fallecen 902 personas y 405 desaparecen tras las lluvias torrenciales que cayeron en el Estado de Río de Janeiro

- Las lluvias provocadas por La Niña dejan en Colombia 444 muertos, 524 heridos, 71 desaparecidos y 3.220.000 damnificados por las avalanchas, aludes e inundaciones.
- Las lluvias monzónicas dejan en Pakistán un balance de 350 muertos, 638 heridos, 7,5 millones de afectados, 924.777 viviendas dañadas y más de 280.000 desplazados.
- Las intensas lluvias causadas por los monzones y por tres tormentas tropicales dejan en Tailandia 628 muertos, 2,5 millones de damnificados y 700.000 enfermos por infecciones por consumo de agua contaminada.
- Un tornado destrozó la ciudad de Joplin en el estado de Missouri, dejó 151 muertos, 900 heridos y 44 desaparecidos, y pérdidas por 3.000 millones de dólares.

## 2012

- El tifón Bopha en Filipinas dejó más de 600 muertos. El huracán Sandy produjo al menos 50 mil millones de dólares en daños en Estados Unidos y dejó decenas de víctimas a su paso.

## 2015

- El terremoto en Nepal se ha cobrado la vida de más de 7.500 personas y creó ondas de energía que penetraron en la atmósfera superior de la Tierra, perturbando la distribución de los electrones en la ionosfera.
- La erupción del volcán Cabulco, cuyos daños aún están por evaluar.

Si los desastres naturales que se producen con una cierta frecuencia en los últimos años están directamente relacionados con los cambios climáticos reseñados no es una pregunta fácil de contestar con una respuesta clara y unívoca. Pero se puede aplicar a esta cuestión un paradigma general: si un sistema está compuesto de varios subsistemas en equilibrio homeostático, cualquier cambio en un solo subsistema provocaría una respuesta amplificada del sistema completo. Y este paradigma cumple con los principios de la Termodinámica.

¿Existen soluciones? Como es de dominio público, se ha intentado a nivel mundial poner freno al cambio global y tratar de paliar sus consecuencias en sucesivas conferencias mundiales, como, por ejemplo, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, celebrada en Nueva York el 9 de mayo de 1992, la Cumbre de la Tierra (Conferencia de Río), organizada por la ONU, del 3 al 14 de junio de 1992, el Protocolo de Kyoto, firmado 11 de diciembre de 1997, la Conferencia de Johannesburgo en 2002, la Conferencia 2007 sobre el Cambio Climático, Naciones Unidas, en Bali o la Conferencia de Naciones Unidas sobre Desarrollo Sustentable- se celebró del 20 al 22 de junio de 2012 en Río de Janeiro, Brasil.

¿Por qué no se han conseguido soluciones a medio y largo plazo? Ni siquiera a corto plazo se han conseguido. Son varias las causas:

1. Los gobiernos de los países desarrollados se han puesto metas muy bajas y plazos muy largos para disminuir sus emisiones de gases de efecto invernadero, metas que la mayoría tampoco cumple. En otros casos han sido más taxativos: simplemente no suscriben los acuerdos internacionales, como

- hizo George Bush Jr en la Conferencia de Bali. La negativa de Bush a firmar el protocolo de Kyoto se puso de manifiesto cuando la delegación norteamericana bloqueó el esfuerzo para incluir en el plan de prevención una meta específica para negociar en los próximos dos años: una disminución de las emisiones de gases contaminantes de entre el 25% y el 40% por debajo de los niveles de 1990.
2. En vista de las limitaciones para contaminar que las industrias de los países desarrollados tienen en sus países de origen, los empresarios han trasladado sus fábricas o sus actividades a países en desarrollo, como China e India, donde pueden seguir contaminando.
  3. Los movimientos ecologistas ortodoxos, como Greenpeace, no aceptan la energía nuclear como parte de la solución, aunque esta es la única fuente capaz de producir electricidad sin emitir de gases de efecto invernadero, y es lo suficientemente estable y eficiente como para sustentar la actividad económica. En cambio pretenden que los países funcionen sólo con energías renovables limpias (viento, Sol y mareas) que por sus características no son capaces de generar la energía necesaria para el mantenimiento del desarrollo actual. El resultado es que se siguen construyendo centrales eléctricas a carbón, el combustible fósil más contaminante de todos, principalmente en China y Estados Unidos; y próximamente en Europa.
  4. Los gobiernos de los países desarrollados no pretenden disminuir sus niveles de crecimiento, ni promover en sus países un modo de vida menos "extravagante" que el actual, que requiere del consumo de grandes cantidades de energía, ya que afectaría su crecimiento económico. Si se hubiesen cumplido las previsiones de la Conferencia de Río sobre la Agenda Medioambiental siglo XXI, la Unión Europea tendría que haber invertido dos veces y media más de lo que invertía en aquel momento en protección ambiental (Vicente, 1995) y esto tendría que haberlo hecho a costa de sus beneficios. Obviamente, no lo hizo.
  5. Los movimientos ecologistas ortodoxos, muy inclinados a la izquierda política y con gran influencia en política y la prensa, hacen causa común con los países en desarrollo en su negativa a limitar sus emisiones de GEIs, exigiendo la disminución de los GEIs sólo en los países desarrollados.

