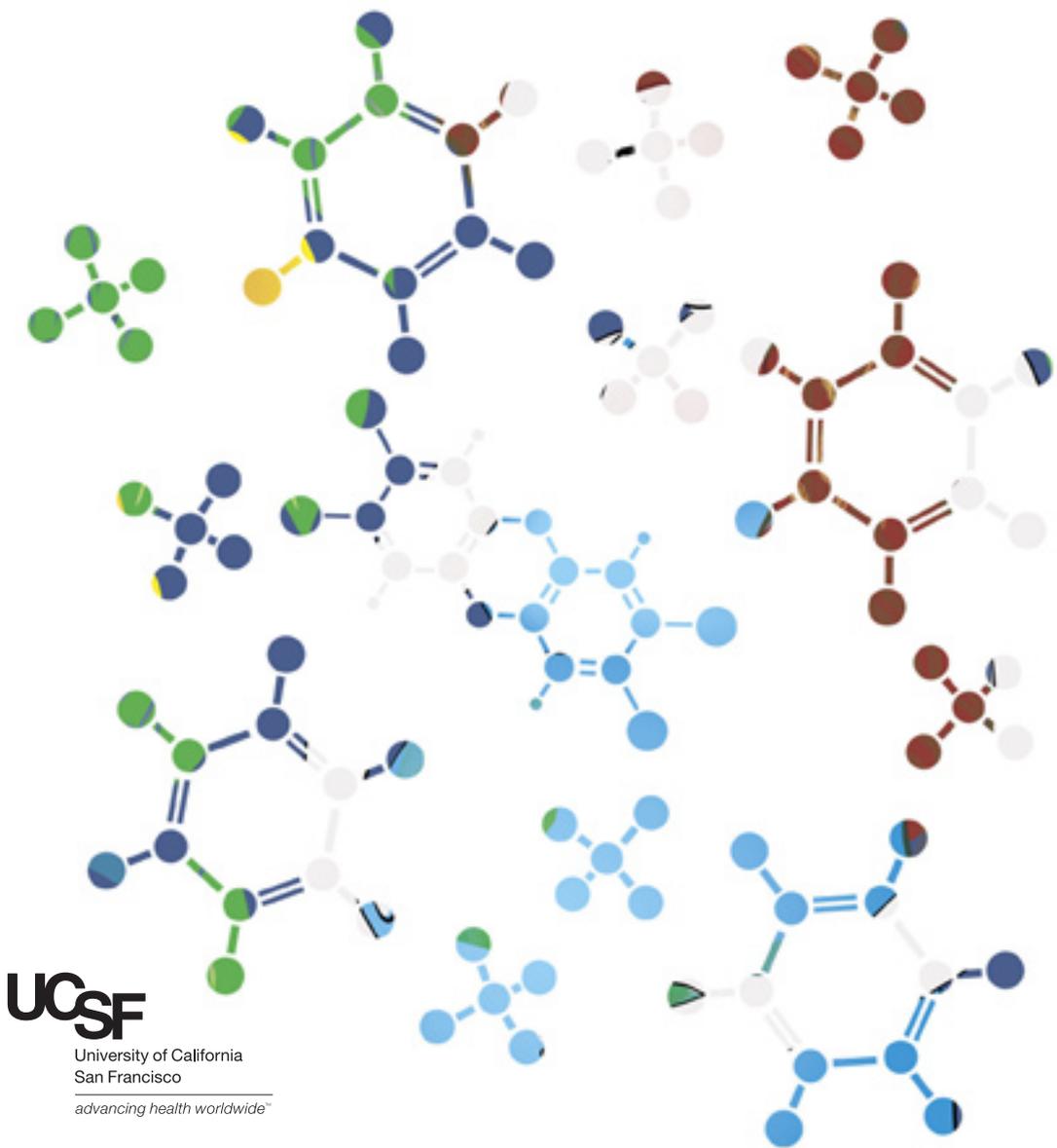


Forjando nuestro legado: La salud reproductiva y el medio ambiente



UCSF

University of California
San Francisco

advancing health worldwide™

Program on Reproductive Health and the Environment
Department of Obstetrics, Gynecology and Reproductive Sciences
National Center of Excellence in Women's Health



Forjando nuestro legado: La salud reproductiva y el medio ambiente

*Informe de la Cumbre sobre los
Impactos Ambientales en la Salud
Reproductiva y la Fertilidad*

Convocada por University of California,
San Francisco y Collaborative on
Health and the Environment

Informe preparado por:

Program on Reproductive Health and the Environment
Department of Obstetrics, Gynecology and Reproductive Sciences
National Center of Excellence in Women's Health
University of California, San Francisco

Autores

Jackie M. Schwartz, MPH, Research Associate, Program on Reproductive Health and the Environment, Department of Obstetrics, Gynecology and Reproductive Sciences, UCSF (Investigadora Asociada del Programa de Salud Reproductiva y Medio Ambiente del Departamento de Obstetricia, Ginecología y Ciencias de la Reproducción, Universidad de California en San Francisco)

Tracey J. Woodruff, PhD, MPH, Associate Professor and Director, Program on Reproductive Health and the Environment, Department of Obstetrics, Gynecology and Reproductive Sciences; and Philip R. Lee Institute for Health Policy Studies, UCSF. (Profesora y Directora del Programa de Salud Reproductiva y Medio Ambiente del Departamento de Obstetricia, Ginecología y Ciencias de la Reproducción y del Instituto de Estudios de Políticas de la Salud Philip R. Lee, Universidad de California en San Francisco)

Materiales de referencia proporcionados por Ernie Hood, MA, y Mary Wade, MJ.

Examinadores

Charlotte Brody, RN, Executive Director (Directora Ejecutiva), Commonweal

Alison Carlson, Founder and Facilitator, Collaborative on Health and the Environment (CHE) Fertility/Early Pregnancy Compromise Working Group, and Senior Fellow, Commonweal Health and Environment Program (Fundadora y Facilitadora del Grupo de Trabajo sobre Fertilidad y Riesgos en el Primer Trimestre de Embarazo del Proyecto de Colaboración sobre Salud y Medio Ambiente (CHE), y Becaria del Programa de Salud y Medio Ambiente de Commonweal.)

Linda Giudice, MD, PhD, MSc, Professor and Chair, Department of Obstetrics, Gynecology and Reproductive Sciences, UCSF (Profesora y Directora del Departamento de Obstetricia, Ginecología y Ciencias de la Reproducción de la Universidad de California en San Francisco)

Rivka Gordon, PA-C, MHS, Director of Strategic Initiatives, Association of Reproductive Health Professionals (Directora de Iniciativas Estratégicas, Asociación de Profesionales de la Salud Reproductiva)

Eleni Sotos, MA, Program Director, CHE (Directora de Programa, CHE)

Julia Varshavsky, Program Associate and Coordinator, Fertility/Early Pregnancy Compromise Working Group, CHE (Integrante Asociada de Programa y Coordinadora del Grupo de Trabajo sobre Fertilidad y Riesgos en el Primer Trimestre de Embarazo, CHE)

Diseño gráfico

Lauren Wohl Design

Traducción

Julieta Pisani McCarthy, M.A.

Acerca de la Cumbre sobre los Impactos Ambientales en la Salud Reproductiva y la Fertilidad

La *Cumbre sobre los Impactos Ambientales en la Salud Reproductiva y la Fertilidad (la Cumbre)* se llevó a cabo del 28 al 30 de enero de 2007 y fue co auspiciada por UCSF Department of Obstetrics, Gynecology and Reproductive Sciences (Departamento de Obstetricia, Ginecología y Ciencias de la Reproducción de la Universidad de California en San Francisco) y Collaborative on Health and the Environment (CHE) (Proyecto de Colaboración sobre Salud y Medio Ambiente). Los objetivos de la *Cumbre* fueron los siguientes:

- Examinar los estudios científicos que vinculan la exposición a sustancias químicas con los trastornos reproductivos y la infertilidad; y
- Dialogar acerca de nuevos enfoques, perspectivas y direcciones en cuanto a la investigación, la atención médica, las herramientas educativas y las iniciativas políticas dirigidas a mejorar la fertilidad, los resultados de los embarazos, el desarrollo y la salud reproductiva.

Las ponencias sobre los estudios científicos complementaron el diálogo entre profesionales de las áreas de salud y elaboración de políticas, funcionarios gubernamentales a cargo de la fiscalización de normas y reglamentaciones, y grupos ciudadanos en defensa de los pacientes, las comunidades, el medio ambiente y la salud reproductiva. Asimismo, más de 400 participantes de esas áreas elaboraron conjuntamente una serie de recomendaciones dirigidas a promover el campo de la salud reproductiva y el medio ambiente. Para mayor información sobre la Cumbre, consultar el siguiente sitio: www.prhe.ucsf.edu/prhe/events/ucsfche.html.

The UCSF logo is displayed in white text on a purple background. The letters 'UCSF' are in a bold, sans-serif font, with the 'S' and 'F' being slightly larger and more prominent.

Co-Presidentes

Linda C. Giudice, MD, PhD, MSc, Professor and Chair,
UCSF Department of Obstetrics, Gynecology and Reproductive Sciences
(Profesora y Directora del Departamento de Obstetricia, Ginecología y
Ciencias de la Reproducción de la Universidad de California en San Francisco)

Philip R. Lee, MD, Founding Chairman, CHE; Chancellor and Professor Emeritus
of Social Medicine, UCSF; Former US Assistant Secretary of Health, Education
and Welfare (Director Fundador, CHE; Rector y Profesor Emérito de Medicina
Social, UCSF; Ex Sub-secretario Federal de Salud, Educación y Bienestar)

Vice-Presidentes

Sally Perreault Darney, PhD, US Environmental Protection Agency
(Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos)

Michael P. Diamond, MD, Wayne State University (Universidad Wayne State)

Andrea C. Gore, PhD, University of Texas at Austin (Universidad de Texas
en Austin)

Louis J. Guillette, Jr., PhD, University of Florida, Gainesville (Universidad de
la Florida en Gainesville)

Jerrold J. Heindel, PhD, National Institute of Environmental Health
Sciences (Instituto Nacional de Ciencias de la Salud Ambiental)

Germaine M. Buck Louis, PhD, National Institute of Child Health and Human
Development (Instituto Nacional de Salud Infantil y Desarrollo Humano)

Ted Schettler, MD, MPH, Science and Environmental Health Network (Red
de Ciencia y Salud Ambiental)

Shanna H. Swan, PhD, University of Rochester School of Medicine
and Dentistry (Facultad de Medicina y Odontología, Universidad de Rochester)

Co-Directores

Alison Carlson, Founder and Facilitator, CHE Fertility/Early Pregnancy
Compromise Working Group and Senior Fellow, Commonwealth Health
and Environment Program (Fundadora y Facilitadora del Grupo de Trabajo
sobre Fertilidad y Riesgos en el Primer Trimestre de Embarazo, CHE, y
Becaria del Programa de Salud y Medio Ambiente de Commonwealth.)

Dixie Horning, Executive Director, UCSF National Center of Excellence in
Women's Health (Directora Ejecutiva, Centro Nacional de Excelencia en la
Salud de la Mujer, UCSF)

Tracey Woodruff, PhD, MPH, Associate Professor and Director,
UCSF Program on Reproductive Health and the Environment (Profesora y
Directora del Programa de Salud Reproductiva y Medio Ambiente, UCSF)

Administración

Mary Wade, MJ, UCSF National Center of Excellence in Women's Health
(Centro Nacional de Excelencia en la Salud de la Mujer, UCSF)

Sociedades Profesionales Asociadas

American College of Obstetricians and Gynecologists

American Society of Andrology

American Society for Reproductive Medicine

The Endocrine Society

Society for Gynecological Investigation

Society for Pediatric and Perinatal Epidemiologic Research

Society for the Study of Reproduction

Asociaciones Afiliadas

American Academy of Environmental Medicine

American Academy of Pediatrics

American Academy of Pediatrics, District 9

Association of Reproductive Health Professionals

American College of Nurse Midwives

Canadian Fertility and Andrology Society

Endometriosis Association

International Society for Environmental Epidemiology

Society for Male Reproduction and Urology

Society for Reproductive Endocrinology and Infertility

Society for Women's Health Research

Índice

Agradecimientos	ix
La salud reproductiva, la fertilidad y nuestro medio ambiente	1
<i>Cumbre sobre los Impactos Ambientales en la Salud Reproductiva y la Fertilidad</i>	5
Los riesgos para la salud reproductiva y la fertilidad	7
Hormonas importantes para la fertilidad, la reproducción y el desarrollo fetal	12
La exposición a sustancias químicas y la salud reproductiva de la mujer	14
Fibromas	14
Endometriosis	16
Desarrollo y enfermedades del tracto reproductivo	17
Efectos en los folículos ováricos	19
Pubertad temprana o tardía	20
Irregularidades del ciclo menstrual	21
Menopausia prematura	22
La exposición a sustancias químicas y la salud reproductiva del varón	23
Síndrome de disgénesis testicular	24
DES: Efectos múltiples en múltiples generaciones	26
Calidad del semen	29
Cáncer de próstata	30
La exposición a sustancias químicas, la fertilidad y el embarazo	31
Lo que podemos hacer	35
Expandir los conocimientos	36
Resumir los conocimientos científicos	41
A la sombra del Valle Químico	44
Fortalecer las protecciones gubernamentales	47
Conclusión	53
Recursos	55
Glosario	59
Sustancias químicas presentes en el medio ambiente y en nuestro cuerpo	65

Agradecimientos

Los fondos para la elaboración de este informe fueron gentilmente proporcionados por la **Fred Gellert Family Foundation**.

También se agradece la generosidad y el apoyo de las organizaciones que otorgaron los fondos para la realización de la *Cumbre sobre los Impactos Ambientales en la Salud Reproductiva y la Fertilidad*:

Adeza Biomedical

Anonymous/Private Foundation

Center for Environmental Health

Collaborative on Health and the Environment

Compton Foundation, Inc.

Fred Gellert Family Foundation

Global Community Monitor/Tides

The John Merck Fund

National Institute of Environmental Health Sciences

New York Community Trust

Obstetrics and Gynecology Research and Education Foundation

Society of Toxicology

UCSF Department of Obstetrics, Gynecology and Reproductive Sciences

UCSF Philip R. Lee Institute for Health Policy Studies

UCSF National Center of Excellence in Women's Health

UCSF Program on Reproductive Health and the Environment

US Environmental Protection Agency, Office of Children's Health Protection and Environmental Education (proporcionó fondos para las publicaciones posteriores a la *Cumbre*)

US Environmental Protection Agency Reproductive Toxicology Division (proporcionó apoyo relacionado con el viaje de ponentes que debieron trasladarse para asistir a la *Cumbre*)

Women's Foundation of California

Nota sobre la traducción

El presente informe fue escrito originariamente en inglés en los Estados Unidos. La traducción al español está dirigida y dedicada al público hispanohablante tanto de los Estados Unidos como del exterior. Somos conscientes de que algunas estadísticas, los marcos regulatorios y el contexto cultural a los que se hace referencia pueden no coincidir con los de otros países. La esencia del informe, sin embargo, es universal. Las conclusiones científicas nos atañen a todos y básicamente todas las sustancias nocivas mencionadas se encuentran presentes en todo el planeta. Esperamos que este informe contribuya a crear una mayor consciencia acerca de los efectos nocivos de la contaminación en nuestra salud, y que inspire al lector a incorporar nuestras recomendaciones, o a crear las propias teniendo en cuenta su marco nacional específico, para que juntos podamos forjar un futuro más sano.

Nota sobre las sustancias químicas y los términos mencionados en este informe

Este informe menciona diversas sustancias químicas que han sido estudiadas en relación con la salud reproductiva. El capítulo “Sustancias químicas presentes en el medio ambiente y en nuestro cuerpo” (página 65) ofrece más información sobre estas sustancias, como los fines para los que se utilizan y la manera en que el ser humano se ve expuesto a ellas.

Asimismo, se definen, al pie de la página en que aparecen por primera vez o en la siguiente página, los términos que aparecen resaltados en color morado. También aparecen definidos en el Glosario (página 59).

Sobre las personas citadas en este informe

Lou Guillette, PhD, es Distinguished Professor of Zoology and Professor, Howard Hughes Medical Institute, University of Florida, Gainesville (Profesor y Profesor Distinguido de Zoología en el Instituto Médico Howard Hughes, Universidad de la Florida en Gainesville).

Cheryl Walker, PhD, es Professor of Carcinogenesis, University of Texas MD Anderson Cancer Center (Profesora de Carcinogénesis en el Centro sobre el Cáncer MD Anderson de la Universidad de Texas).

Mary Lou Ballweg es President and Executive Director, Endometriosis Association (Presidenta y Directora Ejecutiva de la Endometriosis Association).

Pete Myers, PhD, es CEO y Chief Scientist, Environmental Health Sciences (Director Ejecutivo y Científico Principal de Ciencias de la Salud Ambiental).

Larry Baskin, MD es Professor, Department of Urology and Chief, Pediatric Urology, School of Medicine, University of California, San Francisco (Profesor del Departamento de Urología y Jefe de Urología Pediátrica de la Facultad de Medicina de la Universidad de California en San Francisco).

Shanna Swan, PhD, es Professor, Department of Obstetrics and Gynecology and Director, Center for Reproductive Epidemiology, University of Rochester School of Medicine and Dentistry (Profesora en el Departamento de Obstetricia y Ginecología, y Directora del Centro de Epidemiología Reproductiva de la Universidad de Rochester, Facultad de Medicina y Odontología).

Linda Birnbaum, PhD, DABT, es Division Director, Experimental Toxicology Division, US Environmental Protection Agency (Directora de la División de Toxicología Experimental de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos).

Warren Foster, PhD, es Professor, Department of Obstetrics and Gynecology y Director, Centre for Reproductive Care, McMaster University Health Sciences Centre, Canada (Profesor del Departamento de Obstetricia y Ginecología, y Director del Centro de Atención Reproductiva del Centro de Ciencias de la Salud de la Universidad McMaster, Canadá).

Pauline Mendola, PhD, es Chief, Epidemiology and Biomarkers Branch, US Environmental Protection Agency (Jefa de la División de Epidemiología y Biomarcadores de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos).

Ted Schettler, MD, MPH, es Science Director, Science and Environmental Health Network (Director Científico de la Red de Ciencia y Salud Ambiental).

Pat Hunt, PhD, es Distinguished Professor, School of Molecular Biosciences, Washington State University (Profesora Distinguida de la Facultad de Biociencia Molecular de la Universidad Washington State).

Sandra Steingraber, PhD, es bióloga, autora y Distinguished Visiting Scholar, Ithaca College (Becaria Distinguida del Ithaca College).

Richard Sharpe, PhD, es Professor, Program Leader y Senior Scientist, MRC Human Reproductive Sciences Unit, Centre for Reproductive Biology, Queen's Medical Research Institute, Edinburgh, Scotland (Profesor, Director de Programa y Científico Principal de la Unidad de Ciencias de la Reproducción Humana del Consejo de Investigación Médica en el Centro de Biología Reproductiva del Queen's Medical Research Institute, Edinburgo, Escocia).