Si una parte de la riqueza que genera la industria revirtiera a medidas proteccionistas del ambiente no hubiésemos llegado al estado de degradación actual. Pero entonces hubieran disminuido sensiblemente los beneficios. El conocido sistema de los países desarrollados de pagar por contaminar preserva una gran cantidad de ganancias sin solucionar el problema. Y esto no es así, no puede seguir siendo así.

Pero, ¿puede paliarse al menos el daño ya infligido? Algunos desastres provocados por la acción humana pueden ser corregidos, al menos teóricamente, mediante técnicas que la ciencia engloba bajo el título de biorremediación. Claro que estas técnicas, aún en los inicios de su desarrollo, pueden tener su cara y su cruz.

La cruz:

Las explotaciones auríferas o las fábricas de pintura vertían mercurio o mercuriales en aguas fluviales, un metal pesado altamente tóxico que provoca daños irreversibles en flora y fauna y, a veces, llega hasta los humanos en función de la cadena trófica. Hoy



día se entierran, como los residuos radiactivos, formando puntos calientes de un futuro incierto. Se ha descubierto que una planta acuática, *Eichornia crassipes*, la baronesa, es capaz de extraer mercurio divalente de las aguas fluviales y transformarlo en mercurio elemental, volátil, por medio de una enzima denominada NAD(H) oxido-reductasa. El mercurio catión es pues extraído del agua, concentrado en la planta y evaporado a la atmósfera (Fig. 5). Por tanto, el problema no se soluciona, dado que solo se cambia de medio contaminado. Por otra parte, *E. crassipes* tiene un crecimiento tan exagerado que en pocas semanas cubre con su follaje extensas superficies de los ríos, consumiendo gran cantidad del oxígeno disuelto en el agua y provocando la muerte de los peces por anoxia (Legaz y Vicente, 2001).

La cara:

Desde hace muy pocos años, se han descubierto varias especies bacterianas capaces de metabolizar los vertidos de petróleo y transformarlos lentamente en ácido acético. De hecho, ya se han utilizado a nivel práctico, desde los vertidos del Prestige a los más recientes en las Islas Canarias. El sistema tampoco es perfecto, porque aumenta la acidez del agua del océano. Pero peor es el chapapote.

La bacteria *Lysinibacillus sphaericus* puede acumular hidrocarburos y metales pesados gracias a que tiene en su cubierta una proteína que adopta una estructura tridimensional en caja de huevos (Pollmann et al., 2005). Esta estructura retiene los hidrocarburos en sus huecos. Con enzimas especiales, el microorganismo logra digerir la molécula de petróleo, que es muy compleja. Así, es posible que aguas y suelos contaminados con lodos aceitosos por la explotación petrolera vuelvan a tener vida vegetal y animal. La efectividad de esta descontaminación es de 95 por ciento, en un término de dos a tres meses. Además de metabolizar el petróleo, *Lysinibacillus sphaericus* produce toxinas mortales para las larvas de los mosquitos *Anopheles*, *Aedes* y *Culex* (Lozano et al., 2011), vectores de enfermedades tropicales como la malaria, el dengue, el chicunguña y la fiebre amarilla, entre otras. Ese fue el uso inicial que se dio al microorganismo, popularizado en los años 1980 por la Organización Mundial de la Salud.