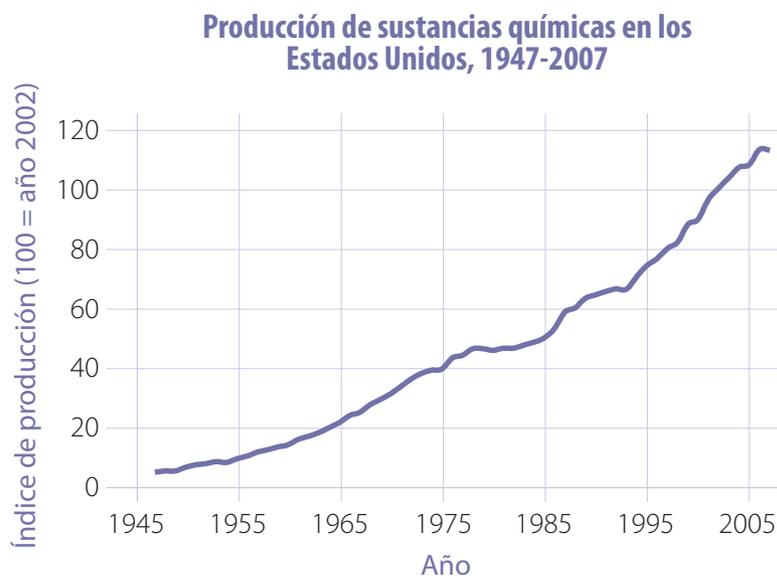
La salud reproductiva, la fertilidad y nuestro medio ambiente

Hemos logrado grandes avances en algunos aspectos de nuestra salud,

como el aumento de la esperanza de vida y los adelantos en cuanto al tratamiento del cáncer pero, en otras áreas, estamos perdiendo terreno. Cuando se trata de nuestra **salud reproductiva**, nuestro bienestar se ha reducido a aproximadamente la mitad con respecto a la generación de nuestros abuelos. En varias regiones industrializadas, los recuentos de espermatozoides han disminuido un 50 por ciento en los últimos 50 años. Más mujeres, especialmente jóvenes menores de 25 años de edad, sufren dificultades para concebir y mantener sus embarazos. Comparando estadísticas de hace 30 años, ahora un 26 por ciento más de mujeres desarrollan cáncer de mama, un 46 por ciento más de hombres desarrollan cáncer de testículo y un 76 por ciento más de hombres desarrollan cáncer de próstata. Un 30 por ciento más de bebés nacen en partos prematuros y, en promedio, los bebés nacen ahora una semana antes que hace 15 años. La segunda y tercera malformación congénita más común actualmente son malformaciones de los órganos reproductores masculinos. En la mayoría de los casos, no sabemos exactamente

Salud reproductiva La salud y el funcionamiento sano de los sistemas reproductivos femenino y masculino durante todas las etapas de la vida. La salud reproductiva permite que el hombre y la mujer puedan concebir, que la mujer pueda llevar el embarazo a término y amamantar, y que el bebé nazca sano y bien desarrollado. La salud reproductiva también implica que los hijos no desarrollen enfermedades o incapacidades en etapas posteriores de la vida debido a exposiciones que hayan sufrido en el vientre materno o durante el primer año de vida, la primera infancia o la adolescencia, y que puedan concebir y tener hijos sanos y normalmente desarrollados.





por qué ocurre esto. Sin embargo, existen indicios significativos de que hay factores ambientales involucrados.

Desde la Segunda Guerra Mundial, la producción de sustancias químicas en los Estados Unidos se ha multiplicado más de veinte veces y la cantidad de sustancias registradas para su uso comercial ha aumentado más de un 30 por ciento desde 1979. Tanto las sustancias fabricadas como las extraídas por procesos de minería se encuentran presentes en todo el medio ambiente: en el aire, el agua, los alimentos, las bebidas, los cosméticos, y los productos cotidianos de uso doméstico y de higiene personal. En consecuencia, esas sustancias ingresan en nuestro cuerpo cuando respiramos, comemos, bebemos y cuando nuestra piel entra en contacto con productos de consumo. Desde 1976, en Estados Unidos se realizan, a nivel nacional, estudios que miden la exposición humana a sustancias químicas (llamados *estudios de biomonitorio*).

Biomonitorio o monitoreo biológico Un tipo de investigación que identifica las clases de sustancias presentes en el cuerpo humano y mide las cantidades en que se encuentran. Los estudios de biomonitorio recogen muestras de fluidos fisiológicos (como sangre, orina y leche materna), identifican los tipos de sustancias químicas o metabolitos de esas sustancias presentes en las muestras y miden las cantidades en que se encuentran. Esa información permite entender la exposición del ser humano a las sustancias químicas y complementa las mediciones de los niveles de sustancias presentes en el medio ambiente (aire, agua, suelo, alimentos, productos de consumo, etc.).

Esos estudios indican que casi todas las personas tienen, en su organismo, cantidades detectables de diversas sustancias químicas y metales pesados (ftalatos, bisfenol A, plomo, cadmio, compuestos perfluorados y perclorato, para nombrar algunos). Una vez dentro de nuestro cuerpo, estas sustancias pueden causar estragos. Algunas atacan las células directamente. Otras interfieren en el funcionamiento de células, tejidos y sistemas de órganos al causar mutaciones (daños) en **genes** o cambios en la manera en que funcionan los genes. Y otras causan daños al alterar los sistemas de comunicación y regulación del organismo. El capítulo “Sustancias químicas en el medio ambiente y nuestro cuerpo”, que comienza en la página 65, presenta una lista de sustancias químicas a las que nos vemos expuestos comúnmente, incluidas las mencionadas en este informe.

Se sabe que la exposición a sustancias puede afectar la reproducción humana desde la época del Imperio Romano, cuando se reconoció por primera vez que el plomo produce abortos espontáneos e infertilidad en hombres y mujeres. A mediados de la década de 1950, se observó que la placenta no protege al feto de los efectos nocivos de las sustancias químicas cuando las mujeres que ingirieron durante el embarazo pescado contaminado con mercurio dieron a luz a bebés con problemas reproductivos y neurológicos debilitantes. Poco después, las mujeres embarazadas que tomaron dosis terapéuticas de un medicamento para las náuseas llamado *talidomida*, sin experimentar ellas mismas efectos secundarios, dieron a luz a bebés con serias malformaciones de las extremidades. A partir de esas experiencias, nos dimos cuenta de que el feto puede ser especialmente sensible a las exposiciones químicas. A principios de la década de 1970, se observó que las sustancias químicas pueden afectar el desarrollo y la salud de nuestros hijos de maneras menos visibles pero igualmente nocivas: Las hijas de mujeres que habían tomado durante el embarazo un medicamento para prevenir

Sabemos que el desarrollo es susceptible a la alteración por parte de factores ambientales. Lo hemos demostrado. Eso, de hecho, no está en debate.

Lou Guillette

Genes Moléculas que contienen la información y las instrucciones para formar proteínas y otros compuestos necesarios para que los organismos se desarrollen, crezcan y sobrevivan. Los genes se transmiten de padres a hijos y se encuentran en todas las células del cuerpo. Los genes están organizados en cadenas llamadas *ADN*. El *ADN*, a su vez, está organizado en estructuras llamadas *cromosomas*.



abortos espontáneos llamado DES desarrollaron un tipo de cáncer poco común que afecta el cuello del útero y la vagina. Poco después, se descubrió que tanto las hijas como los hijos de esas mujeres tenían altos índices de trastornos reproductivos e infertilidad. Con el transcurso del tiempo, se descubrió que esos trastornos reproductivos pueden transmitirse a una tercera generación a pesar de que los nietos de las mujeres que tomaron DES nunca estuvieron expuestos al medicamento (ver página 26).

Estas lecciones dolorosas surgieron como resultado de niveles de exposición mucho más elevados que los niveles a los que se ve expuesto el habitante promedio de los Estados Unidos. Durante años, se supuso que nuestro nivel cotidiano de exposición no afectaría nuestra fertilidad, reproducción o desarrollo.

Sin embargo, en los últimos veinte años, nos hemos dado cuenta de que esa suposición podría no ser cierta. Los estudios científicos han demostrado que los niveles de sustancias químicas a los que se ve expuesta una persona promedio pueden evitar que los genes funcionen normalmente o interferir con el sistema de regulación del organismo y, en consecuencia, aumentar el riesgo de enfermedades, disfunción e infertilidad. También se sabe ahora que la mezcla de sustancias a las que nos vemos expuestos puede ser mucho más tóxica que la exposición a las mismas sustancias por separado.

Asimismo, nos rodean las pruebas que señalan el deterioro de la fertilidad y la reproducción en animales que también habitan nuestro medio ambiente, beben la misma agua, respiran el mismo aire y consumen alimentos generados en el mismo suelo. La contaminación química de lagos y ríos causa infertilidad, supervivencia disminuida y problemas en el desarrollo sexual en anfibios y caimanes. Se piensa que el consumo de presas contaminadas con sustancias químicas explica, en parte, el hecho de que las poblaciones de orcas y panteras de la Florida no recuperen sus números a pesar de las protecciones que tienen por ser especies amenazadas.

Los seres humanos tenemos un aspecto distinto, y pensamos, funcionamos y vivimos de manera muy diferente con respecto a los anfibios, los caimanes, las orcas, las panteras y otros animales, pero nos reproducimos de formas sorprendentemente similares. Tenemos los mismos órganos reproductivos, produ-

cidos las mismas hormonas que coordinan nuestra reproducción y nuestros hijos se desarrollan siguiendo procesos paralelos. Esos puntos en común significan que, si una sustancia química afecta la capacidad de reproducción de un animal (ya sea al dañar un órgano o al alterar la comunicación vital entre los órganos), es probable que esa sustancia tenga el mismo efecto en el ser humano. Cuando los científicos observan que una sustancia causa efectos similares en varios tipos de animales, aumenta la preocupación de que esa sustancia también pueda afectar a los seres humanos.

Las lecciones que hemos aprendido a partir de los estudios científicos y de la observación del destino de distintos animales que comparten nuestro medio ambiente nos plantean dos interrogantes muy difíciles: ¿Las sustancias químicas que hemos introducido en nuestro medio ambiente y nuestro cuerpo están interfiriendo con nuestra capacidad de concebir y tener hijos sanos? De ser así, ¿cómo dejar de poner en peligro nuestra supervivencia y empezar a forjar nuestro legado?

Cumbre sobre los Impactos Ambientales en la Salud Reproductiva y la Fertilidad

Para comenzar a responder a esos interrogantes, el UCSF Program on Reproductive Health and the Environment (Programa de Salud Reproductiva y Medio Ambiente de la Universidad de California en San Francisco) y el Working Group on Fertility and Early Pregnancy Compromise (Grupo de Trabajo sobre Fertilidad y Riesgos en el Primer Trimestre de Embar-

El UCSF Program on Reproductive Health and the Environment (PRHE) (Programa de Salud Reproductiva y Medio Ambiente de la Universidad de California en San Francisco) es un nuevo programa interdisciplinario dedicado a crear un medio ambiente más sano para la reproducción y el desarrollo del ser humano al promover la investigación científica, la atención clínica y las políticas de salud dirigidas a prevenir la exposición a sustancias nocivas presentes en el medio ambiente. prhe.ucsf.edu.

Collaborative on Health and the Environment (CHE) (Proyecto de Colaboración sobre Salud y Medio Ambiente) es una red diversa de más de 2.900 socios individuales e institucionales de 45 países y 48 estados que trabajan conjuntamente para promover conocimientos y medidas eficaces con el fin de responder a la creciente preocupación sobre la relación entre la salud humana y el medio ambiente. www.healthandenvironment.org.

zo) del Collaborative on Health and the Environment's (CHE) (Proyecto de Colaboración sobre Salud y Medio Ambiente) convocaron la *Cumbre sobre los Impactos ambientales en la Salud Reproductiva y la Fertilidad* (la *Cumbre*, como también aparece mencionada en este informe). Más de 400 actores clave en las áreas de investigación, salud, políticas, justicia ambiental y grupos ciudadanos se reunieron del 28 al 30 de enero de 2007 para contribuir con sus investigaciones y experiencia sobre los tipos de información y cambios necesarios para mejorar nuestro conocimiento colectivo sobre **salud reproductiva y medio ambiente**. La conferencia ayudó a reunir un nuevo movimiento a favor de la salud reproductiva y el medio ambiente, un proyecto interdisciplinario con el objetivo de entender los efectos de la exposición a sustancias químicas sobre la fertilidad y la salud reproductiva, e impulsar, a partir de ese entendimiento, la creación de un medio ambiente más sano para la reproducción a través de cambios de políticas, mejoras en el sector de salud y la concientización del público general.

Este informe ofrece un panorama general de los estudios científicos presentados en la *Cumbre* y esboza las recomendaciones de los participantes con respecto a las estrategias para crear un medio ambiente más sano para la fertilidad y la reproducción.

Salud reproductiva y medio ambiente Un campo de colaboración interdisciplinaria con el fin de entender y reducir los efectos nocivos ocasionados por la exposición a sustancias químicas sobre la fertilidad, el embarazo, el desarrollo, el crecimiento y la salud durante todo el transcurso de la vida. Este campo abarca la labor de científicos, investigadores, médicos, profesionales del área de elaboración de políticas, grupos comunitarios y de defensa ciudadana, y medios de comunicación.

Los riesgos para la salud reproductiva y la fertilidad

La concepción, el embarazo y el desarrollo fetal son procesos delicados, complejos y sumamente coordinados.

Para que se produzca satisfactoriamente la concepción, debe lograrse, dentro de un breve período, una secuencia de sucesos que incluyen a los dos padres. El desarrollo embrionario y fetal transforma una célula en más de un trillón de células de más de 300 tipos distintos. Las células se dividen, se desplazan a distintas áreas del cuerpo en formación, se especializan y conforman tejidos y órganos. Se establecen sistemas de comunicación entre los órganos y se programan los genes de varios tipos de células para llevar a cabo funciones específicas.

Muchos de esos sucesos están dirigidos por hormonas que producen el padre, la madre y el feto (ver la página 12). Las hormonas son sustancias químicas vitales que ciertos órganos, llamados glándulas, producen para hacer que otros órganos, tejidos y células funcionen de forma específica. Las hormonas son segregadas por las glándulas endócrinas y se transportan en el flujo sanguíneo hasta las células cuyo funcionamiento deben dirigir. A través de una serie de reacciones químicas, las hormonas activan genes presentes en las células, que producen **proteínas** que entonces modifican el funcionamiento del órgano.

Proteínas Moléculas grandes y complejas que el cuerpo produce según la información almacenada en los genes. (Distintos genes producen distintas proteínas.) Cada célula del cuerpo tiene miles de distintas proteínas y esas proteínas cumplen diversas funciones críticas en la célula y el organismo. Por ejemplo, las proteínas llevan a cabo la mayor parte del trabajo que realizan las células, determinan la forma de las células y las ayudan a movilizarse. Las proteínas forman las hormonas que transmiten señales a través del cuerpo y los anticuerpos que reconocen las sustancias extrañas presentes en el organismo. Las proteínas también transportan moléculas importantes, como oxígeno y hormonas, en el flujo sanguíneo.



El **sistema endócrino** es eficiente: Una misma hormona puede desencadenar distintos tipos de respuestas en diferentes células de distintos órganos. Por ejemplo, la hormona estrógeno se comunica con células presentes en al menos 12 tejidos y órganos, como el cerebro, los huesos, el corazón, los pulmones, el útero y la próstata. El sistema endócrino es también muy específico: Las hormonas entran en contacto con todas las células del cuerpo pero solo pueden modificar el funcionamiento de células genéticamente programadas para responder a ellas. Esas células tienen moléculas químicas específicas, llamadas receptores hormonales, que pueden enlazarse químicamente con hormonas específicas. Es ese enlace lo que desata la cadena de reacciones químicas que determinan el funcionamiento del órgano.

Muchas de las sustancias químicas a las que estamos expuestos en el medio ambiente y que entran en nuestro cuerpo son química y estructuralmente similares a las hormonas. En consecuencia, esas sustancias químicas pueden interactuar con los receptores hormonales de las células y desencadenar cambios en el funcionamiento de genes, células y órganos. También pueden interferir con la capacidad de las glándulas endócrinas de producir hormonas. Esas sustancias químicas se denominan **disruptores endócrinos** porque alteran el funcionamiento del sistema endócrino. Lo hacen al menos de dos maneras. En pri-

Sistema endócrino Un sistema integrado de glándulas que producen hormonas que controlan las funciones fisiológicas que ocurren lentamente, como la reproducción, el desarrollo, el crecimiento, el estado de ánimo, las funciones de los tejidos y el metabolismo. Las glándulas endócrinas abarcan la pituitaria, la tiroides, el timo, el páncreas, las suprarrenales y los testículos (en el varón) o los ovarios (en la mujer). El sistema endócrino funciona en coordinación con el sistema nervioso y el sistema inmune para regular la fertilidad y la reproducción.

Disruptores endócrinos También llamados *alteradores endócrinos* o *perturbadores endócrinos*. Sustancias químicas que interfieren en el funcionamiento del sistema endócrino (ver *sistema endócrino*) de una o más maneras. Una vez dentro del cuerpo, los disruptores endócrinos pueden alterar la cantidad de hormonas producidas o liberadas al flujo sanguíneo, o pueden alterar el suministro de proteínas que transportan las hormonas en la sangre. Los disruptores endócrinos pueden interferir con la capacidad de las hormonas de interactuar con los receptores hormonales, lo que bloquea mensajes y respuestas biológicas vitales. Estas sustancias químicas también pueden enviar mensajes artificiales y causar respuestas biológicas no deseadas. Por último, los disruptores endócrinos pueden afectar el suministro hormonal del organismo al alterar el proceso de degradación y eliminación de hormonas del cuerpo.

mer lugar, le quitan control al sistema endócrino. Las glándulas endócrinas producen hormonas solo cuando se necesita lograr una respuesta específica. En contraposición, los disruptores endócrinos pueden desencadenar una respuesta cada vez que se encuentran presentes en el organismo. En segundo lugar, le quitan al sistema endócrino su especificidad. Debido a que los disruptores endócrinos no tienen exactamente la misma estructura y composición química que las hormonas, no interactúan con exactamente el mismo conjunto de receptores hormonales y no desencadenan exactamente las mismas respuestas genéticas que las hormonas naturales. Por ejemplo, el medicamento DES activa 119 de los 192 genes que activa el estrógeno natural en las células del útero del ratón, pero además interactúa con casi otros 200 genes que el estrógeno natural no afecta. Otras sustancias químicas pueden enlazarse a receptores y bloquear una respuesta genética necesaria. El efecto neto es que la exposición a disruptores endócrinos puede provocar una serie de respuestas biológicas inoportunas y sin sentido que pueden impedir la concepción, interferir con el desarrollo fetal o de alguna otra manera afectar nuestra salud reproductiva.

Los disruptores endócrinos, por lo general, se describen según la hormona natural o las hormonas naturales a las que más se asemejan o a las que más alteran. Por ejemplo, el DES activa genes que responden a la hormona estrógeno y, por lo tanto, se lo describe como una *sustancia química estrogénica*. El plaguicida vinclozólín bloquea la señal de la hormona andrógena (masculina) testosterona y, por lo tanto, se lo describe como un *antiandrógeno*.

Además de alterar el funcionamiento del sistema endócrino, la exposición a sustancias químicas puede afectar la fertilidad, el desarrollo fetal y la salud reproductiva al causar **mutaciones genéticas** o alterar la **expresión genética**. Los genes

Los disruptores endócrinos no son hormonas puras. De hecho, activan y desactivan genes que las hormonas del cuerpo nunca afectarían. ¿Es eso lo que causa los efectos que observamos?

Lou Guillette

Mutación genética Un cambio permanente en la información almacenada en un gen. Ese cambio puede provocar problemas relacionados con las proteínas producidas por ese gen. Por ejemplo, la proteína puede no funcionar correctamente o no ser producida. Las consecuencias de la mutación genética varían de leves a severas y pueden poner en peligro la vida. Las mutaciones genéticas pueden heredarse de uno de los padres biológicos (denominadas *mutaciones hereditarias*) o pueden ocurrir durante la vida de la persona (denominadas *mutaciones adquiridas*). Las mutaciones adquiridas son provocadas por factores ambientales como la radiación o la exposición a sustancias químicas. También pueden producirse cuando una célula se divide.

contienen la información y las instrucciones para producir proteínas que determinan el funcionamiento de las células, de forma similar a la manera en que una receta contiene la información para preparar un plato de cocina. Todas las células contienen el mismo conjunto de genes, pero solo un subconjunto de genes está programado para estar expresado, o activado, en cada tipo específico de célula, así como solo un subconjunto de recetas de un libro de cocina se utiliza para preparar postres. Una mutación genética representa un error en la receta para preparar una proteína. Cuando hay mutaciones en los genes, las proteínas que preparan son defectuosas y evitan que las células, los tejidos y los órganos funcionen normalmente. Por otro lado, cuando la expresión de los genes se encuentra alterada, el grupo de genes que están activados o inactivados en una célula no resulta adecuado para ese tipo de célula, así como no sería apropiado preparar una hamburguesa o un guiso de carne para el postre. Las alteraciones de la expresión genética también pueden hacer que los genes no respondan normalmente a las señales hormonales, lo que lleva a que se produzca una cantidad excesiva o insuficiente de una proteína. La alteración de la expresión genética puede hacer que un gen que normalmente produce una gran cantidad de proteínas destinadas a eliminar tumores produzca apenas una cantidad insuficiente o que el conjunto de genes programados para estar activos en las células del cuello del útero haga que esas células se comporten más bien como si fueran células del útero mismo. Las alteraciones de la expresión de un gen pueden ser tan nocivas para la salud como las mutaciones genéticas.