*Oleispira antarctica* RB-8 es una bacteria marina hidrocarbonoclástica que fue descubierta en el océano Antártico. Se puede encontrar en océanos y mares, especialmente en aquellos de aguas frías (específicamente, temperaturas que bordean los 0 °C). Entre sus principales características destaca su naturaleza degradadora de hidrocarburos, y lo que la hace aún más especial es su condición de psicrófila, ya que puede vivir a temperaturas muy bajas (entre 4 °C y 6 °C) sin que estas afecten su funcionamiento. Por último otra propiedad de bacteria es su capacidad de generar una gran cantidad de anticongelante de origen natural, y la facilidad de adaptar su membrana celular a condiciones tan extremas de salinidad y temperatura como las observadas en el océano Antártico.

Al verse incapaz de obtener el carbono desde otra fuente, lo extrae de los hidrocarburos (especialmente de los de tipo alifático) presentes en el ambiente, y esta degradación se produce gracias a una proteína del tipo esterasa, OLEI01171  $\alpha/\beta$ -hidrolasa, perteneciente a la familia PF00756 de esterasas putativas, que se ha encontrado también en otras especies bacterianas, como *Sphingomonas macrogolitabida* o *Rhodococcus*. La capacidad psicrófila de la *Oleispira antarctica* RB-8 es posible

gracias a una proteína especial que exclusivamente produce, y cuya estructura, sola a bajas temperaturas, lo que propicia un escenario óptimo para el funcionamiento de otras proteínas esenciales en la degradación de hidrocarburos, a diferencia de otras bacterias carbonoclásticas que no tienen la capacidad de producir esta proteína única en estructura y función, y que a causa de esto no pueden realizar su trabajo metabólico en aguas extremadamente frías.

Prevención y remediación, evitar males mayores y corregir los ya producidos. Solo así, la especie *hombre* podrá conservar el planeta en un estado mínimamente habitable. Ciertamente que en la especie humana existe el gen denominado egoísta, que tiende a la supervivencia del individuo aún a costa de la destrucción del entorno (Dawkins, 1976). La categorización de las emociones condiciona la respuesta del individuo y por tanto, la libre elección es la consecuencia de la organización cerebral que viene determinada tanto genéticamente (lo que eludiría la responsabilidad personal) como por la variabilidad en el desarrollo de sus conexiones neuronales y por su interacción con el entorno físico y sociocultural, que se va acumulando en la memoria y conformando la actividad cerebral epigenéticamente. El hombre, como especie, debería ser capaz de reprimir su gen egoísta y desreprimir el gen solidario, que también existe, mediante esa interacción que da la respuesta epigenética. En román paladino, educación, cultura y solidaridad. Solo así seremos capaces de cambiar el deseo irrefrenable de enriquecimiento por el de un más solidario beneficio legítimo, la única solución que nos queda.

Lope de Vega lamenta en una égloga la temprana muerte de su hijo Lope Félix de Carpio y Luján, acaecida en 1634 (a solo un año de la muerte del dramaturgo) al naufragar el barco en el que viajaba con rumbo a la isla Margarita en busca de perlas, es decir, en busca de unas ganancias altas con las que remediar la penuria de las arcas públicas (Florit y Ruiz, 1996):

¡Oh perezosa muerte  
Contraria del estilo sucesivo  
De la naturaleza  
Pues para más rigor de tu fiereza  
Lo que debe morir, perdonas vivo,  
Pues muere quien tan tierna edad vivía  
Y vivo yo cuando morir debía!

¿Merece la riqueza tanto dolor?