Ahora bien, si todos nos vemos expuestos a sustancias que pueden afectar la fertilidad y la salud reproductiva, ¿cómo es que aún podemos reproducirnos? El cuerpo humano adulto y totalmente desarrollado es resistente y cuenta con mecanismos que le permiten adaptarse a la exposición a sustan-

Expresión genética El proceso por el cual se accede a la información almacenada en un gen y se utiliza esa información para formar (en la mayoría de los casos) una proteína. La expresión genética varía en respuesta a los cambios ambientales internos (corporales) o externos (del medio ambiente) de manera que se produzcan distintos tipos y cantidades de proteínas en distintos momentos dependiendo de las necesidades del organismo. Las hormonas regulan las cantidades y los tipos de genes expresados en las células.

No sorprende que se puedan causar estragos al alterar los patrones intrincados y rápidamente cambiantes de la expresión genética que se producen durante el desarrollo.

Cheryl Walker

cias químicas y reparar los daños ocasionados. Así como un termostato enciende el calefactor o el aire acondicionado cuando la temperatura sube o baja demasiado, nuestro sistema biológico mantiene un nivel de funcionamiento estable adaptándose a momentos de abundancia o momentos de escasez. Por ejemplo, si nos vemos expuestos a una sustancia que bloquea la capacidad de la tiroides de producir una hormona esencial para la fertilidad y el desarrollo fetal, el cerebro produce una segunda hormona que le indica a la tiroides intensificar la producción hormonal. A través de mecanismos de retroalimentación, o *feedback*, que controlan y regulan las funciones biológicas, nuestro organismo logra contrarrestar las dificultades que presenta la exposición a sustancias químicas, pero solo siempre y cuando esas dificultades sean menores. Otros aspectos de nuestro medio ambiente (como la alimentación, el ejercicio físico, el estrés y el estado de salud), así como nuestra edad y nuestras características genéticas, determinan la resistencia del cuerpo a las amenazas de la exposición química.

En algunos casos, el cuerpo no logra adaptarse. Durante ciertos períodos de desarrollo (en el vientre materno, durante el primer año de vida, la primera infancia y la pubertad) el cuerpo no cuenta con todos los sistemas necesarios para contrarrestar y reparar los efectos nocivos de las sustancias químicas. Asimismo, esas etapas de desarrollo son períodos durante los cuales las células se dividen, se multiplican y se programan para especializarse y formar distintos tejidos y órganos. Es durante esos períodos que se establecen los sistemas de comunicación entre los órganos y los termostatos que controlan las repuestas de adaptación. Se trata de un proceso bastante inflexible. Los sucesos del desarrollo deben ocurrir dentro de un entorno hormonal específico y un período limitado. La interrupción de esos procesos, que puede ocurrir como resultado de la exposición a sustancias químicas, puede provocar graves defectos permanentes en el sistema reproductivo. Asimismo, esos defectos pueden transmitirse a generaciones subsiguientes sin que se produzcan exposiciones químicas adicionales.

El varón y la mujer desarrollan inicialmente los mismos tejidos del sistema reproductivo. Aproximadamente en la quinta semana de embarazo, el sexo genético del embrión determina si ciertas células se desarrollan y producen la hor-

Representa una tremenda ironía que pensemos que el vientre materno es un lugar seguro y que algo que se supone sagrado — donde comienza la vida — sea el lugar donde comienza el problema.

Mary Lou Ballweg

Hormonas importantes para la fertilidad, la reproducción y el desarrollo fetal

Dihidrotestosterona Forma potente de testosterona fundamental para el desarrollo del cerebro del varón y del sistema reproductivo masculino durante la etapa fetal, en especial el desarrollo de la glándula prostática, el pene, la uretra y el escroto. Durante la pubertad, la dihidrotestosterona estimula la maduración del sistema reproductivo masculino, incluyendo el crecimiento del vello facial y corporal, el cambio de la voz y la función de la próstata. En el varón adulto, la dihidrotestosterona estimula el desarrollo y la maduración del esperma, y cumple un papel importante en la energía sexual. La dihidrotestosterona es producida en la glándula prostática, los testículos, los folículos capilares y las glándulas suprarrenales por proteínas especiales que convierten la testosterona en dihidrotestosterona.

Estrógenos Grupo de hormonas conocidas principalmente por su papel al dirigir el desarrollo y la función del sistema reproductivo femenino, pero también fundamentales para la fertilidad y la reproducción del varón. Durante el desarrollo fetal, los estrógenos guían el desarrollo del sistema reproductivo femenino, incluyendo los ovarios, el útero, la vagina y los genitales externos. En los primeros meses de vida, los estrógenos dan forma al desarrollo del cerebro, incluyendo las glándulas endócrinas presentes en el cerebro que regularán la reproducción en etapas posteriores de la vida. Durante la adolescencia, los estrógenos dirigen el desarrollo de las mamas, el crecimiento del vello corporal y la distribución de grasas en la mujer.

Los estrógenos son fundamentales para la fertilidad y la reproducción tanto de la mujer como del varón. Por ejemplo, en la mujer, los estrógenos hacen que la capa de células que recubre el interior del útero crezca y aumente en grosor para poder mantener un óvulo fecundado. De producirse el embarazo, estas hormonas lo guían y mantienen, y preparan las mamas para la producción de leche. En el varón, los estrógenos influyen en el funcionamiento de la próstata, los testículos y otros órganos y tejidos sexuales, y cumplen un papel importante en la producción de esperma.

En la mujer, los estrógenos son producidos principalmente por células presentes en los ovarios. En el varón, los estrógenos son producidos por células presentes en los testículos. En ambos sexos, ciertas células de las glándulas suprarrenales, el cerebro, el hígado y los tejidos grasos producen pequeñas cantidades de estrógenos.

Hormona folículo estimulante (también llamada *FSH*, según la sigla en inglés) Una de las hormonas producidas por la glándula pituitaria en el cerebro. En la mujer, la FSH estimula los folículos ováricos y hace que maduren en preparación para la ovulación y fecundación. En el varón, la FSH provoca el desarrollo y la producción de esperma.

Hormona luteinizante o luteoestimulante (también denominada *LH*, según la sigla en inglés) Una de las hormonas endócrinas producidas por la glándula pituitaria en el cerebro. En la mujer, la LH provoca la ovulación. En el varón, la LH estimula las células de los testículos para que produzcan testosterona.

Progesterona Hormona conocida principalmente por su función en la fertilidad de la mujer y el embarazo, pero también importante para la fertilidad y la salud reproductiva del varón. En la mujer, la progesterona hace que la capa que cubre el interior del útero se prepare para recibir y nutrir al óvulo fecundado. De producirse el embarazo, la progesterona, junto con los estrógenos, lo mantiene y dirige, y estimula el crecimiento de glándulas productoras de leche en las mamas. La progesterona también controla el crecimiento de las mamas en la mujer durante la pubertad. En el varón, la progesterona es fundamental para la maduración y la producción de espermatozoides. La progesterona es producida principalmente por células presentes en los ovarios (en la mujer) y en los testículos (en el varón), y también representa un elemento necesario para la producción de testosterona y estrógeno.

Testosterona Hormona conocida principalmente por su función en la salud reproductiva y la fertilidad del varón, pero también importante para la salud de la mujer. Durante el desarrollo fetal masculino, la testosterona (producida principalmente por células de los testículos) dirige el crecimiento y el desarrollo del sistema reproductivo, incluyendo los testículos y el sistema de conductos por los que se transporta el espermatozoides, y estimula el descenso de los testículos al escroto durante los últimos dos meses de la vida fetal. En los primeros meses de vida, la testosterona se convierte en estrógeno en el cerebro, y ese estrógeno masculiniza y programa el cerebro para dirigir la reproducción en etapas posteriores de la vida. La testosterona desencadena la pubertad en el varón, dirige la maduración del sistema reproductivo masculino durante la adolescencia y es de fundamental importancia para la producción de espermatozoides en el adulto. En la mujer, la testosterona se produce en cantidades inferiores en los ovarios y las glándulas suprarrenales, y es importante para mantener la masa muscular y la energía sexual.

Hormonas tiroideas Producidas por la glándula tiroides tanto en la mujer como en el varón. Las hormonas tiroideas son fundamentales para casi todas las funciones fisiológicas, como la producción de otros tipos de hormonas, el funcionamiento normal de los ovarios y el ciclo menstrual en la mujer, la producción y calidad del espermatozoides en el varón, y por lo tanto, la fertilidad. Las hormonas tiroideas son también esenciales para el desarrollo muscular, óseo, cerebral y del sistema nervioso durante el desarrollo fetal, la infancia y la adolescencia. Las hormonas tiroideas son singulares en el sentido de estar hechas, en parte, a partir del yodo, un elemento que el organismo no produce por sí mismo sino que debe obtener a través de la dieta. (Este es el motivo por el cual se suplementan con yodo los alimentos, en especial la sal.)

mona testosterona, y eso determina si el feto se desarrollará como varón (si se produce testosterona) o mujer (si no se produce testosterona). A partir de ese momento, el proceso de desarrollo está determinado por las cantidades y los tipos de hormonas que produce el feto. Tres hormonas masculinas (la testosterona, la dihidrotestosterona y la hormona antimuleriana) dirigen el desarrollo del sistema reproductivo masculino. Aunque se entiende en menos detalle, se piensa que el desarrollo del sistema reproductivo femenino está dirigido por el estrógeno, la inhibina y la hormona foliculo estimulante. Las hormonas también desempeñan un papel fundamental al establecer funciones cerebrales relacionadas con la reproducción. Ese proceso comienza poco antes del nacimiento y continúa durante los primeros años de vida. Si el feto no produce las cantidades correctas o los tipos indicados de hormonas, si no se transmiten las señales hormonales o si los tejidos y órganos en desarrollo se ven expuestos a tipos de hormonas incorrectos, el sistema reproductivo no se desarrolla adecuadamente. Eso puede llevar a que sea necesario realizar cirugías y causar infertilidad, cánceres y otras enfermedades del sistema reproductivo.

La exposición a sustancias químicas y la salud reproductiva de la mujer

La exposición a sustancias químicas puede dañar la función y la salud del sistema reproductivo femenino de distintas maneras. Algunas exposiciones provocan malformaciones y enfermedades estructurales; otras causan daños más sutiles en los tejidos y las células de los órganos reproductivos. Otras aún interfieren con el sistema endócrino. La exposición a sustancias químicas ha sido asociada a la disminución de la fertilidad y la función reproductiva, así como a índices elevados de cánceres, enfermedades y trastornos del **tracto reproductivo femenino**.

Fibromas

Los fibromas son tumores no cancerosos que crecen en la capa muscular media del útero. Constituyen la principal

Tracto reproductivo femenino Frase utilizada para referirse a las trompas de Falopio, el útero, el cuello del útero y la vagina.

causa de **histerectomías** en los Estados Unidos, pueden ser sumamente dolorosos y también representan un factor de riesgo de infertilidad, abortos espontáneos, posición anormal del feto en el útero, trabajo de parto prematuro y complicaciones relacionadas con la placenta. Se calcula que entre la mitad y tres cuartos del total de las mujeres en edad de procrear tienen fibromas (solo se diagnostica a algunas de esas mujeres porque el tamaño de los fibromas llega a causar síntomas identificables). A pesar de que los fibromas ocurren con frecuencia, se sabe poco acerca de las causas que los originan. Sí se sabe que, en parte, son de origen genético (hereditario) y que las hormonas estrógeno y progesterona, producidas por los ovarios y también recetadas en medicamentos, hacen que crezcan los fibromas ya existentes.

La exposición a sustancias estrogénicas presentes en el medio ambiente podría explicar parte del origen de los fibromas. Las mujeres expuestas al DES en el vientre materno tienen una probabilidad de desarrollar fibromas que supera en dos veces y media el riesgo de la población general. Los roedores expuestos al DES y otras sustancias estrogénicas también tienen un riesgo elevado de desarrollar fibromas. En los últimos tiempos, investigando los efectos de la exposición química en los roedores, los investigadores han estudiado la manera en que la exposición a sustancias estrogénicas presentes en el medio ambiente podrían causar fibromas. Se han concentrado en la exposición durante el período en que se desarrolla el útero, específicamente el período de programación genética de las células musculares uterinas que determina el momento y la manera en que las células del útero responderán al estrógeno durante el ciclo menstrual en etapas posteriores de la vida. Los investigadores descubrieron que la exposición a sustancias estrogénicas durante ese período de desarrollo hace que los genes de las células muscula-



Histerectomía Cirugía que extirpa el útero y, en algunos casos, también los ovarios y las trompas de Falopio. Se realiza para tratar distintos trastornos y enfermedades, como endometriosis y cáncer de útero, del cuello del útero o de ovario. La histerectomía es la segunda cirugía más común entre las mujeres de los Estados Unidos, donde se realizan 600.000 al año y donde una de cada tres mujeres se somete a una histerectomía antes de llegar a los 60 años de edad.



res sean permanentemente hipersensibles al estrógeno. Debido a que el estrógeno estimula el crecimiento de los fibromas, esa hipersensibilidad hace que los fibromas existentes crezcan más rápidamente y alcancen un mayor tamaño del que lograrían normalmente en esos animales. Esos experimentos también demostraron que las células que se convertirán en fibromas en etapas posteriores de la vida podrían crearse, en parte, debido a la exposición a sustancias químicas en el vientre materno.

Hasta el momento, solo se han analizado algunas sustancias químicas para determinar si producen esos efectos en animales. Entre esas sustancias se encuentran el DES, la genisteína (una sustancia química natural presente en alimentos derivados de la soja) y el bisfenol A (una sustancia química utilizada en botellas y biberones de plástico irrompible transparente y en el material que recubre el interior de recipientes de bebidas y alimentos enlatados). No obstante, es probable que una serie de otras sustancias químicas estrogénicas provoquen efectos similares en el desarrollo del útero y en el riesgo de desarrollar fibromas. También resulta preocupante el hecho de que los efectos observados se produzcan a partir de niveles de exposición no fuera de lo común: De hecho, la exposición a los mismos niveles de bisfenol A detectados actualmente en el cuerpo humano provoca esos efectos nocivos en animales y en estudios realizados en células.

Endometriosis

La endometriosis es una enfermedad en la que el tejido que cubre el interior del útero (llamado *endometrio*) crece fuera del útero y en otras partes del cuerpo, como por ejemplo los ovarios, el abdomen y la pelvis. Se calcula que, en los Estados Unidos, entre el 10 y el 20 por ciento de las mujeres en edad de procrear sufren de endometriosis. En la actualidad, se diagnostica con más frecuencia que antes la endometriosis en mujeres más jóvenes y los especialistas creen que la enfermedad se ha vuelto más común desde la Segunda Guerra Mundial. La endometriosis, como los fibromas, puede ser sumamente dolorosa y representa una de las causas principales de infertilidad e histerectomías. Se desconocen, en gran medida, los factores de riesgo para el desarrollo de esta enfermedad compleja. No

obstante, sí se sabe que el sistema inmune se encuentra implicado, que la hormona estrógeno hace crecer el tejido endometriósico y que el tejido endometriósico no responde normalmente a la hormona progesterona.

La posibilidad de que la exposición a sustancias químicas pudiera ser uno de los factores que provocan endometriosis fue reconocida por primera vez en 1993, cuando un grupo de monos rhesus que habían ingerido alimentos contaminados con dioxinas (sustancias químicas que se forman cuando se queman productos que contienen cloro) desarrollaron endometriosis 10 años después. Los investigadores estudiaron en más detalle esta posible relación implantando quirúrgicamente tejido endometriósico fuera del útero de monos y roedores. Los animales expuestos a dioxinas y ciertos bifenilos policlorados (también llamados *PCB*) similares a las dioxinas, en consecuencia, desarrollaron endometriosis. Cuanto mayor la exposición, más severo fue el grado de enfermedad que desarrollaron los animales. La exposición a dioxinas y *PCB* semejantes a las dioxinas también alteraron el funcionamiento de las células inmunes presentes en el endometrio y la respuesta de las células endometriales a la hormona progesterona. Esos efectos observados en animales son muy similares a los que se observan en el tejido endometrial de mujeres con endometriosis.

Resulta especialmente preocupante el hecho de que los seres humanos estemos expuestos a niveles de dioxinas entre dos y veinte veces superiores a los niveles que provocan que los monos desarrollen endometriosis. Queda aún pendiente determinar si la exposición a otras sustancias que afectan los sistemas inmune y endócrino también contribuye al desarrollo de la endometriosis. Los índices elevados de endometriosis en hijas de mujeres medicadas con DES durante el embarazo y los altos niveles de ftalatos (una sustancia que altera el sistema endócrino y se utiliza en fragancias y plásticos blandos) presentes en mujeres con endometriosis señalan que podría ser así.

Desarrollo y enfermedades del tracto reproductivo

La exposición a sustancias químicas estrogénicas durante el desarrollo fetal también puede dañar el desarrollo de los órganos del tracto reproductivo femenino. Muchas

Los problemas de la salud reproductiva, incluyendo el cáncer, pueden estar determinados por la exposición a sustancias químicas en etapas tempranas de la vida, posiblemente décadas antes de que se haga evidente la enfermedad.

Cheryl Walker

mujeres expuestas al DES en el vientre materno tienen el útero de tamaño anormal y con forma de letra T en vez de triangular. Esas malformaciones hacen que sea más difícil lograr el embarazo y crean un riesgo elevado de abortos espontáneos, así como de trabajo de parto y nacimiento prematuros. La exposición al DES durante el desarrollo fetal también aumenta el riesgo de desarrollar un tipo de cáncer poco común que afecta el cuello del útero y la vagina. Los estudios recientes se han concentrado en determinar el mecanismo a través del cual el DES ocasiona esos efectos nocivos. Los investigadores han descubierto que la exposición al DES provoca cambios permanentes en la expresión de un grupo de genes, llamados *genes Hox*, que son fundamentales para el desarrollo del tracto reproductivo y, en etapas posteriores de la vida, para la fertilidad. Esos errores permanentes en el funcionamiento de los genes Hox provocan anomalías en los tejidos de los órganos del tracto reproductivo (las trompas de Falopio, el útero, el cuello del útero, y la vagina). En consecuencia, el tejido del útero tiene el aspecto y el comportamiento del tejido que normalmente se encuentra en las trompas de Falopio; el tejido del cuello del útero es como el tejido que normalmente se encuentra en el útero; y los tejidos de la vagina tienen más bien el aspecto y el comportamiento de los tejidos normalmente presentes en el útero y el cuello del útero. Se cree que esos errores en el desarrollo de los tejidos contribuyen al aumento del riesgo de desarrollar cánceres de vagina y del cuello del útero y a los altos índices de infertilidad en mujeres expuestas al DES en el vientre materno.

Los investigadores intentan ahora determinar si las sustancias químicas estrogénicas a las que nos vemos expuestos comúnmente también alteran la expresión de los genes Hox de los tejidos del tracto reproductivo como lo hace el DES. Hasta la fecha, han observado que la exposición durante el desarrollo fetal al bisfenol A y al plaguicida metoxicloro también modifica la programación de la expresión genética de los genes Hox en el ratón. En consecuencia, es menos probable que los óvulos fecundados se implanten en el útero, y la descendencia tiene huesos anormalmente desarrollados y, en el caso de las hembras, el útero también parece tener defectos estructurales.

Efectos en los folículos ováricos

La buena salud de los ovarios y los **folículos ováricos** es fundamental para la fertilidad y la salud general de la mujer. La reserva total de los folículos ováricos que la mujer tendrá para el resto de su vida se termina de generar durante el desarrollo fetal a más tardar aproximadamente en la vigésima semana de gestación. Después de ese momento, ya no se generan nuevos folículos ováricos. Poco se sabe acerca de las condiciones que promueven la formación de una reserva saludable y abundante de folículos ováricos antes del nacimiento. Sin embargo, son cada vez más las pruebas que demuestran que la exposición a sustancias químicas estrogénicas durante el desarrollo puede afectar tanto la cantidad como la calidad de los folículos ováricos.

Los caimanes del lago Apopka, en la Florida, están expuestos a la contaminación proveniente de los establecimientos industriales y agrícolas de sus alrededores y, en consecuencia, sufren una disminución de la fertilidad y un aumento en la mortalidad fetal. Los problemas relacionados con el desarrollo ovárico, debidos a la exposición a sustancias estrogénicas presentes en el agua, contribuyen a esa reducción de la supervivencia. Las hembras tienen más folículos con dos o más óvulos en vez de uno. Esos folículos deformes, llamados *folículos poliovulares*, tienen índices reducidos de fecundación y supervivencia embrionaria.

Los ratones y ratas de laboratorio expuestos durante el período de formación de los ovarios a sustancias estrogénicas, como el DES, el bisfenol A, la genisteína o el etinil estradiol (el estrógeno sintético utilizado en las pastillas anticonceptivas), también desarrollan folículos poliovulares. Algunas mujeres desarrollan folículos poliovulares pero no se ha estudiado la asociación de esos casos con la exposición de esas mujeres a sustancias estrogénicas. Sin embargo, los datos provenientes de estudios en animales y observaciones de la fauna silvestre indican la necesidad de investigar esa relación.

Los óvulos de las nietas se ven alterados por la exposición de las madres a niveles ambientales de bisfenol A en el vientre materno de las abuelas.

Pete Myers

Folículos ováricos Un único óvulo rodeado por capas de dos tipos de células encargadas de producir las hormonas estrógeno y progesterona, y nutrir al óvulo mientras éste madura durante el ciclo menstrual.

La exposición a sustancias estrogénicas durante el desarrollo fetal también puede dañar la calidad genética de los folículos ováricos. Por ejemplo, un estudio reciente indica que, cuando se expone a ratones en desarrollo a niveles de bisfenol A detectados comúnmente en seres humanos, casi la mitad de los óvulos que ovulan en etapas posteriores de la vida tienen **anormalidades cromosómicas**. Los embriones que se desarrollan a partir de esos óvulos también tienen ese defecto genético. Las anormalidades cromosómicas representan la principal causa de abortos espontáneos, defectos congénitos y retraso mental en el ser humano.

Se trata de estudios recientes y no se sabe si esos defectos también se están produciendo en el ser humano. Sin embargo, se ha observado una asociación entre la exposición al bisfenol A y los abortos espontáneos recurrentes en el ser humano. La ciencia todavía no ha determinado si otras sustancias químicas de comportamiento similar que interfieren en las señales estrogénicas pueden dañar la calidad genética de los folículos ováricos, pero los patrones e indicios observados señalan que es probable que así sea.

Pubertad temprana o tardía

La pubertad inicia una serie de sucesos biológicos y cambios hormonales coordinados que llevan a la capacidad de procrear. La edad a la que una niña alcanza la pubertad constituye un factor de riesgo de desarrollar enfermedades influenciadas por las hormonas que se producen en mayores cantidades a partir de la madurez sexual. Por ejemplo, la duración de la exposición al estrógeno representa un factor de riesgo de cáncer de mama: Cuanto antes se alcanza la pubertad (y comienza la producción de estrógeno), más prolongada es la exposición de la mujer

Anormalidades cromosómicas Frase utilizada para describir problemas en el número o la estructura de los cromosomas (las estructuras que contienen la información genética en las células). Se trata de problemas que pueden heredarse o producirse de manera espontánea en un individuo. Las anormalidades cromosómicas causan problemas con la información genética de las células: Los genes pueden estar ausentes o duplicados o ubicados en el lugar o en el orden equivocado. Esos problemas no permiten que las células funcionen normalmente y pueden causar diversas consecuencias sobre la salud.

al estrógeno y más elevado su riesgo de desarrollar cáncer de mama. Son cada vez más numerosas las pruebas que indican que, en los Estados Unidos, las niñas llegan a la pubertad a edades cada vez más tempranas, lo que ha hecho que se preste atención a la exposición de las niñas a sustancias químicas que podrían alterar negativamente los tiempos del desarrollo sexual. Las investigaciones realizadas en laboratorios, así como los estudios de la fauna silvestre, identifican distintas sustancias que pueden acelerar la pubertad en animales, como los plaguicidas DDT, atrazina, vinclozólín y clordecona; los PCB; las dioxinas; los bifenilos polibromados (un tipo de retardante de fuego); el bisfenol A; los alquilfenoles (agentes limpiadores utilizados en detergentes y otros productos de consumo); y el DES. Los estudios realizados recientemente en niñas han observado asociaciones entre la pubertad temprana y la exposición a muchas de esas sustancias químicas, entre ellas los PCB, los bifenilos polibromados, las dioxinas, los ftalatos y los fitoestrógenos (sustancias estrogénicas presentes en alimentos de origen vegetal como legumbres, semillas y cereales). También se sabe que la exposición al plomo demora la pubertad en las niñas. Sin embargo, se ha reducido ese efecto nocivo al eliminar el plomo de la gasolina y los productos de consumo. Es probable que se eluciden más conexiones entre distintas sustancias químicas y los tiempos de la pubertad en el ser humano a medida que avancen las incipientes investigaciones sobre este tema.

Irregularidades del ciclo menstrual

Las irregularidades del ciclo menstrual (como las alteraciones de la duración del ciclo, el sangrado excesivo, la falta de ovulación y las alteraciones del control hormonal del ciclo) pueden causar subfertilidad o infertilidad y también pueden ser un indicio de que existan otros problemas subyacentes relacionados con la salud reproductiva. La exposición a diversas sustancias químicas ha sido asociada con las irregularidades del ciclo menstrual en mujeres adultas. Por ejemplo, las mujeres expuestas al plomo en su lugar de trabajo, así como las que beben agua contaminada con clorodibromometano (una sustancia química que puede generarse cuando se utiliza cloro para desinfectar el agua), tienen ciclos menstruales más cortos y, en el caso del plo-



mo, hemorragias más frecuentes, intensas y prolongadas. Las mujeres expuestas a dioxinas, plaguicidas que alteran el sistema endócrino, PCB o sustancias químicas utilizadas en la fabricación de semiconductores tienen ciclos más prolongados y mayores probabilidades de no menstruar algunos meses. Las mujeres expuestas a varios disruptores endócrinos tienen niveles más reducidos de las hormonas que regulan el ciclo menstrual, como la hormona foliculo estimulante, la progesterona y el estrógeno. Ningún estudio ha investigado aún el efecto que pudiese tener la exposición a disruptores endócrinos durante el desarrollo fetal sobre las irregularidades del ciclo menstrual en etapas posteriores de la vida.

Menopausia prematura

La menopausia comienza cuando los ovarios dejan de transformar folículos ováricos en óvulos que estén maduros y listos para la ovulación y fecundación. Por lo general, la menopausia comienza entre los 45 y los 55 años de edad. La menopausia prematura se produce cuando la mujer entra en la menopausia antes de los 40 años. La menopausia prematura refleja un problema relacionado con la reserva de folículos ováricos o con la capacidad de los ovarios de mantener el proceso de desarrollar folículos ováricos y convertirlos en óvulos maduros.

Apenas se ha comenzado a entender el papel que desempeña la exposición a sustancias químicas en las alteraciones relacionadas con el comienzo de la menopausia. Se sabe que los tratamientos de quimioterapia pueden desencadenar la menopausia de manera temporal o permanente y que las mujeres expuestas a dioxinas, DDT, DDE u otros plaguicidas, así como las mujeres que fuman, entran en la menopausia a edades más tempranas. Se ha comprobado en estudios realizados en animales y seres humanos que la sustancia química benzopireno, presente en el humo de cigarrillo, destruye folículos ováricos. Los estudios de animales proporcionan pistas acerca de la manera en que ciertas sustancias podrían provocar la menopausia temprana en el ser humano. Por ejemplo, si se expone a ratones hembra al plomo, se impide que sus folículos ováricos se desarrollen y produzcan óvulos maduros. Asimismo, al exponer a roedores y conejos a una

variedad de sustancias químicas, sus folículos ováricos se destruyen antes de comenzar a desarrollarse y madurar óvulos. Entre esas sustancias se encuentran el mancozeb (un plaguicida), el ácido dibromoacético (una sustancia que puede generarse cuando se utiliza cloro para desinfectar el agua), los hidrocarburos aromáticos policíclicos (un grupo de sustancias que se generan durante la combustión incompleta de carbón, petróleo, gas natural, basura, cigarrillos o carne asada), ciclofosfamida (un medicamento utilizado en tratamientos de quimioterapia) y el diepóxido de 4-vinilciclohexano (una sustancia industrial). Es necesario investigar si esas sustancias agotan la reserva de folículos ováricos o interfieren en el proceso de maduración folicular en la mujer.

La exposición a sustancias químicas y la salud reproductiva del varón

El desarrollo del sistema reproductivo masculino depende de que el feto produzca suficientes cantidades de andrógenos (hormonas masculinas) como la testosterona, la dihidrotestosterona, la hormona antimuleriana y la hormona insulinosímil 3. La hormona antimuleriana evita el desarrollo de tejidos que de otro modo se convertirían en el sistema reproductivo femenino. Las otras hormonas llevan a que los tejidos restantes se transformen en el sistema reproductor masculino. La testosterona es fundamental para el desarrollo del sistema de conductos que transportan el esperma. También constituye la materia prima para la producción de dihidrotestosterona, que es fundamental en el desarrollo del pene, el escroto y la próstata, y que, junto con la hormona insulinosímil 3, provoca el descenso de los testículos al escroto.

El feto masculino debe producir cantidades bastante significativas de andrógenos para mantener el desarrollo del sistema reproductor masculino. Por ejemplo, los niveles de testosterona durante la vida fetal alcanzan los dos tercios de los niveles que se observan en el varón adulto. Cualquier factor que interfiera en la producción de andrógenos puede alterar el desarrollo del sistema reproductor masculino. En el varón adulto, los andrógenos y otras hormonas endócrinas son necesarios para mantener la producción de esperma.

La exposición a sustancias químicas puede causar distintos efectos en la salud reproductiva masculina al interferir en la producción y comunicación hormonal, al alterar la programación de la expresión genética, o al dañar o destruir células vitales, para nombrar alguno de los mecanismos. Esos efectos ocasionados abarcan desde trastornos sutiles en la producción de esperma hasta malformaciones o enfermedades obvias de los órganos reproductivos masculinos.

Síndrome de disgénesis testicular

Los estudios realizados en los últimos diez años indican una conexión entre distintas malformaciones y enfermedades del sistema reproductor masculino, tales como defectos congénitos del pene (**hipospadias**), defectos congénitos de los testículos (**testículos no descendidos**), recuentos bajos de espermatozoides y cáncer de testículo. En el varón, estos trastornos suelen agruparse (en otras palabras, es probable que los varones que padecen uno de estos problemas también sufran de los otros). En la actualidad, se considera que estos cuatro trastornos constituyen síntomas dentro del marco abarcativo del **síndrome de disgénesis testicular** porque se piensa que surgen a partir de la misma causa: Durante las primeras etapas de vida fetal, algo

Aún no sabemos qué causa el 95% de los casos de hipospadia. Y creo que el medio ambiente es la pista de las causas.

Larry Baskin

Hipospadia Un defecto en el desarrollo de la uretra del pene (la uretra es el conducto por el cual se transporta la orina y el semen). La uretra normalmente se extiende a través del largo de todo el pene y la apertura se encuentra en la punta del miembro. En los casos de hipospadia, la apertura se encuentra en el lado inferior del pene o debajo del pene. La hipospadia es el segundo defecto congénito más común en los Estados Unidos y los estudios realizados a nivel nacional indican que el índice de hipospadias ha aumentado más del doble desde la década de 1970.

Testículos no descendidos (criptorquidia) Un defecto congénito en el cual uno o los dos testículos no se desplazan desde la zona cercana a los riñones hasta el escroto durante el desarrollo fetal. Ese proceso de migración ocurre en dos etapas y se considera que cada etapa está controlada por distintas hormonas. Se piensa que la hormona denominada *hormona insulinosímil 3* dirige la primera etapa (en la que los testículos se desplazan desde la zona cercana a los riñones hasta la zona pélvica), que ocurre entre la octava y la décimo quinta semana de gestación. La testosterona controla la segunda etapa (en la que los testículos se desplazan desde la zona pélvica hasta el escroto), que ocurre, en la mayoría de los casos, a más tardar en el séptimo mes de gestación. Los testículos no descendidos representan un factor de riesgo de cáncer de testículo y, de no corregirse quirúrgicamente, un factor de riesgo de recuentos bajos de esperma en etapas posteriores de la vida.

falla en el desarrollo y la organización de dos tipos de células muy importantes de los testículos. Un resultado de este problema es que el feto no produce suficientes hormonas para mantener el desarrollo normal del pene, lo que puede causar hipospadias, o para hacer que los testículos se desplacen por el cuerpo hasta el escroto, lo que causa el trastorno de testículos no descendidos. Un segundo resultado es que las células que mantienen y nutren el desarrollo de espermatozoides no se multiplican en la medida necesaria, lo que limita la capacidad de producir espermatozoides en etapas posteriores de la vida. Los recuentos de espermatozoides también se ven reducidos debido a que las células de los testículos no están organizadas normalmente y esa desorganización destruye células espermáticas de por vida. Si bien se desconocen las causas del cáncer de testículo, los hombres que padecen esa enfermedad tienen el mismo problema de desarrollo y organización de las células en los testículos. Asimismo, los hombres con hipospadia, testículos no descendidos o recuentos bajos de espermatozoides corren un riesgo elevado de desarrollar cáncer de testículo.

Se han identificado algunos de los factores de riesgo del síndrome de disgénesis testicular, como el nacimiento prematuro, la **restricción del crecimiento intrauterino**, el estrés de la madre durante el embarazo y algunos trastornos genéticos poco comunes. Sin embargo, esos problemas son responsables de solo un pequeño porcentaje de los casos de síndrome de disgénesis testicular.

Síndrome de disgénesis testicular Un conjunto de enfermedades y trastornos del sistema reproductor masculino que pueden estar relacionados entre sí y tener una causa común: el desarrollo anormal de los testículos durante el desarrollo fetal. Esas enfermedades y trastornos abarcan la hipospadia, los testículos no descendidos, los recuentos bajos de espermatozoides y el cáncer de testículo.

Restricción del crecimiento intrauterino También llamado *RCIU*. Trastorno en el cual el feto no sigue la tasa de crecimiento normal y, en consecuencia, tiene un tamaño menor que el que se esperaría a su edad gestacional (número de semanas de embarazo). Los bebés que sufren restricción del crecimiento intrauterino suelen tener muy bajo peso, y sus tejidos y órganos pueden estar menos desarrollados. Esos bebés también tienen un riesgo elevado de morir poco después de nacer, de problemas relacionados con el desarrollo y el crecimiento de los sistemas neurológico y reproductivo, y de enfermedades cardiovasculares en etapas posteriores de la vida.

Todos los datos disponibles indican que los recuentos de espermatozoides han disminuido aproximadamente un 1 por ciento por año en los últimos 50 años y los datos recientes señalan que los niveles de testosterona están disminuyendo a un ritmo similar.

Shanna Swan

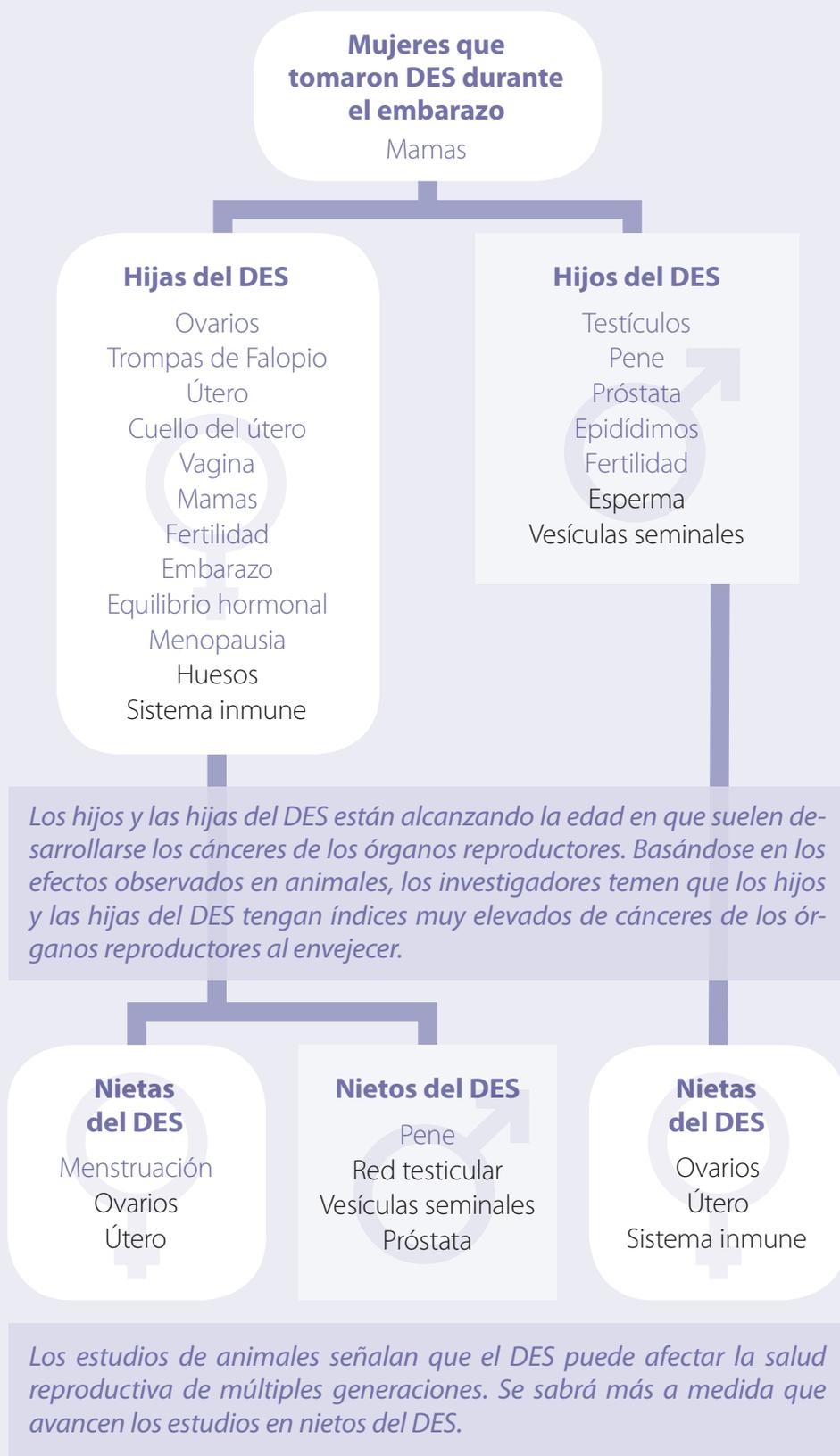
DES: Efectos múltiples en múltiples generaciones

El DES (dietilestilbestrol) es una sustancia química sintética creada en 1938. Si bien se sabía que el DES era sumamente estrógeno y causaba cáncer cuando se lo fabricó por primera vez, el DES fue comercializado como medicamento farmacológico y como estimulante de crecimiento para el ganado.

Entre la década de 1940 y principios de la década de 1970, en los Estados Unidos se recetó DES a 3 millones de mujeres embarazadas con el objetivo de prevenir abortos espontáneos y el nacimiento de mortinatos. (Los estudios posteriores demostraron la ineficacia del DES en la prevención de pérdidas del embarazo.) A principios de la década de 1970, algunas de las hijas de esas mujeres, que se encontraban entonces entre la adolescencia y los 25 años de edad, desarrollaron adenocarcinoma de células claras de vagina y de cuello del útero, un tipo de cáncer que nunca antes se había observado en mujeres jóvenes. Después de que se estableció la asociación con el DES, la Food and Drug Administration (Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos) prohibió que los médicos recetaran DES a las mujeres embarazadas. Sin embargo, para ese momento, entre 5 y 10 millones de personas de los Estados Unidos ya habían estado expuestas al DES, ya sea de adultas o en el vientre materno.