## Referencias

- BOFF, L. (2006): Ecología: Grito de la tierra, grito de los pobres. 4ª Edición. Editorial Trotta, Madrid.
- DAWKINS, R. (1976): The Selfish Gene. Oxford University Press, Oxford.
- FLORIT, F., Ruiz, J.J. (1996): Precisiones en torno a la biografía del soldado Lope Félix de Vega Carpio. Monteagudo, 3ª Época, Nº 1, 103-110.
- HANSEN, J., L. Nazarenko, R. Ruedy, M. Sato, J. Willis, A. Del Genio, D. Koch, A. Lacis, K. Lo, S. Menon, T. Novakov, J. Perlwitz, G. Russell, G.A. Schmidt, and N. Tausnev, (2005): Earth's energy imbalance: Confirmation and implications. Science, 308, 1431-1435
- LASHOF, D.A. (1989): The dynamic greenhouse - Feedback processes that may influence future concentrations of atmospheric trace gases and climatic change. Climate Change, 14, 213-242.
- LEGAZ, M.E., Vicente, C. (2001): Fisiología Vegetal Ambiental. Editorial SZíntesis, Madrid.
- LIEBERMAN, P., Crelin, E.S., Klatt, D.H. (1972): Phonetic ability and related anatomy of the newborn, adult human, Neanderthal man, and the chimpanzee. American Anthropologist, 74: 287-307.
- LOZANO, L.C., Ayala, J.A., Dussan, J. (2011): *Lysinibacillus sphaericus* S-layer proteína toxicity against *Culex quinquefasciatus*. Biotechnology Letter, 33: 2037-2041.
- MITHEN, S. J. (2005): The Singing Neanderthals: the Origins of Music, Language, Mind and Body, Weidenfeld & Nicolson, London.
- POLLMANN, K., Raff, J., Schnorpfeil, M., Radeva, G., Selenska-Pobell, S. (2005): Novel surface layer protein genes in *Bacillus spahericus* associated with unusual insertion elements. Microbiology, 151: 2961-2973.
- PUENTE, A. (2006): Los orígenes del lenguaje. Alianza, Madrid.
- TUDGE, C. (1998): Neanderthals, bandits and farmers. Weidenfed & Nicolson, London.
- VICENTE, C. (1995): Reflexiones sobre posibles nuevas estrategias en material de Educación Ambiental. Rev. Compl. Edu., 6; 147-163.
- VICENTE, C. (2012): Metabiología de la muerte. Editorial ADIH, Murcia.
- YAKIMOV, M.M., Giuliano, L., Gentile, G., Crisafi, E., Chernikova, T.N., Abraham, W.R., Lünsdorf, H., Timmis, K.N., Golyshin, P.N. (2003): *Oleispira antarctica* gen. nov., sp. nov., a novel hydrocarbonoclastic marine bacterium isolated from Antarctic coastal sea water. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 53: 779-785.

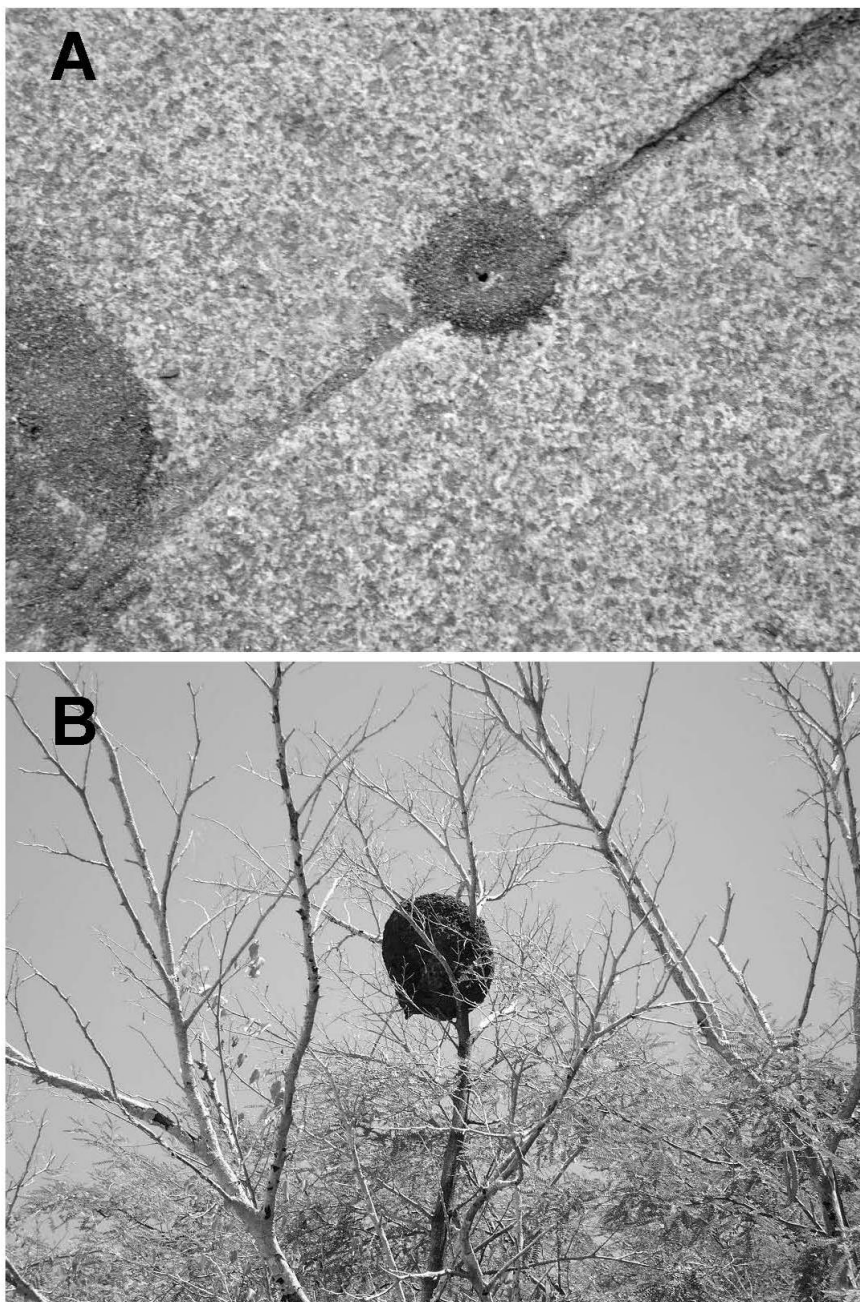


Fig. 1. A) Hormiguero excavado por hormigas negras comunes (*Camponotus mus*) entre dos losas de granito de un paseo en la Escuela Técnica de Ingeniería Forestal y del Medio Natural (UPM, Madrid).

B) Termitero construido sobre las ramas de un árbol por una de las doscientas cincuenta especies de termitas brasileñas (Fotografía amablemente cedida por la Dra. Rocío Santiago, Pernambuco, Brasil).

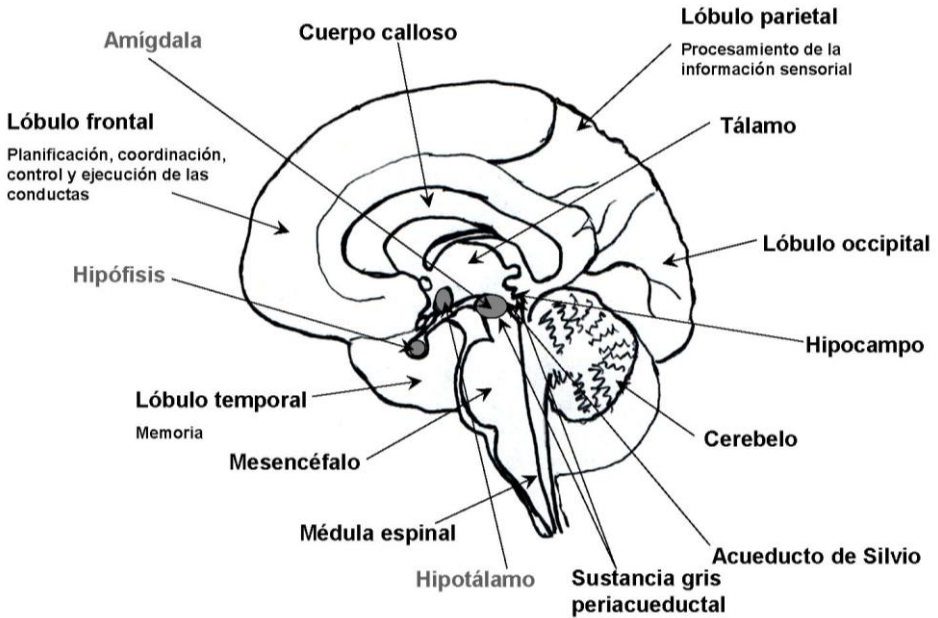


Fig. 2. Esquema del cerebro humano (*Homo sapiens*) en el que se destacan los tres lóbulos más desarrollados que sus equivalentes en Póngidos (frontal, parietal y temporal) así como los órganos del desarrollo y expresión de las emociones (amígdala, hipófisis e hipotálamo).