Desde entonces, se han estudiado extensivamente los efectos del DES sobre la salud en animales y en el ser humano. Esta sustancia química se ha convertido en un ejemplo que demuestra cómo la exposición a un disruptor endócrino puede afectar de múltiples maneras a múltiples generaciones.

Funciones y órganos reproductivos afectados al tomar DES durante el embarazo



Morado = efectos observados en el ser humano.

Negro = efectos observados en animales y, por lo tanto, posibles en el ser humano.

También se sabe que la interferencia en la producción de testosterona o en la capacidad de esta hormona de desencadenar respuestas en las células necesarias para el desarrollo causa los trastornos de la disgénesis testicular. Por lo tanto, se presta ahora cada vez más atención al papel que juegan los disruptores endócrinos dado que se ha demostrado que alteran la producción o función de las hormonas y afectan el desarrollo de los testículos y del sistema reproductor masculino en animales de laboratorio y en poblaciones de la fauna silvestre. Por ejemplo, los roedores expuestos durante el desarrollo fetal al DDE, el DDT, el vinclozólín, los PCB, el bisfenol A, los ftalatos, el DES, la flutamida (un medicamento anti androgénico utilizado para tratar el cáncer de próstata) o el etinil estradiol desarrollan hipospadias, testículos no descendidos, recuentos bajos de espermatozoides, tumores testiculares y **hermafroditismo**. Los caimanes del contaminado lago Apopka tienen penes anormalmente pequeños. Asimismo, el alto índice de testículos no descendidos que se observa en la población de panteras de la Florida se debe posiblemente a la exposición a DDE acumulado en el cuerpo de las presas de las que se alimentan. Recientemente, los efectos nocivos de los ftalatos en roedores también se han observado en primates no humanos expuestos a esas sustancias. También existen pruebas de que, al menos en el caso de una de esas sustancias químicas, esos efectos nocivos se transmiten a las siguientes generaciones de machos.

Las nuevas investigaciones estudian ahora la relación entre los disruptores endócrinos y el síndrome de disgénesis testicular en el ser humano. Los bebés varones hijos de madres con niveles elevados de ftalatos en la orina durante el embarazo tienen una probabilidad elevada de presentar casos de **distancia anogenital** reducida (una medida fisiológica que indica bajos niveles de producción o función de testosterona y un riesgo elevado de desarrollar trastor-

Hermafroditismo Trastorno en el cual ya sea el sexo genético de un animal no concuerda con los órganos sexuales desarrollados o los órganos sexuales desarrollados no son completamente masculinos o femeninos. Por ejemplo, un animal genéticamente femenino puede desarrollar testículos, un tracto reproductivo masculino o genitales externos masculinos. Asimismo, los testículos de un animal genéticamente masculino pueden generar tanto espermatozoides como óvulos.

nos del síndrome de disgénesis testicular). En ese estudio, los bebés que presentaban distancias anogenitales reducidas también tenían mayores probabilidades de tener testículos no descendidos y un pene de menor volumen. Asimismo, la exposición de los padres a plaguicidas, ya sea en el entorno laboral o por vivir en los alrededores de campos agrícolas, ha sido asociada a índices elevados de testículos no descendidos y se ha observado que las madres de hijos adultos con cáncer de testículo tienen niveles elevados de PCB.

Calidad del semen

En 1977, se descubrió que una cantidad anormal de hombres que trabajaban en una fábrica de dibromocloropropano (un plaguicida también llamado *DBCP*) de California eran subfértiles o infértiles. Producían muy pocos espermatozoides o ninguno en absoluto y los espermatozoides producidos tenían defectos genéticos. Las esposas de los trabajadores expuestos presentaban altos índices de pérdidas de embarazo y las parejas solían tener más niñas de lo normal. El descubrimiento de que el *DBCP* era sumamente tóxico para el esperma creó consciencia de que las sustancias químicas pueden afectar la reproducción humana.

Desde entonces, se ha demostrado que una gran variedad de sustancias industriales y agrícolas producen efectos nocivos en la reproducción masculina en animales y en el ser humano. Por ejemplo, se ha vinculado la exposición a los metales cadmio y plomo con problemas de baja calidad del esperma. Los hombres expuestos a los PCB tienen recuentos de esperma reducidos y problemas de calidad del esperma, y esos trastornos parecen transmitirse a los hijos varones cuando los niveles de exposición son elevados. Los hombres con altos niveles de los plaguicidas atrazina,

Distancia anogenital Medida del largo del perineo (área del cuerpo que se encuentra entre el ano y los genitales). Durante el desarrollo masculino, la hormona testosterona hace que el perineo se elongue como parte normal del desarrollo de los órganos sexuales masculinos y, en consecuencia, la distancia anogenital tanto en los varones como en los roedores macho mide el doble que en las mujeres y los roedores hembra. Los investigadores estudian la distancia anogenital porque representa una medida sensible que indica si una sustancia química ha interferido en la producción o la acción de la testosterona durante el desarrollo fetal.



alacloro o diazinón en la orina tienen recuentos de espermatozoides reducidos y semen de baja calidad. Se sabe que la exposición al plaguicida atrazina aumenta la conversión de testosterona a estrógeno y disminuye los niveles de testosterona. En consecuencia, los anfibios y roedores macho expuestos a niveles de atrazina comúnmente observados en el medio ambiente se ven desmasculinizados (debido a la disminución de testosterona) y feminizados (debido a los niveles elevados de estrógeno). Los efectos abarcan desde recuentos bajos de espermatozoides hasta el crecimiento de óvulos en vez de espermatozoides en los testículos o el hermafroditismo obvio. Los problemas de calidad del semen, la fertilidad reducida, y la pérdida fetal en animales y en el ser humano han sido asociados a la exposición al bisfenol A, los ftalatos, el óxido de etileno, los éteres de glicoles, los **solventes**, el humo de tabaco, los plaguicidas (DDT, vinclozólín), los PCB y las dioxinas. Los daños ocasionados por la exposición a algunas sustancias, como el plomo y el vinclozólín, pueden transmitirse a las siguientes generaciones.

Cáncer de próstata

Los estudios recientes sobre la relación entre la exposición a sustancias químicas y el cáncer de próstata presentan otro ejemplo de la manera en que la exposición a estas sustancias durante el desarrollo fetal puede alterar permanentemente la expresión genética y, por lo tanto, aumentar la susceptibilidad a enfermedades. La próstata en desarrollo es sumamente sensible al estrógeno. Se sabe que la exposición de animales a altos niveles de sustancias estrogénicas altera el desarrollo de la próstata y aumenta el riesgo, en etapas posteriores de la vida, de desarrollar tumores precancerosos que se forman y crecen en respuesta al estrógeno. (Tanto el varón como los animales macho producen más estrógeno en etapas posteriores de la vida como parte del proceso normal de envejecimiento.) Algunos estudios recientes investigaron si los niveles de expo-

Solventes Líquidos que disuelven otras sustancias líquidas, sólidas o gaseosas. Los solventes suelen, por lo general, utilizarse para limpiar. Por ejemplo, se utilizan en el proceso de limpieza a seco, en quitamanchas, detergentes, diluyentes de pinturas, quitaesmalte para las uñas y en perfumes. Se utilizan comúnmente en distintas industrias para quitar el aceite o la grasa de metales y electrónicos.

sición a sustancias estrogénicas a los que típicamente se ven expuestos los seres humanos también pueden alterar el desarrollo de la próstata y aumentar el riesgo de tumores precancerosos. La respuesta es que sí. La exposición de animales en desarrollo a niveles de bisfenol A detectados en seres humanos produce los mismos efectos que la exposición a altos niveles de esa sustancia en estudios de animales: alteraciones permanentes en la manera en que los genes de las células de la próstata responden al estrógeno, lo que lleva a que los animales tengan una alta susceptibilidad a desarrollar tumores precancerosos en etapas posteriores de la vida. Los índices de cáncer de próstata en el hombre han aumentado un 76 por ciento en los últimos 30 años. No se ha investigado aún la posible contribución de la exposición a sustancias estrogénicas durante el desarrollo fetal con respecto a la incidencia cada vez mayor de esta enfermedad.

La exposición a sustancias químicas, la fertilidad y el embarazo

Los estudios en seres humanos sobre la exposición a sustancias químicas y la fertilidad y el embarazo suelen concentrarse en medidas amplias de salud, como la infertilidad (incapacidad de concebir o llevar un embarazo a término), la reducción de la fertilidad (dificultad para concebir), los abortos espontáneos, el nacimiento prematuro y la restricción del crecimiento intrauterino, en vez de investigar efectos específicos, como la incapacidad del embrión de implantarse en el útero. Aunque no identifiquen los procesos biológicos específicos afectados, esos estudios señalan una conclusión importante: si la exposición a una sustancia química dificulta la concepción o la supervivencia y el desarrollo saludable del feto.

La fertilidad suele evaluarse considerando cuánto tiempo tardan las parejas en concebir. Se considera que las búsquedas del embarazo prolongadas representan un indicio de reducción de la fertilidad y han sido asociadas con el hábito de fumar y la exposición al humo de tabaco ambiental; los entornos ocupacionales en los que se aplican plaguicidas o se trabaja con esas sustancias; la exposición a metales como el cadmio o el plomo; los trabajos en los que se utilizan solventes orgánicos (sustancias químicas utilizadas para disolver otros compuestos) o formaldehído (una sustancia utilizada en

Los estudios recientes demuestran que la contaminación del aire está asociada a índices elevados de abortos espontáneos, bajo peso al nacer y otros resultados reproductivos adversos.

Linda Birnbaum

la fabricación de papel, paneles de fibra de madera y resinas); los trabajos de la industria de semiconductores; y la exposición al aire contaminado. La reducción de la fertilidad también parece estar asociada a la exposición a disruptores endócrinos, como los PCB, el DDT y el DDE, pero es necesario confirmar esa conexión.

Los conocimientos sobre las sustancias químicas y otros factores de riesgo relacionados con los abortos espontáneos están limitados por nuestra incapacidad de identificar y estudiar aproximadamente un 30 por ciento de los abortos espontáneos, especialmente los que ocurren durante las primeras dos semanas posteriores a la concepción. No obstante, muchas de las mismas sustancias asociadas a la reducción de la fertilidad, como el plomo, los plaguicidas, el DDE y el formaldehído, también han sido vinculadas con los abortos espontáneos. También se han asociado los abortos espontáneos a la exposición a hidrocarburos clorados, un conjunto numeroso de sustancias que contaminan el medio ambiente y que abarca sustancias químicas industriales, como los PCB, y plaguicidas, como el DDT. Los estudios recientes realizados en animales indican que la exposición a sustancias químicas, como el bisfenol A, también podrían causar anomalías cromosómicas (defectos genéticos graves) en el embrión. Las anomalías cromosómicas constituyen la principal causa conocida de los abortos espontáneos y se considera que explican al menos el 50 por ciento de los abortos espontáneos durante el primer trimestre de embarazo y, según se calcula, un 15 y un 5 por ciento respectivamente de las pérdidas fetales del segundo y el tercer trimestre. Por lo tanto, la exposición a sustancias químicas podría estar involucrada en las causas genéticas y no genéticas de los abortos espontáneos.

El nacimiento prematuro (cuando el nacimiento se produce antes de la trigésimo séptima semana de gestación) representa la causa principal de muerte durante el primer mes de vida así como la principal causa de problemas de salud en etapas posteriores de la vida. Asimismo, los bebés que sufren restricción del crecimiento intrauterino tienen índices elevados de diabetes, obesidad y enfermedades cardíacas al crecer. También tienen mayores probabilidades de tener trastornos en el desarrollo del sistema reproductivo. Por ejemplo, las niñas que sufren de restricción del crecimiento intrauterino tienen más

probabilidades de tener ovarios más pequeños y menos desarrollados que, en etapas posteriores de la vida, no responden correctamente a las señales hormonales que dirigen la ovulación. En consecuencia, esas mujeres tienen una mayor frecuencia de ciclos menstruales en los que no ovulan. Los varones que sufren restricción del crecimiento intrauterino tienen más probabilidades de nacer con testículos no descendidos o hipospadias. En etapas posteriores de la vida, tienen más probabilidades de tener recuentos de espermatozoides reducidos y un riesgo elevado de desarrollar cáncer de testículo.

Se sabe que el hábito de fumar, la exposición al humo de tabaco ambiental y el consumo de alcohol causan nacimientos prematuros, restricción del crecimiento intrauterino y bajo peso al nacer. También se ha asociado el nacimiento prematuro con la exposición al plomo, el aire contaminado, el benceno, el óxido de etileno, el DDT y el DDE, los plaguicidas organofosforados y el DES. Entre las sustancias que han sido vinculadas con la restricción del crecimiento intrauterino o el bajo peso al nacer se encuentran el aire contaminado, algunos metales (arsénico, plomo, mercurio), plaguicidas (atrazina, clorpirifos, diazinón, DDT, DDE, lindano, metolaclo, pentaclorofenol), sustancias que se forman cuando se utiliza cloro para desinfectar el agua, los PCB y sustancias industriales (tolueno, dicloroetano y otros solventes).

En nuestra clínica, vemos que las mujeres expuestas al humo de tabaco ambiental muestran tantos problemas de fertilidad como las mujeres que fuman.

Warren Foster

Lo que podemos hacer

La Cumbre sobre los Impactos Ambientales en la Salud Reproductiva y la Fertilidad reunió a representantes de una amplia gama de disciplinas

capaces de contribuir al mejoramiento de la salud reproductiva y el medio ambiente. Los investigadores de las áreas de estudios clínicos, estudios de ciencia básica, y estudios de animales y seres humanos crean, analizan y comunican los conocimientos científicos. Los profesionales de la salud son mensajeros respetados que tratan a las personas que puedan verse afectadas. Los medios de comunicación informan al público. Los grupos comunitarios prestan testimonio de la exposición a sustancias químicas y ofrecen su experiencia en la lucha contra la contaminación y la exposición a esas sustancias. También proporcionan a los investigadores información y su participación en proyectos conjuntos. Los grupos de defensa se conectan con comunidades de ciudadanos afectados, profesionales del área de creación de políticas y científicos para promover mejoras en las leyes y políticas pertinentes. Los legisladores y los profesionales del área de políticas crean y modifican leyes y normas para proteger la salud basándose en la labor de los científicos, los investigadores del área de políticas y los grupos de defensa ciudadana. Las dependencias gubernamentales aplican las leyes y proporcionan fondos para la investigación a fin de dar forma a este proceso. Trabajando conjuntamente durante la *Cumbre*, los participantes de estos campos redactaron una serie de recomendaciones con vistas a crear un medio ambiente más saludable para la fertilidad y la reproducción, concentrándose específicamente en las siguientes áreas: cómo expandir el conocimiento sobre los efectos nocivos de la exposición a sustancias químicas; cómo hacer que los conocimientos científicos lleven a que se tomen medidas para reducir la exposición a estas sustancias; y cómo fortalecer las protecciones gubernamentales.



Este es el pedido a la rama de la biología general: Debemos identificar y entender los patrones normales antes de poder realmente entender cómo el medio ambiente afecta nuestra salud.

Lou Guillette

Expandir los conocimientos

Hemos aprendido bastante acerca de la manera en que la exposición a sustancias químicas puede afectar la fertilidad, la reproducción y el desarrollo. Sin embargo, todavía existen muchos interrogantes pendientes. ¿Hemos investigado completamente si las sustancias químicas afectan el desarrollo, incluyendo las consecuencias a largo plazo de la exposición en el vientre materno y durante la primera infancia? ¿Sabemos lo suficiente acerca de las sustancias químicas evaluadas? ¿Cuál es el daño potencial que pueden causar las sustancias químicas no estudiadas? Se trata de solo algunas de las preguntas que se plantean los científicos. Es necesario expandir los conocimientos existentes acerca del impacto que tienen las sustancias químicas sobre la salud para poder prevenir y tratar en mayor medida las enfermedades y trastornos asociados. Mientras tanto, las brechas en nuestros conocimientos no deben evitar que apoyemos las medidas políticas dirigidas a prevenir la exposición a sustancias químicas, especialmente porque las pruebas existentes son suficientes para justificar tales medidas.

Las siguientes medidas promoverán la investigación y los conocimientos en el área de salud reproductiva y medio ambiente:

Continuar expandiendo nuestro entendimiento de la biología básica. Entender los procesos biológicos de la reproducción y el desarrollo (los pasos que deben ocurrir y los factores que guían esos pasos) mejora nuestra capacidad de identificar los efectos tóxicos potenciales de la exposición a sustancias químicas en distintas etapas del desarrollo y de la vida. Esos conocimientos ayudan a los investigadores que realizan estudios en animales y seres humanos a diseñar esos estudios: Les indican qué momentos de exposición considerar, qué tipos de efectos esperar y cuándo esperarlos. Existen varios interrogantes de gran valor para los investigadores en este momento, específicamente: ¿Cómo interactúan y se influyen mutuamente los sistemas biológicos que regulan el embarazo, el desarrollo y la reproducción? ¿Cuáles son todos los factores que controlan y guían el desarrollo masculino y femenino? ¿Cuáles son los momentos del desarrollo más susceptibles a la exposición a sustancias químicas?

Mejorar las mediciones de la salud reproductiva y las exposiciones a sustancias químicas. Necesitamos mejores

maneras de identificar problemas y llevar un seguimiento de la salud reproductiva y del desarrollo. Por ejemplo, desarrollar una manera de medir la calidad genética de los espermatozoides y los óvulos, o de detectar el embarazo en el momento en que se produce aumentará nuestra capacidad de evaluar efectos nocivos, en especial en cuanto a las pérdidas tempranas del embarazo. Algunas enfermedades, como el cáncer de próstata, tardan décadas en desarrollarse, pero podrían estar causadas, en parte, por la exposición a sustancias químicas que corrompen la programación de la expresión genética durante la vida fetal u otras etapas de desarrollo. Crear mecanismos para evaluar si la expresión genética ha sido alterada por sustancias químicas facilitará en gran medida entender la conexión entre la exposición a sustancias químicas durante las etapas tempranas del desarrollo y las enfermedades que surgen en etapas posteriores de la vida. Desarrollar métodos de detección temprana de la exposición a sustancias nocivas también nos alertará con respecto a niveles de riesgo potencialmente elevados en etapas posteriores de la vida y a la necesidad de realizar análisis o tratamientos preventivos.

Asimismo, necesitamos mayor información acerca de todos los aspectos de la exposición a sustancias químicas. Existen aproximadamente 87.000 sustancias químicas registradas para su uso comercial, pero solo contamos con técnicas para medir poco más de 200 de esas sustancias en nuestro cuerpo. ¿Qué sustancias se encuentran en el aire, el agua, los alimentos y los productos de consumo? ¿Qué cantidades ingresan en nuestro cuerpo? ¿Cuáles son las principales fuentes de exposición del ser humano? Los avances en cuanto a la capacidad de medir la exposición a todas las sustancias utilizadas en nuestro entorno darán forma y fortalecerán las investigaciones en el área de la salud. Esos conocimientos ayudarán a evaluar si las normas que rigen las sustancias químicas previenen de manera eficaz la contaminación ambiental y humana.

Considerar los momentos en que se produce la exposición y los efectos provocados. La exposición a sustancias químicas en distintas etapas del desarrollo o de la vida puede provocar efectos de diferentes tipos y distinta gravedad. La misma sustancia puede ocasionar efectos leves o graves dependiendo de si la exposición ocurre durante una etapa de desarrollo susceptible a los efectos nocivos. Asimismo, los

efectos causados por la exposición pueden manifestarse inmediatamente o en etapas de la vida muy posteriores. Algunas exposiciones no afectarán a las mujeres ni los hombres expuestos pero sí a sus hijos y nietos.

Si hemos de catalogar completamente la toxicidad de una sustancia, resulta necesario considerar un marco temporal expansivo dentro del cual ocurran la exposición y sus efectos. También es necesario considerar la gama completa de sistemas que pueden verse afectados dependiendo del momento en que ocurre la exposición. Saber qué efectos esperar y en qué momentos esperarlos dará forma y fortalecerá en gran medida los estudios en seres humanos y, de esa manera, ayudará a resolver los urgentes interrogantes acerca del impacto de la exposición a sustancias químicas sobre nuestra fertilidad y salud reproductiva.