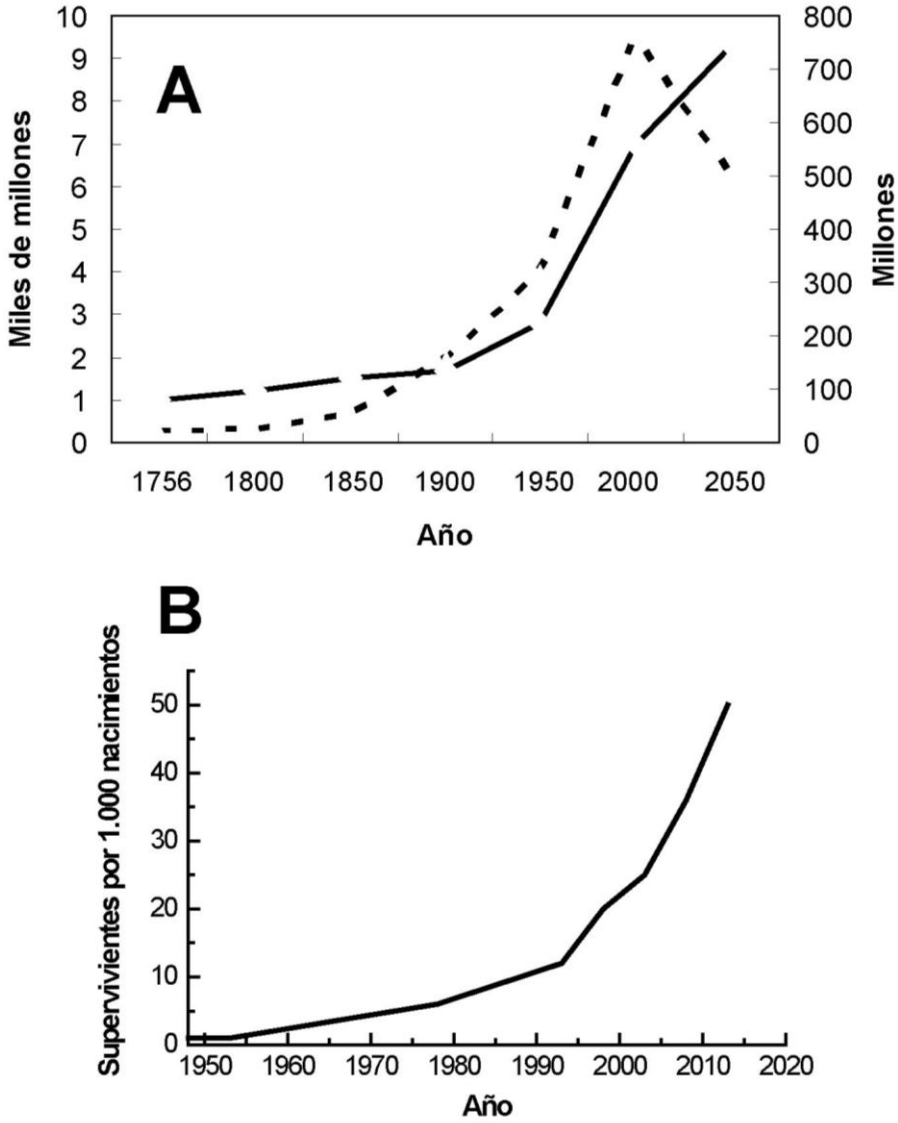


Fig. 3. Evolución de la población y de la supervivencia del hombre. A) Población total mundial en miles de millones de habitantes (línea continua) y crecimiento de la población en millones de habitantes (línea de trazos) incluyendo la previsión para el 2050. B) Supervivencia de la población en número de supervivientes por cada mil nacimientos.

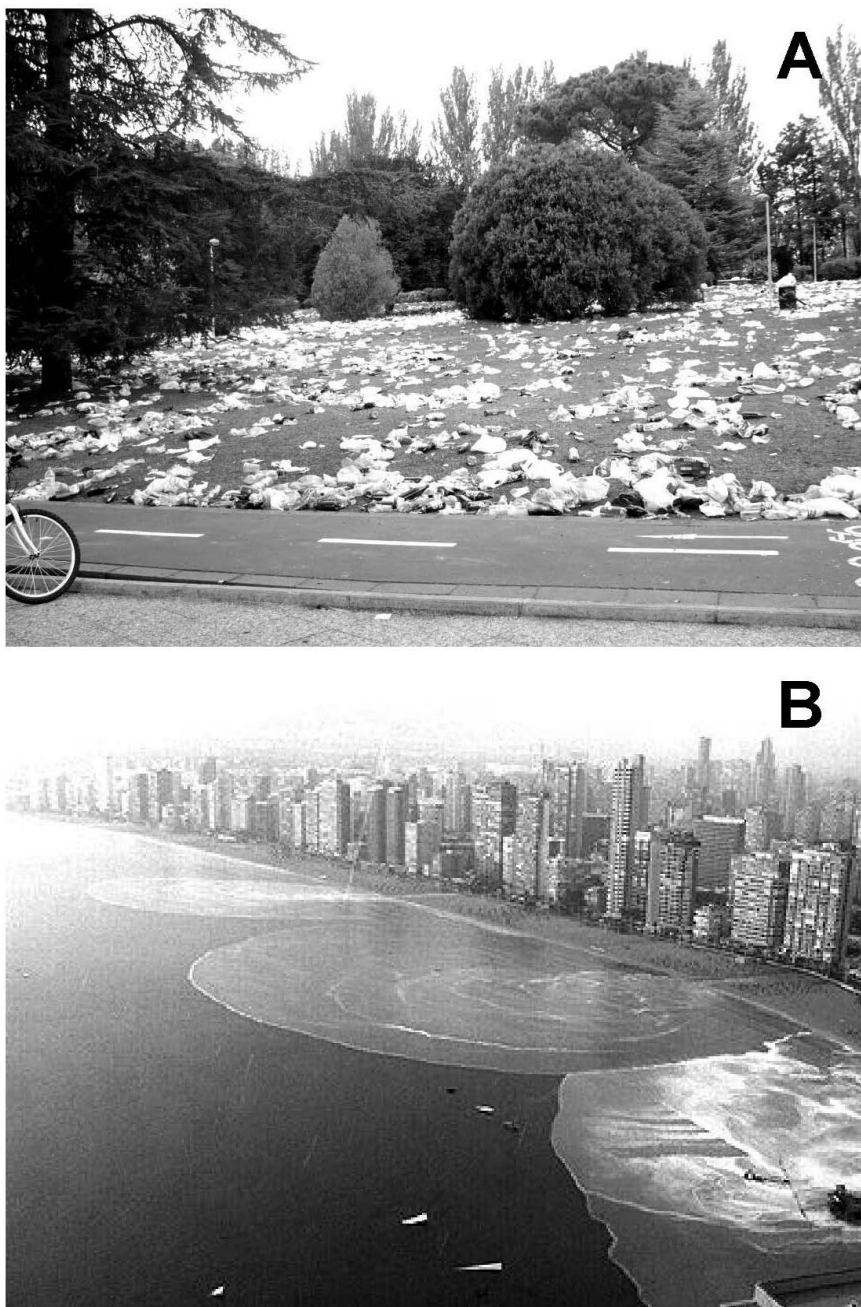


Fig. 4. Muestras de contaminación provocada por la acción humana. A) Estado de los jardines del Paraninfo de la Universidad Complutense de Madrid tras la celebración del patrono laico “San Cemento” de los estudiantes de la Escuela de Arquitectura, el 30 de Abril de 2015. B) El mar en la playa de Levante (Benidorm) tras un episodio de lluvias torrenciales, en Enero de 2015 que hizo desbordarse las canalizaciones de vertido de residuos urbanos (foto amablemente cedida por D<sup>a</sup> María López).

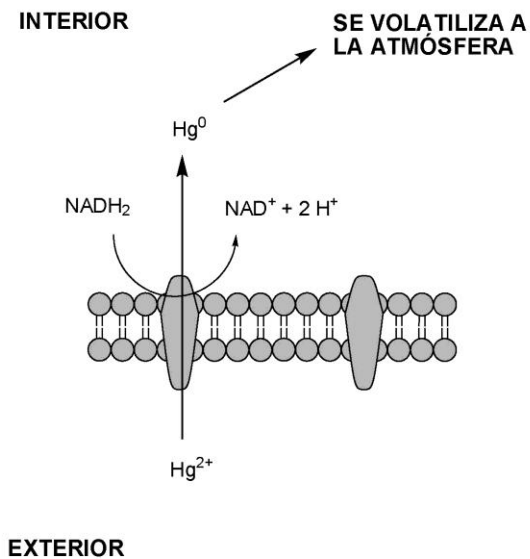


Fig. 5. Transformación del catión  $\text{Hg}^{2+}$  disuelto en aguas fluviales por acción de una NAD(H) óxido-reductasa de la planta acuática *Eichornia crassipes*.