Mejorar los métodos para estudiar mezclas de sustancias. Los seres humanos nos vemos expuestos a muchas sustancias químicas a la vez, pero, sin embargo, los investigadores han casi siempre estudiado los efectos de la exposición a solo una sustancia por vez. Las sustancias interactúan entre sí y producen efectos más o menos nocivos de lo que se podría predecir basándose en los estudios de la exposición a una sola sustancia. Por lo tanto, para entender cómo afectan nuestra salud reproductiva las exposiciones que sufrimos, debemos expandir los estudios en animales y seres humanos, y concentrarnos en la exposición a mezclas de sustancias químicas. Será necesario desarrollar y expandir los métodos estadísticos a fin de apoyar esta área de investigación nueva y mucho más compleja.

Estudiar todas las etapas de la vida. Ahora se sabe que la exposición a sustancias en el vientre materno puede no ocasionar daños sino hasta mucho después, en la adolescencia, la adultez o la tercera edad. Los efectos de la exposición en el vientre materno podrían también afectar a nuestros hijos o los hijos de nuestros hijos. Por lo tanto, debemos estudiar a los animales, la fauna silvestre y los seres humanos durante el tiempo suficiente para hacer un seguimiento a lo largo de las distintas etapas de la vida y en el transcurso de varias generaciones. Esos tipos de estudios, denominados *estudios longitudinales*, son intensivos en cuanto al tiempo y los recursos que

Debemos evaluar los efectos de las mezclas complejas de sustancias químicas a las que estamos expuestos todos los días.

Pauline Mendola

exigen, pero es imperativo apoyarlos. La colaboración entre investigadores interesados en estudiar las distintas etapas de la vida permitirá maximizar el aprendizaje.

Identificar indicadores tempranos de los efectos nocivos.

Con demasiada frecuencia, las políticas dependen de observar graves efectos sobre la salud debido a la exposición a sustancias químicas antes de tomar medidas preventivas. En algunos casos, se exigen pruebas observadas en seres humanos además de estudios realizados en animales, lo que solo posterga la aplicación de medidas y aumenta el sufrimiento potencial. Necesitamos un programa de investigación que identifique indicadores tempranos de los efectos nocivos en el ser humano. Esa información puede utilizarse para desarrollar políticas que prevengan las exposiciones problemáticas antes de que se sufran las consecuencias en la salud humana.

Investigar el contexto ecológico de la reproducción.

La fertilidad y el éxito reproductivo están determinados por interacciones complejas entre distintos factores personales y ambientales. Las características genéticas, la edad, los agentes infecciosos, la nutrición, el estado físico, los comportamientos relacionados con el estilo de vida, el consumo de medicamentos, las circunstancias sociales y el estrés contribuyen, junto con la exposición a sustancias químicas, al éxito o al fracaso reproductivo. Los animales que estudiamos no se diferencian en cuanto a esas características, por lo que resulta más fácil que los experimentos proporcionen una evaluación precisa de los efectos nocivos de las sustancias químicas. Comparados con los animales de laboratorio, los seres humanos presentan variedad genética, tienen dietas y rutinas de actividad física muy distintas, se reproducen a distintas edades, y están expuestos a distintos agentes infecciosos y niveles de estrés y apoyo social. Los estudios que investigan los efectos de las sustancias químicas sobre la fertilidad y la reproducción en el ser humano deben considerar esas diferencias para poder identificar relaciones significativas y alcanzar las conclusiones más precisas.

Investigar las disparidades raciales en cuanto a la salud reproductiva.

Los investigadores han identificado diferencias significativas en la salud reproductiva entre distintos grupos raciales y étnicos de los Estados Unidos. Por ejemplo,

Que los profesionales de la salud atiendan a pacientes afectados por la exposición a sustancias químicas en sus clínicas significa que hemos fracasado en la prevención.

Linda Birnbaum

Las características genéticas, la exposición a sustancias químicas, los agentes infecciosos, la alimentación y las circunstancias sociales crean, en su conjunto, un contexto en el que la reproducción triunfa o fracasa.

Ted Schettler

comparados con otros grupos raciales, las mujeres afroamericanas tienen más probabilidades de tener bebés prematuros o de bajo peso al nacer, los hombres afroamericanos tienen índices elevados de cáncer de próstata y las niñas afroamericanas llegan a la pubertad a edades aún más tempranas que otras niñas. También existen diferencias raciales y étnicas en cuanto a la exposición a sustancias químicas. Las industrias contaminantes suelen estar ubicadas en zonas donde viven, trabajan o van a la escuela distintos grupos minoritarios, o en los alrededores de esas zonas. La mayor exposición a sustancias químicas también puede estar determinada por diferencias en cuanto al uso de productos de consumo y de higiene y cuidado personal.

Las causas de las desigualdades raciales y étnicas en lo referente a la salud reproductiva no han sido identificadas aún pero podrían incluir diferencias en cuanto al estilo de vida, las circunstancias sociales o la exposición a sustancias químicas, la combinación de esos factores o alguna otra causa totalmente distinta. La investigación de este tema constituye una inversión valiosa y prometedora. En primer lugar, entender las causas de las desigualdades en cuanto a la salud es un requisito previo a cualquier intento de corregirlas. En segundo lugar, identificar las causas que hacen que un grupo de personas se vea afectado por enfermedades o trastornos mientras otros grupos no sufren esos efectos representa un paso importante para discernir los factores de riesgo en procesos patológicos complejos.

Promover la colaboración y la investigación interdisciplinarias. La fertilidad y la reproducción son procesos complejos que abarcan varios sistemas del organismo y se ven influenciados por diversos factores internos y externos. El nivel de complejidad es tal que llegar a entender el proceso en su totalidad exige la participación de distintos campos de estudio especializados. Tal vez sean necesarios nuevos campos de estudio interdisciplinarios para entender cómo interactúan y se influyen mutuamente los sistemas biológicos involucrados en la fertilidad y la reproducción. Es imperativo aplicar los conocimientos del área de la ciencia básica en los estudios de animales e investigar en el ser humano las conclusiones derivadas de esos estudios. Todos esos pasos exigen que exista una colaboración interdisciplinaria entre científicos que estudian ciencias básicas,

toxicólogos, investigadores clínicos y epidemiólogos con experiencia en todos los aspectos de la salud reproductiva.

Los organismos gubernamentales que proporcionan fondos, las instituciones de investigación y las universidades pueden desempeñar un papel fundamental al apoyar la colaboración en proyectos de investigación. Esas instituciones pueden eliminar obstáculos a la colaboración al otorgar el mismo reconocimiento profesional a los líderes de proyectos que trabajan con becas de centros y programas que a los investigadores principales de programas individuales de investigación. Los organismos que proporcionan fondos también pueden promover la colaboración al ofrecer becas para proyectos de investigación multidisciplinaria y estimular la comunicación y colaboración continuas entre investigadores después de finalizados los proyectos. Esos organismos también tienen una perspectiva amplia y singular de los proyectos de investigación en campos potencialmente relacionados y pueden convocar a actores clave en esos campos para explorar e iniciar nuevos emprendimientos conjuntos.

Las herramientas de comunicación pueden facilitar la colaboración entre investigadores. Durante la *Cumbre*, se recomendaron y establecieron dos herramientas específicas para el campo de salud reproductiva y medio ambiente. La primera es un registro que conecta a los investigadores y los profesionales del área de la salud con las comunidades, los grupos de pacientes y otras personas que necesitan información precisa y comprensible sobre la ciencia de la salud reproductiva y el medio ambiente. La segunda es un espacio para que los investigadores compartan bancos de tejidos, muestras de estudios, conjuntos de datos y otras herramientas de investigación utilizadas en estudios de animales y seres humanos. (Para mayor información sobre estas herramientas, visitar el siguiente sitio: www.healthandenvironment.org/working_groups/fertility)

Resumir los conocimientos científicos

Los investigadores comunican hace décadas el mensaje de que la exposición a sustancias químicas puede afectar la reproducción animal y humana, pero ese mensaje ha llegado solo parcialmente a los oídos del público y los profesionales

Mi investigación en sí, sin importar lo buena que sea, no va a cambiar la conducta del sector industrial; no va a cambiar las normas federales. Lo que va a cambiar todo eso es la gente...

del área de elaboración de políticas. Quienes hemos oído el mensaje podemos intentar evitar las exposiciones potencialmente nocivas en nuestra vida cotidiana. Podemos identificar las mayores fuentes de contaminación industrial en las zonas en las que vivimos. Podemos leer las etiquetas de los productos que compramos. Como trabajadores, podemos seguir los lineamientos de fichas informativas acerca de los riesgos que presentan los materiales a los que estamos expuestos en el trabajo. Sin embargo, esas medidas no ofrecen un nivel de protección suficiente porque las leyes y normas ambientales protegen al comercio de distintas maneras que provocan consecuencias negativas en cuanto a la protección del público y la divulgación de información. Los contaminadores de menor escala escapan al radar de las normas. Las sustancias presentes en productos de consumo consideradas "secretos de fabricación" no tienen que estar incluidas obligatoriamente en las etiquetas de los productos. Las fichas informativas sobre los riesgos de los materiales publican solo una pequeña parte de la información sobre la toxicidad de una sustancia dada. Asimismo, como individuos no podemos protegernos de la contaminación industrial del aire, el agua y los alimentos.

La protección eficaz con respecto a la exposición a sustancias químicas no se puede lograr solamente tomando medidas a nivel individual. Se trata de un problema que exige acción social. Los actores clave en este sentido incluyen a investigadores, profesionales del área de la salud, grupos comunitarios, organizaciones ambientales y de defensa ciudadana y profesionales del área de elaboración de políticas, que deben expresar conjuntamente un mensaje cohesivo y constante basado en los conocimientos científicos.

Para apoyar el desarrollo y el éxito del movimiento de salud reproductiva y medio ambiente, debemos integrar en la vida cotidiana las amplias pruebas que la investigación ha generado en los últimos 20 años. Es necesario construir sobre las bases de la experiencia de campañas de defensa de la salud y el medio ambiente que han logrado resultados positivos en la lucha contra la contaminación, reducido la exposición a sustancias químicas y mejorado la protección pública. Necesitamos desarrollar una estrategia coordinada y crear oportunidades para la colaboración entre personas y grupos que participen en labores relacionadas. Las siguientes medidas

ayudarán a divulgar los conocimientos científicos y crear campañas eficaces para proteger la salud reproductiva:

Aumentar el resumen y la diseminación de conclusiones científicas para así comunicarlas a los grupos interesados y a los actores en el área de elaboración de políticas.

La información científica es de gran valor para los profesionales del área de la salud, los grupos comunitarios y las organizaciones de defensa ciudadana. Sin embargo, es sumamente difícil para esos grupos acceder a esa información. Los investigadores publican artículos muy específicos en publicaciones sumamente especializadas y dirigidas principalmente a otros científicos y no a profesionales de las áreas de la salud y la elaboración de políticas o al público en general. Si bien algunas organizaciones han asumido el desafío de analizar y resumir conocimientos científicos clave (por ejemplo, Our Stolen Future, www.ourstolenfuture.org), se necesita más apoyo institucional independiente para resumir y comunicar la información científica. Los investigadores también pueden contribuir en gran medida con los proyectos de divulgación científica al enmarcar su trabajo de manera que resuene en públicos clave (profesionales de las áreas de la salud y la elaboración de políticas, y el público en general) y al trabajar con periodistas para comunicar temas complejos de manera clara y basada en los conocimientos científicos. Los científicos lograrán un mayor impacto si formulan claramente el significado de sus investigaciones, explican cómo sus observaciones encajan dentro del contexto de la fertilidad y la enfermedad, y describen cómo sus estudios se relacionan con descubrimientos científicos anteriores y otros estudios actuales sobre el tema específico.

El apoyo de proyectos que creen herramientas eficaces para resumir los conocimientos científicos y comunicarlos a públicos más amplios es fundamental, dado que esas herramientas ayudarán a desatar el potencial de la ciencia de impulsar medidas políticas, sociales e individuales.

Proporcionar un espacio para que los grupos de defensa de la justicia ambiental ofrezcan su experiencia y coordinen estrategias. Los grupos comunitarios y de justicia ambiental han desarrollado la valiosa capacidad de reducir o prevenir la contaminación industrial en sus comunidades. Por ejemplo, han logrado reducir o eliminar el uso de sustancias

Eso significa que los científicos debemos saber comunicarnos con el público. Y, la verdad sea dicha, no sabemos hacerlo. Sabemos hablar entre nosotros. No sabemos hablar con el público.

Pat Hunt

A la sombra del Valle Químico

Pensábamos que era normal.

Pensábamos que siete abortos espontáneos eran algo normal.

Pensábamos que la gran cantidad de problemas respiratorios (un 40 por ciento de nuestra comunidad necesita un inhalador para respirar) era algo normal.

Pensábamos que el estallido de las sirenas de alarma a la mitad de la noche era algo normal.

Pensábamos que si los zapatos se nos teñían de anaranjado en la primavera al derretirse la nieve y al caer las sustancias químicas sobre la hierba, eso también era algo normal.

No lo es.

— Ronald Plain, Aamjiwnaang First Nation

La comunidad de 850 personas de la Primera Nación indígena de Aamjiwnaang vive a la sombra de lo que se ha denominado *Chemical Valley* (o *Valle químico*) en la ciudad canadiense de Sarnia, en Ontario (aproximadamente una hora al norte de Detroit, Michigan, Estados Unidos). Cada año, 52 establecimientos industriales canadienses y estadounidenses ubicados en un radio de 10 kilómetros (6,2 millas) con respecto a esta comunidad contaminan el aire con más de 10 millones de kilos (23 millones de libras) de sustancias de las que se sospecha que causan problemas reproductivos y del desarrollo así como más de 410.000 kilos (900.000 libras) de sustancias de las que se sabe o sospecha que causan cáncer o alteraciones del sistema endócrino. La National Geographic describe al Valle Químico como el lugar más contaminado de América del Norte.

En el verano septentrional de 2004, los investigadores comunicaron una observación alarmante: En los últimos 10 años, habían nacido dos mujeres por cada varón en la comunidad de la Primera Nación Aamjiwnaang. (En contraposición, nacen más varones que mujeres en toda la población canadiense.) Los estudios posteriores revelaron que esta comunidad también tiene índices elevados de abortos espontáneos (39 por ciento comparado con 25 por ciento en la población canadiense en general) y de trastornos severos de la conducta y el aprendizaje (27 por ciento comparado con 4 por ciento en la población canadiense en general).

Esa investigación llamó la atención internacional y ha sido una herramienta de gran valor en los esfuerzos de esta comunidad dirigidos a reducir la contaminación industrial. Ha ayudado al Comité Ambiental Aamjiwnaang a ganar cada batalla desde su fundación. El Comité evitó que la planta de etanol más grande del Canadá se construyera en tierras colindantes a su comunidad y detuvo la expansión de cada uno de los 52 establecimientos industriales de sus alrededores. Para citar las palabras de Ronald Plain, “todo gracias a nuestro esfuerzo y la ayuda de los investigadores”.

químicas, como plaguicidas, en áreas de juego y edificios escolares (Pesticide Education Project, www.pested.org), cerrar incineradores de residuos hospitalarios, una de las principales fuentes conocidas de contaminación por dioxinas (Asian Communities for Reproductive Justice, www.reproductivejustice.org) y convencer a una cadena de tiendas minoristas de colocar advertencias acerca de los niveles peligrosos de mercurio presentes en el pescado que venden (Women's Voices for the Earth, www.womenandenvironment.org). Asimismo, las organizaciones ciudadanas y los grupos de defensa de la salud reproductiva han desarrollado contactos a nivel nacional con medios de comunicación y profesionales del área de elaboración de políticas. Convocar y movilizar con eficacia a redes de personas de todo el país. Proporcionar un espacio para que estos grupos intercambien experiencias y estrategias, identifiquen necesidades y se mantengan comunicados es un paso importante para desarrollar estrategias ciudadanas, coordinadas a nivel nacional, en defensa de la salud reproductiva y el medio ambiente.

Crear proyectos de capacitación sobre la investigación comunitaria. Colaborar con las comunidades en proyectos de investigación ofrece beneficios singulares que son de gran valor para la investigación científica y que permiten que la ciencia lleve al cambio social. Esa colaboración ofrece la oportunidad de estudiar la exposición a sustancias químicas en la vida real en poblaciones motivadas a participar y colaborar en proyectos de investigación. La colaboración promueve el mejoramiento de la salud ambiental al estudiar interrogantes de importancia para las campañas locales y al proporcionar un fundamento científico para la acción comunitaria. La colaboración entre investigadores y comunidades también presenta retos singulares: la necesidad de encontrar un lenguaje en común, de ampliar las metas para abarcar los objetivos de ambos grupos y de expandir la definición del concepto de *conocimientos especializados*, entre otros. Capacitar a los investigadores y los grupos comunitarios para que puedan abordar esos retos apoyará el comienzo y el éxito de más emprendimientos. El apoyo gubernamental de esos proyectos también es esencial para su éxito y crecimiento.

Crear programas y herramientas de capacitación en el área de la salud reproductiva y el medio ambiente dirigidos a profesionales de la salud. Los profesionales de la salud

son respetados y, por lo tanto, son actores valiosos en cuanto a la educación sobre la salud y la representación de los pacientes. Los médicos clínicos pueden notar patrones de enfermedad o trastornos poco comunes en la población de sus pacientes y pueden alertar a las comunidades médica y del área de la salud pública en general con respecto a los indicios de posibles efectos nocivos ocasionados por la exposición a sustancias químicas. Sin embargo, los profesionales del área de salud no reciben capacitación sobre la salud ambiental como parte de su educación profesional básica. No hablan con fluidez el lenguaje de la toxicología o la epidemiología, que son los campos principales del estudio de la salud reproductiva y el medio ambiente. Por lo general, suelen enterarse de los efectos de la exposición a sustancias químicas a partir de las mismas fuentes de información que sus pacientes: los medios de comunicación y la Internet. Por lo tanto, necesitan capacitación y apoyo para empezar a entablar el diálogo con sus pacientes acerca de la exposición a sustancias químicas y la salud, para participar en el área de políticas y para ampliar su capacidad clínica.

Para lograr estos objetivos, las facultades de medicina y enfermería deben proporcionar instrucción sobre salud ambiental y medio ambiente, y los exámenes de acreditación profesional deben evaluar esos conocimientos. En sus congresos, las sociedades médicas y de enfermería deben ofrecer seminarios que capaciten a los profesionales de la salud ya acreditados. A fin de apoyar a los profesionales de la salud interesados en expandir la atención médica que ofrecen incorporando el área de salud reproductiva y medio ambiente en su trabajo, es necesario crear materiales, como carpetas informativas prácticas, guías de referencia, y folletos para pacientes sobre los peligros relacionados con la exposición a sustancias químicas y las maneras de evitarlas. La ciencia de salud reproductiva y medio ambiente se concentra, en gran medida, no en experiencias individuales sino en lo observado en poblaciones de personas, por ejemplo los aumentos en los índices de enfermedades o los cambios en la relación entre el número de mujeres y de varones (la cantidad de varones que nacen en una comunidad comparada con la cantidad de mujeres). Una manera de mejorar la vida de las personas a nivel individual consiste en traer esos conocimientos científicos al consultorio médico y hacer que el área de salud reproductiva y medio ambiente constituya un elemento básico de la atención médica.

Fortalecer las protecciones gubernamentales

El sistema actual de reglamentación de sustancias se basa en la suposición de que las sustancias químicas son inocuas hasta que se demuestre lo contrario y asigna al gobierno la responsabilidad de demostrar cualquier efecto nocivo. Las leyes de etiquetado favorecen, en gran medida, al comercio en detrimento del derecho del usuario a la información acerca de los ingredientes de los productos que compra o con los que trabaja. Los límites de exposición ocupacional favorecen al sector industrial y no protegen la salud reproductiva de los trabajadores o la salud de sus fetos.

Son cada vez más las pruebas que señalan que el sistema de reglamentaciones no logra proteger nuestro cuerpo de la exposición a sustancias químicas ni nuestra fertilidad y salud reproductiva de los efectos nocivos de esas sustancias. Los aumentos en los índices de enfermedades crónicas, como el cáncer de testículo, y la disminución de la calidad del esperma indican que existen motivos para mejorar. El desarrollo reproductivo masculino está en peligro debido a la exposición de la madre embarazada a los ftalatos, mientras que los champúes, las lociones y los productos de plástico blando para bebés continúan la exposición de los niños a esas sustancias después del nacimiento. En los Estados Unidos, el adulto promedio se encuentra expuesto a niveles de dioxinas hasta 20 veces superiores al nivel que provoca endometriosis en el mono.

Asimismo, los estudios científicos recientes señalan que las sustancias químicas pueden cambiar la codificación de los sistemas de mensajes hormonales y alterar permanentemente la expresión genética; que ciertos períodos de desarrollo son especialmente sensibles a los efectos nocivos de las sustancias químicas; y que la exposición en el vientre materno puede provocar enfermedades o trastornos en etapas posteriores de la vida. Sin embargo, los estudios en los que se basan las normas de salud no investigan adecuadamente esos efectos.

Las siguientes recomendaciones mejorarán las protecciones gubernamentales con respecto a la fertilidad y la salud reproductiva:

Aplicar una política nacional abarcativa para la evaluación de las sustancias químicas presentes en el mercado así como de las que aún no han sido introducidas. Los

La gente se acerca y me pregunta: “¿Usted me quiere decir que los productos etiquetados como “para bebés” no son analizados específicamente para determinar si presentan riesgos para los bebés?”

Mary Lou Ballweg

El descubrimiento de que ciertos problemas reproductivos específicos están causados por la exposición a sustancias ambientales y no por características genéticas es una buena noticia porque, de repente, tenemos factores de riesgo modificables en vez de factores de riesgo que no podemos cambiar...

productos farmacéuticos y los plaguicidas deben ser evaluados en cuanto a sus efectos sobre la salud y su inocuidad antes de que el gobierno los registre para su utilización. Sin embargo, las empresas no están obligadas a presentar pruebas de que las sustancias utilizadas en el resto de los productos industriales y de consumo sean inocuas antes ni después de su fabricación y venta. En consecuencia, solo un pequeño porcentaje de las 87.000 sustancias registradas para su utilización en los Estados Unidos han sido evaluadas en cuanto a sus efectos sobre la salud, y esas evaluaciones solo estudian someramente los efectos sobre la salud reproductiva. Por ejemplo, solo el 7 por ciento de las casi 3.000 sustancias de mayor fabricación o importación (volúmenes de más de 1 millón de libras ó 450.000 kilos por año) han sido sometidas a evaluaciones básicas en cuanto a sus efectos sobre la salud y el medio ambiente. Se sabe muy poco sobre la toxicidad de los productos que utilizamos a diario y las sustancias que contaminan nuestro aire, nuestra agua, nuestros alimentos y nuestro cuerpo. Tampoco se sabe exactamente cómo ingresan las sustancias químicas en nuestro organismo, lo que dificulta sobremedida tomar medidas para eliminar la exposición.

Contar con un programa nacional que evalúe todas las sustancias comercializadas en el mercado así como las que aún no han sido introducidas ayudará a cerrar la brecha de información sobre los peligros de las sustancias presentes en el medio ambiente. Ese programa de evaluación deberá estudiar los riesgos para el medio ambiente y la fauna silvestre así como para la salud humana. Se deberán evaluar los efectos de la exposición durante todas las etapas de desarrollo e investigar los efectos durante todo el transcurso de la vida. El programa deberá evaluar o considerar de alguna manera la exposición a mezclas de sustancias, en especial de sustancias que puedan causar efectos nocivos similares. Asimismo, se deberá identificar la capacidad potencial de las sustancias de ingresar en el cuerpo humano. Los conocimientos adquiridos a través de este programa de evaluación apoyarán la elaboración de políticas sólidas y basadas en fundamentos científicos. Asimismo, esos conocimientos mejorarán las fichas informativas (fichas que informan a los trabajadores acerca de los peligros que presentan las sustancias a las que están expuestos) y el etiquetado de los productos de consumo, y así darán lugar a un sector médico y un sector público mejor informados.

Cambiar los factores que desencadenan las políticas de reglamentación de sustancias potencialmente nocivas.

En los Estados Unidos, las normas actuales permiten la utilización de la mayoría de las sustancias sin evaluar su capacidad de provocar efectos nocivos. Asimismo, esas normas no exigen que las empresas realicen ningún tipo de investigación que pudiera generar pruebas de los efectos nocivos de las sustancias químicas, salvo que se trate de sustancias plaguicidas. La falta de investigación e información lleva a que se continúe la producción y el uso de esas sustancias. Incluso cuando el gobierno o los investigadores independientes generan pruebas, prohibir o restringir el uso de sustancias nocivas lleva años y batallas judiciales de gran envergadura.

Una política protectora de la salud pública daría vuelta el paradigma actual. Tomaría medidas de protección cuando existen indicios de efectos nocivos en vez de esperar pruebas absolutas del daño ocasionado. Exigiría información acerca de los efectos sobre la salud de todas las sustancias químicas en uso o registradas para su utilización. Asimismo, ordenaría que se tomaran las medidas más intensivas con respecto a las sustancias químicas de utilización más generalizada sobre las que se tiene menos información.

Incorporar los resultados de las investigaciones del área de salud reproductiva y medio ambiente en las evaluaciones de riesgos y peligros.

Las dependencias gubernamentales que realizan **evaluaciones de riesgos y peligros** han creado una serie de protocolos y directrices para evaluar la información sobre la toxicidad de una sustancia química dada, evaluando la medida en que el ser humano se ve expuesto a la sustancia y calculando su potencial nocivo para la salud pública y ambiental. Para apoyar de manera continua la

No podemos cambiar a nuestros ancestros pero sí podemos cambiar los sistemas agrícolas. Podemos cambiar la política energética. Podemos cambiar los ingredientes del esmalte para uñas.

Sandra Steingraber

Evaluación de riesgos y peligros Procesos de los que se valen los gobiernos federal y estatales para apoyar políticas y normas con respecto a la producción y utilización de sustancias químicas, y la contaminación que éstas generan. El proceso de evaluación de peligros identifica los efectos nocivos que las sustancias químicas ambientales pueden causar en nuestra salud y la salud del medio ambiente, mientras que el proceso de evaluación de riesgos evalúa y calcula las probabilidades de que se produzcan esos efectos. Ambos procesos recaudan y evalúan información sobre la toxicidad de una sustancia química, incluyendo los efectos nocivos que produce y los niveles a los que se producen esos efectos, así como los niveles a los que está expuesto el ser humano.

creación de normas de salud eficaces, las prácticas de evaluación de riesgos y peligros deben evolucionar para mantenerse a la par de los descubrimientos y conocimientos científicos. También deben considerar debidamente las incertidumbres científicas. Los estudios recientes sobre salud reproductiva y medio ambiente han generado un nuevo cuerpo de información y entendimiento aún no incorporado en el proceso de evaluación de riesgos. Por ejemplo, incluso la exposición a dosis bajas puede afectar la salud o la función reproductiva; la exposición a una mezcla de sustancias puede ser más nociva que la exposición a la misma cantidad de una sola sustancia; la exposición durante un momento clave del desarrollo puede tener efectos singulares; y los efectos nocivos de la exposición a sustancias químicas pueden prolongarse a través de múltiples generaciones. Actualizar los protocolos y directrices de la evaluación de riesgos y peligros de manera que reflejen estos y otros descubrimientos científicos ayudará a anclar las normas de salud en fundamentos científicos y así maximizar la protección de la salud pública.

Expandir la información sobre las sustancias químicas presentes en los productos que se entregan a consumidores y trabajadores. El etiquetado de los productos de consumo y el acceso a la información sobre sustancias químicas industriales son insuficientes. Esto se debe, en gran medida, a la existencia de leyes que protegen los secretos de fabricación y otros aspectos de la actividad industrial. En consecuencia, los consumidores no pueden determinar si ciertas sustancias utilizadas en fragancias, como los ftalatos, están presentes en los productos que compran. Tampoco pueden averiguar qué sustancias se encuentran entre los “otros ingredientes” a los que hacen referencia las etiquetas. Los trabajadores no pueden saber la gama completa de sustancias químicas a las que están expuestos en el entorno laboral. Es necesario mejorar las leyes que rigen el derecho a la información de manera que los consumidores y trabajadores tengan acceso a la información acerca de todas las sustancias utilizadas en un producto dado o en su lugar de trabajo.

Corregir las normas de salud ocupacional a fin de proteger la salud de los trabajadores. Las leyes y normas de seguridad ocupacional permiten que los trabajadores se vean expuestos a niveles de sustancias químicas mucho más

altos que los niveles de exposición del público en general. Por ejemplo, pueden estar expuestos a niveles de arsénico aproximadamente 330 veces más altos y niveles de metanol 70 veces superiores. Se sabe que al menos 100 sustancias químicas utilizadas en el comercio dañan la reproducción y se sospecha que otras 250 tienen el mismo efecto.

Se pueden tomar varias medidas para mejorar la protección de los trabajadores con respecto a la exposición a sustancias químicas. En primer lugar, reducir los niveles de exposición ocupacional permisibles con respecto a sustancias que afectan la reproducción y el desarrollo a fin de que se encuentren más a la par de los límites de exposición ambiental. En segundo lugar, cambiar los límites de exposición permisibles de manera de considerar la toxicidad de la exposición a mezclas de sustancias utilizadas en el entorno laboral en vez de a sustancias individuales. En tercer lugar, expandir los procesos de evaluación y monitoreo de exposiciones a sustancias en espacios ocupacionales. Por último, ampliar el acceso a los trabajadores por parte de los investigadores del área de salud ocupacional para que se puedan identificar y corregir los efectos sobre la salud.

Conclusión

Las sustancias químicas constituyen una parte integral de nuestra sociedad. Dependemos de ellas en cada aspecto de la vida cotidiana en tal medida que resulta difícil imaginar nuestra vida sin ellas. Sin embargo, las pruebas de sus efectos nocivos observadas en animales y en nuestra propia especie plantean el interrogante de si la vida puede continuar con ellas.

La *Cumbre sobre los Impactos Ambientales en la Salud Reproductiva y la Fertilidad* reunió a científicos líderes, profesionales del área de la salud, grupos comunitarios, periodistas, profesionales del área de elaboración de políticas y grupos de defensa ciudadana para comenzar a contestar ese interrogante. Los participantes acrecentaron su entendimiento de la ciencia de la salud reproductiva y el medio ambiente, y formularon recomendaciones concretas para continuar el avance en las áreas de investigación, cuidado de la salud, políticas, acción social y protección ocupacional.

Un punto particular se volvió cada vez más claro durante la *Cumbre*: La falta de comunicación podría representar un mayor obstáculo para el progreso que la falta de conocimientos. La gama de actores interesados comprometidos a entender y mejorar el área de salud reproductiva y medio ambiente abarca campos que han estado tradicionalmente separados por brechas institucionales y culturales. Cada uno de esos campos habla un lenguaje distinto y sumamente especializado, y suele comunicarse de una manera que supone que sus interlocutores comparten la misma base de conocimientos especializados en el tema en cuestión.

Superar la falta de marcos de referencia, lenguajes y conocimientos especializados en común así como las barreras culturales requerirá gran esfuerzo y compromiso. Resulta imperativo reunir el valor necesario para salir del área de especialización propia e interactuar con expertos de distintos campos. Igualmente imperativa es la capacidad de incorporar

Tal vez la falta de comunicación represente un obstáculo mayor que la falta de pruebas.

Richard Sharpe

los objetivos, necesidades y direcciones de los co-participantes en proyectos conjuntos. Simplificar la información técnica para que las personas sin conocimientos especializados en el área en cuestión puedan entender y participar en proyectos de colaboración multidisciplinaria exige tiempo y esfuerzo y, por lo tanto, recursos y paciencia.

Reunir el lenguaje, el valor, la adaptabilidad, los recursos y la paciencia necesarios representa un reto formidable. No obstante, por el bien de nuestros hijos, sus hijos, y las generaciones futuras, se trata de un reto que debemos enfrentar. Esperamos que la *Cumbre sobre los Impactos Ambientales en la Salud Reproductiva y la Fertilidad* represente el punto de partida en una nueva era de comunicación y que la colaboración en defensa de la salud reproductiva y el medio ambiente lleve a crear una sociedad informada y debidamente protectora en la que prosperen las futuras generaciones.

Recursos

Por favor, consulte la sección "Learn More" del sitio del UCSF Program on Reproductive Health and the Environment: prhe.ucsf.edu.

Libros

Our Stolen Future: Are we threatening our fertility, intelligence, and survival? A scientific discovery story. Theo Colborn, Diane Dumanoski and John Peterson Myers. Plume Publishing, 1996.

Un libro sobre el impacto de los disruptores endócrinos creados por el hombre sobre la salud y el medio ambiente.

Generations at Risk: Reproductive Health and the Environment. Ted Schettler, Gina Solomon, Maria Valenti and Annette Huddle. MIT Press, 1999.

Un libro que presenta los vínculos entre cuatro clases principales de sustancias (solventes, plaguicidas, metales y disruptores endócrinos) y los efectos sobre la salud reproductiva, como los abortos espontáneos, los defectos congénitos, y los trastornos de la fertilidad. Incluye secciones sobre la evaluación de exposiciones, el activismo por parte de consumidores y trabajadores, la reglamentación de sustancias peligrosas y lineamientos básicos para los médicos clínicos.

Having Faith. Sandra Steingraber. Perseus Publishing, 2001.

Una revisión de los efectos de la contaminación química sobre la reproducción narrada por una científica a medida que ella relata paralelamente la experiencia de su propio embarazo, el parto de su hija y la lactancia. El libro presenta un panorama abarcativo de los conocimientos actuales en las áreas de genética, embriología y desarrollo infantil.

Sitios dirigidos al público en general

Collaborative on Health and the Environment (CHE) (www.healthandenvironment.org). El sitio de CHE ofrece:

- Una base de datos que resume las asociaciones entre la exposición a sustancias químicas y aproximadamente 180 enfermedades o trastornos que afectan al ser humano (database.healthandenvironment.org).

- Artículos científicos evaluados por pares sobre las asociaciones entre la exposición a sustancias químicas y diversas enfermedades y trastornos reproductivos (www.healthandenvironment.org/science/papers).
- Grabaciones de las llamadas en conferencia mensuales de CHE sobre una gama de temas relacionados con la exposición a sustancias y la salud reproductiva. Las charlas pueden bajarse en formato MP3 (www.healthandenvironment.org/news/calls).

Environmental Health News (www.environmentalhealthnews.org) ofrece diariamente artículos actualizados sobre las noticias de último momento, los conocimientos científicos y los informes sobre las asociaciones científicas recientemente identificadas entre la exposición a sustancias químicas y la salud. El sitio proporciona un buscador flexible (www.environmentalhealthnews.org/archives.jsp) que permite ubicar los artículos más pertinentes con respecto al tema consultado.

Environmental Working Group (www.ewg.org) publica una variedad de informes sobre la exposición humana a sustancias químicas y sus efectos tóxicos. El sitio también ofrece herramientas para identificar y reducir las fuentes de exposición a sustancias químicas. Por ejemplo:

- **Guía para el consumidor sobre plaguicidas presentes en frutas y verduras** (www.foodnews.org)
- **10 soluciones cotidianas para la contaminación** (www.ewg.org/solutions)

Guía Verde de National Geographic (www.thegreenguide.com) publica una revista mensual, un boletín informativo semanal y evaluaciones e informes sobre productos de consumo que se concentran en medidas y opciones cotidianas en favor de la salud y el medio ambiente. La Guía Verde también ofrece fichas para consumidores inteligentes o **Smart Shopper's Cards** (www.thegreenguide.com/issue.mhtml?i=SSG), que pueden imprimirse y proporcionan recomendaciones para elegir alimentos y productos más saludables. Los temas abarcan: cosméticos, productos de higiene y cuidado personal, y filtros solares; pescado, carne, huevos, frutas y verduras; recipientes plásticos de bebidas y alimentos; etiquetado de alimentos y productos de consumo; juguetes no tóxicos; productos de limpieza; y renovación del hogar y productos de mobiliario doméstico.

Natural Resources Defense Council (www.nrdc.org/health/) publica una variedad de informes y artículos sobre políticas en temas del área de salud ambiental, como: salud infantil, amenazas y efectos sobre la salud, agricultura y plaguicidas, sustancias químicas presentes en el hogar, la escuela y el entorno laboral, y ciencia y políticas públicas. La organización también mantiene el sitio **Simple Steps** (www.simplesteps.org), que ofrece informa-

ción dirigida a facilitar decisiones saludables para el consumidor, el hogar y el planeta (por ejemplo, cómo encontrar un filtro solar que no presente riesgos o un tipo de pescado de bajo contenido de mercurio).

El sitio *Our Stolen Future* (www.ourstolenfuture.org) ofrece información actualizada sobre las más recientes observaciones científicas con respecto a la alteración del sistema endócrino. El sitio también publica información actualizada sobre los debates políticos pertinentes así como sugerencias sobre lo que pueden hacer los consumidores y ciudadanos para minimizar los riesgos relacionados con los disruptores endócrinos.

Skin Deep (www.cosmeticsdatabase.com) es una guía sobre la toxicidad de los cosméticos y los productos de higiene y cuidado personal. La base de datos compara casi 25.000 productos con 50 bases de datos fidedignas sobre toxicidad provenientes de dependencias gubernamentales reguladoras y proporciona un índice de toxicidad para casi un cuarto de los productos presentes en el mercado.

Women's Health and the Environment (www.womenshealthandtheenvironment.org) ofrece una carpeta informativa que explica las bases científicas que asocian nuestra salud con el medio ambiente; sugiere medidas cotidianas que se pueden tomar en el hogar para reducir la exposición a sustancias químicas presentes en el medio ambiente; y ofrece recursos para participar en el movimiento en defensa de la salud ambiental y hacer responsables de protegernos de la exposición a sustancias químicas al gobierno y el sector industrial.

Organizaciones de representación de los pacientes

American Fertility Association (www.theafa.org)

Endometriosis Association (www.endometriosisassn.org)

InterNational Council on Infertility Information Dissemination
(www.inciid.org)

Resolve: The National Infertility Association (www.resolve.org)

Asociaciones profesionales y científicas

American Academy of Pediatrics (www.aap.org)

American College of Obstetricians and Gynecologists (www.acog.org)

American College of Preventive Medicine (www.acpm.org)

American Society for Reproductive Medicine (www.asrm.org)

American Society of Andrology (www.andrologysociety.com)

Canadian Fertility and Andrology Society (cfas.cfwebtools.com)

Endocrine Society (www.endo-society.org)

International Society for Environmental Epidemiology (www.iseepi.org)

Society for Male Reproduction and Urology (www.smru.org)

Society for Reproductive Endocrinology and Infertility (www.socrei.org)

Society for the Study of Reproduction (www.ssr.org)

Society of Toxicology (www.toxicology.org)

Glosario

Anormalidades cromosómicas Frase utilizada para describir problemas en el número o la estructura de los cromosomas (las estructuras que contienen la información genética en las células). Se trata de problemas que pueden heredarse o producirse de manera espontánea en un individuo. Las anomalías cromosómicas causan problemas con la información genética de las células: Los genes pueden estar ausentes o duplicados o ubicados en el lugar o en el orden equivocado. Esos problemas no permiten que las células funcionen normalmente y pueden causar diversas consecuencias sobre la salud.

Biomonitoreo o monitoreo biológico Un tipo de investigación que identifica las clases de sustancias presentes en el cuerpo humano y mide las cantidades en que se encuentran. Los estudios de biomonitoreo recogen muestras de fluidos fisiológicos (como sangre, orina y leche materna), identifican los tipos de sustancias químicas o metabolitos de esas sustancias presentes en las muestras y miden las cantidades en que se encuentran. Esa información permite entender la exposición del ser humano a las sustancias químicas y complementa las mediciones de los niveles de sustancias presentes en el medio ambiente (aire, agua, suelo, alimentos, productos de consumo, etc.).

Disruptores endócrinos También llamados *alteradores endócrinos* o *perturbadores endócrinos*. Sustancias químicas que interfieren en el funcionamiento del sistema endócrino (ver *sistema endócrino*) de una o más maneras. Una vez dentro del cuerpo, los disruptores endócrinos pueden alterar la cantidad de hormonas producidas o liberadas al flujo sanguíneo, o pueden alterar el suministro de proteínas que transportan las hormonas en la sangre. Los disruptores endócrinos pueden interferir con la capacidad de las hormonas de interactuar con los receptores hormonales, lo que bloquea mensajes y respuestas biológicas vitales. Estas sustancias químicas también pueden enviar mensajes artificiales y causar respuestas biológicas no deseadas. Por último, los disruptores endócrinos pueden afectar el suministro hormonal del organismo al alterar el proceso de degradación y eliminación de hormonas del cuerpo.

Distancia anogenital Medida del largo del perineo (área del cuerpo que se encuentra entre el ano y los genitales). Durante el desarrollo masculino, la hormona testosterona hace que el perineo se elongue como parte normal del desarrollo de los órganos sexuales masculinos y, en consecuencia, la distancia anogenital tanto en los varones como en los roedores macho mide el doble que en las mujeres y los roedores hembra. Los investigadores estudian la distancia anogenital porque representa una medida sensible que indica si una sustancia química ha interferido en la producción o la acción de la testosterona durante el desarrollo fetal.

Evaluación de riesgos y peligros Procesos de los que se valen los gobiernos federal y estatales para apoyar políticas y normas con respecto a la producción y utilización de sustancias químicas, y la contaminación que éstas generan. El proceso de evaluación de peligros identifica los efectos nocivos que las sustancias químicas ambientales pueden causar en nuestra salud y la salud del medio ambiente, mientras que el proceso de evaluación de riesgos evalúa y calcula las probabilidades de que se produzcan esos efectos. Ambos procesos recaudan y evalúan información sobre la toxicidad de una sustancia química, incluyendo los efectos nocivos que produce y los niveles a los que se producen esos efectos, así como los niveles a los que está expuesto el ser humano.

Expresión genética El proceso por el cual se accede a la información almacenada en un gen y se utiliza esa información para formar (en la mayoría de los casos) una proteína. La expresión genética varía en respuesta a los cambios ambientales internos (corporales) o externos (del medio ambiente) de manera que se produzcan distintos tipos y cantidades de proteínas en distintos momentos dependiendo de las necesidades del organismo. Las hormonas regulan las cantidades y los tipos de genes expresados en las células.

Folículos ováricos Un único óvulo rodeado por capas de dos tipos de células encargadas de producir las hormonas estrógeno y progesterona, y nutrir al óvulo mientras éste madura durante el ciclo menstrual.

Genes Moléculas que contienen la información y las instrucciones para formar proteínas y otros compuestos necesarios para que los organismos se desarrollen, crezcan y sobrevivan. Los genes se transmiten de padres a hijos y se encuentran en todas las células del cuerpo. Los genes están organizados en cadenas llamadas *ADN*. El *ADN*, a su vez, está organizado en estructuras llamadas *cromosomas*.

Hermafroditismo Trastorno en el cual ya sea el sexo genético de un animal no concuerda con los órganos sexuales desarrollados o los órganos sexuales desarrollados no son completamente masculinos o femeninos. Por ejemplo, un animal genéticamente femenino puede desarrollar testículos, un tracto reproductivo masculino o genitales externos masculinos. Asimismo, los testículos de un animal genéticamente masculino pueden generar tanto espermatozoides como óvulos.

Hipospadia Un defecto en el desarrollo de la uretra del pene (la uretra es el conducto por el cual se transporta la orina y el semen). La uretra normalmente se extiende a través del largo de todo el pene y la apertura se encuentra en la punta del miembro. En los casos de hipospadia, la apertura se encuentra en el lado inferior del pene o debajo del pene. La hipospadia es el segundo defecto congénito más común en los Estados Unidos y los estudios realizados a nivel nacional indican que el índice de hipospadias ha aumentado más del doble desde la década de 1970.

Histerectomía Cirugía que extirpa el útero y, en algunos casos, también los ovarios y las trompas de Falopio. Se realiza para tratar distintos trastornos y enfermedades, como endometriosis y cáncer de útero, del cuello del útero o de ovario. La histerectomía es la segunda cirugía más común entre las mujeres de los Estados Unidos, donde se realizan 600.000 al año y donde una de cada tres mujeres se somete a una histerectomía antes de llegar a los 60 años de edad.

Mutación genética Un cambio permanente en la información almacenada en un gen. Ese cambio puede provocar problemas relacionados con las proteínas producidas por ese gen. Por ejemplo, la proteína puede no funcionar correctamente o no ser producida. Las consecuencias de la mutación genética varían de leves a severas y pueden poner en peligro la vida. Las mutaciones genéticas pueden heredarse de uno de los padres biológicos (denominadas *mutaciones hereditarias*) o pueden ocurrir durante la vida de la persona (denominadas *mutaciones adquiridas*). Las mutaciones adquiridas son provocadas por factores ambientales como la radiación o la exposición a sustancias químicas. También pueden producirse cuando una célula se divide.

Proteínas Moléculas grandes y complejas que el cuerpo produce según la información almacenada en los genes. (Distintos genes producen distintas proteínas.) Cada célula del cuerpo tiene miles de distintas proteínas y esas proteínas cumplen diversas funciones críticas en la célula y el organismo. Por ejemplo, las proteínas llevan a cabo la mayor parte del trabajo que realizan las células, determinan la forma de las células y las ayudan a moverse. Las proteínas forman las hormonas que transmi-

ten señales a través del cuerpo y los anticuerpos que reconocen las sustancias extrañas presentes en el organismo. Las proteínas también transportan moléculas importantes, como oxígeno y hormonas, en el flujo sanguíneo.

Restricción del crecimiento intrauterino También llamado *RCIU*. Trastorno en el cual el feto no sigue la tasa de crecimiento normal y, en consecuencia, tiene un tamaño menor que el que se esperaría a su edad gestacional (número de semanas de embarazo). Los bebés que sufren restricción del crecimiento intrauterino suelen tener muy bajo peso, y sus tejidos y órganos pueden estar menos desarrollados. Esos bebés también tienen un riesgo elevado de morir poco después de nacer, de problemas relacionados con el desarrollo y el crecimiento de los sistemas neurológico y reproductivo, y de enfermedades cardiovasculares en etapas posteriores de la vida.

Salud reproductiva La salud y el funcionamiento sano de los sistemas reproductivos femenino y masculino durante todas las etapas de la vida. La salud reproductiva permite que el hombre y la mujer puedan concebir, que la mujer pueda llevar el embarazo a término y amamantar, y que el bebé nazca sano y bien desarrollado. La salud reproductiva también implica que los hijos no desarrollen enfermedades o incapacidades en etapas posteriores de la vida debido a exposiciones que hayan sufrido en el vientre materno o durante el primer año de vida, la primera infancia o la adolescencia, y que puedan concebir y tener hijos sanos y normalmente desarrollados.

Salud reproductiva y medio ambiente Un campo de colaboración interdisciplinaria con el fin de entender y reducir los efectos nocivos ocasionados por la exposición a sustancias químicas sobre la fertilidad, el embarazo, el desarrollo, el crecimiento y la salud durante todo el transcurso de la vida. Este campo abarca la labor de científicos, investigadores, médicos, profesionales del área de elaboración de políticas, grupos comunitarios y de defensa ciudadana, y medios de comunicación.

Síndrome de disgénesis testicular Un conjunto de enfermedades y trastornos del sistema reproductor masculino que pueden estar relacionados entre sí y tener una causa común: el desarrollo anormal de los testículos durante el desarrollo fetal. Esas enfermedades y trastornos abarcan la hipospadia, los testículos no descendidos, los recuentos bajos de espermatozoides y el cáncer de testículo.

Sistema endócrino Un sistema integrado de glándulas que producen hormonas que controlan las funciones fisiológicas que ocurren lenta-

mente, como la reproducción, el desarrollo, el crecimiento, el estado de ánimo, las funciones de los tejidos y el metabolismo. Las glándulas endócrinas abarcan la pituitaria, la tiroides, el timo, el páncreas, las suprarrenales y los testículos (en el varón) o los ovarios (en la mujer). El sistema endócrino funciona en coordinación con el sistema nervioso y el sistema inmune para regular la fertilidad y la reproducción.

Solventes Líquidos que disuelven otras sustancias líquidas, sólidas o gaseosas. Los solventes suelen, por lo general, utilizarse para limpiar. Por ejemplo, se utilizan en el proceso de limpieza a seco, en quitamanchas, detergentes, diluyentes de pinturas, quitaesmalte para las uñas y en perfumes. Se utilizan comúnmente en distintas industrias para quitar el aceite o la grasa de metales y electrónicos.

Testículos no descendidos (criptorquidia) Un defecto congénito en el cual uno o los dos testículos no se desplazan desde la zona cercana a los riñones hasta el escroto durante el desarrollo fetal. Ese proceso de migración ocurre en dos etapas y se considera que cada etapa está controlada por distintas hormonas. Se piensa que la hormona denominada *hormona insulinosímil 3* dirige la primera etapa (en la que los testículos se desplazan desde la zona cercana a los riñones hasta la zona pélvica), que ocurre entre la octava y la décimo quinta semana de gestación. La testosterona controla la segunda etapa (en la que los testículos se desplazan desde la zona pélvica hasta el escroto), que ocurre, en la mayoría de los casos, a más tardar en el séptimo mes de gestación. Los testículos no descendidos representan un factor de riesgo de cáncer de testículo y, de no corregirse quirúrgicamente, un factor de riesgo de recuentos bajos de espermatozoides en etapas posteriores de la vida.

Tracto reproductivo femenino Frase utilizada para referirse a las trompas de Falopio, el útero, el cuello del útero y la vagina.

Sustancias químicas presentes en el medio ambiente y en nuestro cuerpo

Este capítulo proporciona información sobre los usos de las sustancias químicas mencionadas en el presente informe y las fuentes de exposición a esas sustancias. También se incluyen, en los casos en que corresponde, los números de las páginas en las que se explican los efectos de esas sustancias sobre la salud.

Ácido dibromoacético Una sustancia que se forma cuando se desinfecta agua utilizando cloro. El ser humano se ve expuesto principalmente al beber agua. Se calcula que, en los Estados Unidos, se suministra agua potable contaminada con ácido dibromoacético a más de 33 millones de personas (páginas 23).

Aire contaminado El aire exterior suele, por lo general, estar contaminado con monóxido de carbono, plomo, ozono, material particulado, dióxido de nitrógeno, dióxido de sulfuro, benceno, butadieno y humo de motores diesel. Se trata de contaminación de diversas fuentes, como los automóviles, la producción industrial, las centrales eléctricas a base de carbón, la quema de leña y las fuentes locales pequeñas como las tintorerías de limpieza a seco. El aire interior puede estar contaminado con los mismos contaminantes que el aire exterior. Asimismo, el aire interior puede estar contaminado con humo de tabaco ambiental y una amplia variedad de sustancias químicas utilizadas en productos para el hogar o productos de consumo (por ejemplo, muebles, alfombras, productos de limpieza, pegamentos, materiales para las artes plásticas, desodorantes de ambiente, perfumes y plaguicidas) (páginas 32–33).

Alacloro Uno de los herbicidas de uso más generalizado en los Estados Unidos. Se utiliza para controlar gramíneas y malezas en el cultivo de maíz, soja y cacahuates. La mayor parte de la exposición humana al alacloro se produce al utilizar agua contaminada para beber o bañarse (página 30).

Alquilfenoles Surfactantes (sustancias que “quitan la suciedad”) que constituyen ingredientes comunes en productos industriales y comerciales, como detergentes, productos de limpieza, productos para el cuidado del cabello, cosméticos, espermicidas, pinturas, papel, textiles, plaguicidas, plásticos, productos de caucho, conservantes de madera, baños para materiales, aceites lubricantes y combustibles. Los alquilfenoles están presentes en las aguas servidas tratadas y en los sedimentos cercanos a las plantas de tratamiento de aguas. El pescado y los mariscos pueden estar contaminados con alquilfenoles. Algunos alquilfenoles también han sido detectados en una amplia variedad de alimentos y en muestras de aire, en especial en hogares con suelos y revestimientos de paredes hechos de PVC (cloruro de polivinilo) (página 21).

Arsénico Un metal presente en la naturaleza que se utiliza en plaguicidas, como conservante de maderas y en varias aleaciones de metales. La exposición humana al arsénico se produce principalmente al beber agua contaminada, comer alimentos cultivados en suelos contaminados, o lijar o quemar maderas tratadas con arsénico. Las personas también pueden verse expuestas al arsénico en entornos ocupacionales en los que se extrae arsénico, se procesan metales o se queman combustibles fósiles (página 33).

Atrazina Uno de los herbicidas de uso más generalizado en los Estados Unidos y el contaminante plaguicida más comúnmente detectado en las fuentes de suministro de agua. En los Estados Unidos, aproximadamente un millón de personas se ven expuestas cada día a la atrazina al utilizar el agua contaminada para beber, cocinar, bañarse o lavar la ropa, o al tocar suelos contaminados (páginas 21, 29–30, 33).

Benceno Una de las 20 sustancias químicas de mayor producción en los Estados Unidos. El benceno se utiliza para fabricar plásticos, resinas, fibras sintéticas (por ejemplo, nailon), caucho, tinturas, detergentes, lubricantes, medicamentos y plaguicidas. El benceno también forma parte del petróleo crudo, la gasolina y el humo de tabaco. El benceno se evapora fácilmente y, por lo tanto, respirar aire contaminado representa la vía de exposición más común. El aire exterior contiene benceno proveniente del humo de tabaco, las estaciones gasolineras, el escape de camiones y automóviles, y la contaminación industrial. El benceno también contamina el aire exterior e interior cuando se utilizan productos que contienen benceno, como pegamentos, pinturas, ceras para muebles y detergentes (página 33).

Bifenilos polibromados Ver *PBB*.

Bifenilos policlorados Ver *PCB*.

Bisfenol A Sustancia química utilizada en recipientes de plástico policarbonado (transparente e irrompible), en la cobertura interior de latas de alimentos y bebidas, en chupetes y juguetes para bebés, en algunos recipientes plásticos de alimentos y bebidas para usar en microondas o reutilizar, en empastes dentales, computadoras, teléfonos celulares, pinturas, adhesivos, esmaltes, barnices, y CDs y DVDs. Los estudios recientes han demostrado que el bisfenol A puede desprenderse de esos productos, incluyendo las latas metálicas y las botellas de plástico policarbonado, la vajilla, y los empastes y selladores dentales (páginas 16, 18–21, 28, 30–32).

BPB Ver *PBB*.

Cadmio Un metal presente en la naturaleza utilizado en diversos productos, como pilas y baterías, pigmentos, baños metálicos y plásticos. Quemar combustibles fósiles y residuos municipales contamina el aire con cadmio. Respirar humo de tabaco representa otra fuente de exposición al cadmio. El cadmio contamina el agua subterránea y se acumula en los alimentos (pescado, carne y plantas). Las personas que trabajan en lugares donde se fabrican pilas y baterías, pigmentos, plásticos y otros materiales sintéticos, o donde se sueldan o enchapan metales pueden verse expuestas a altos niveles de cadmio presentes en el aire (páginas 29, 31).

Ciclofosfamida Un medicamento utilizado en tratamientos de quimioterapia en casos de cáncer y enfermedades autoinmunes (página 23).

Clordecona Insecticida utilizado en el cultivo de tabaco, bananas, cítricos, en arbustos decorativos, y en trampas para hormigas y cucarachas hasta 1978, cuando fue prohibido. La clordecona no se degrada con facilidad en el medio ambiente y sus niveles se acumulan en el cuerpo y la leche de animales y seres humanos. Debido a su persistencia, la clordecona todavía se detecta en el medio ambiente, los animales y el ser humano a pesar de no haber sido utilizada en los últimos 30 años. El ser humano se ve expuesto a esta sustancia principalmente al comer alimentos contaminados, beber agua contaminada o tocar suelos contaminados (página 21).

Clorodibromometano Un subproducto del proceso de desinfección del agua a base de cloro. El clorodibromometano se forma cuando el cloro reacciona con otras sustancias naturales presentes en el agua, como plantas en descomposición. Se encuentra principalmente en el agua clorada proveniente de fuentes de origen superficiales, como ríos, lagos y represas. El ser humano se ve expuesto al utilizar esa agua para beber, bañarse o cocinar, o al nadar en ella. También puede inhalar vapores de clorodibromometano que se forman en el aire cuando se calienta agua contaminada (por ejemplo, al cocinar o bañarse) (página 21).

Clorpirifos Uno de los plaguicidas de uso más generalizado en el hogar, en jardinería y en mascotas hasta el año 2001, cuando se decidió eliminar progresivamente su uso en hogares (el proceso de eliminación progresiva terminó en 2005). El clorpirifos sigue siendo uno de los plaguicidas agrícolas más utilizados. Se utiliza más comúnmente en el cultivo de algodón, maíz, almendras y frutales. El clorpirifos contamina tanto el aire externo como interno al ser utilizado. También se encuentra presente en el polvo y los alimentos. En los Estados Unidos, casi todas las personas se ven expuestas al clorpirifos al consumir alimentos contaminados o respirar polvo o aire contaminados: Un estudio nacional de biomonitorio indica que más del 90 por ciento de las personas participantes habían estado expuestas al clorpirifos (página 33).

Compuestos perfluorados Una familia de sustancias químicas que hacen que los materiales sean resistentes al aceite, las manchas, el calor y el agua. Se utilizan en ollas, sartenes y demás utensilios de cocina con superficies a las que no se pega la comida, en géneros, ropa y alfombras resistentes a las manchas, en productos de papel y envases para alimentos resistentes a las grasas (por ejemplo, envases de palomitas de maíz para usar en el microondas y en cajas de papas fritas), en algunos productos dentales y productos para el cuidado del cabello, y en prendas impermeables. Los compuestos perfluorados han contaminado el medio ambiente en todo el planeta. Se trata de sustancias que no se degradan con facilidad en el medio ambiente y que permanecen en el organismo durante años. Los compuestos perfluorados se encuentran en el cuerpo de prácticamente todas las personas del mundo pero todavía no se sabe exactamente cuáles son las vías de exposición. Una de las principales teorías es que nos vemos expuestos a estas sustancias al consumir agua o alimentos contaminados, o al utilizar productos comerciales que contienen compuestos perfluorados.

DBCP También conocido como *dibromocloropropano*. Plaguicida de uso generalizado en una variedad de cultivos en los Estados Unidos entre 1955 y 1977. El DBCP se biodegrada lentamente y se ha filtrado hasta las napas de agua subterránea y ha contaminado el agua potable de al menos 6 millones de personas en los Estados Unidos (página 29).

DDE También conocido como *diclorodifenildicloroetileno*. Producto del metabolismo del plaguicida DDT (ver *DDT*). El DDE no se biodegrada con facilidad y permanece en el medio ambiente durante años. El DDE se encuentra en el suelo y el agua en lugares donde se haya utilizado DDT. También contamina los alimentos. Debido a que el DDE se acumula en grasas y permanece en el cuerpo durante años, los niveles más eleva-

dos de DDE se encuentran en alimentos grasos como la carne, el pescado, los productos lácteos y los huevos. Por ejemplo, un estudio realizado por el gobierno de los Estados Unidos en 2005 detectó DDE en el 85 por ciento de las muestras de leche analizadas (páginas 22, 28, 32–33).

DDT También conocido como *diclorodifeniltricloroetano*. Plaguicida de uso generalizado, a partir de la década de 1940, en el control de insectos en cultivos agrícolas y de insectos que transmiten enfermedades como el paludismo y la fiebre tifoidea. En los Estados Unidos, se prohibieron la mayoría de los usos del DDT en 1972. El DDT todavía se utiliza en algunos países para controlar el paludismo. El DDT no se biodegrada con facilidad y permanece en el medio ambiente y en el cuerpo durante años. El DDT se acumula en tejidos grasos y, por lo tanto, los niveles más altos de DDT se encuentran en la carne, los productos lácteos, el pescado y los huevos. La principal fuente de exposición en los Estados Unidos es el consumo de alimentos contaminados (páginas 21–22, 28, 30, 32–33).

DES También conocido como *dietilestilbestrol*. Sustancia sintética desarrollada y comercializada como medicamento y como estimulante de crecimiento para el ganado. Entre las décadas de 1940 y 1970, se recetó DES a 3 millones de mujeres embarazadas con el objetivo de prevenir abortos espontáneos y el nacimiento de mortinatos. (Los estudios realizados posteriormente demostraron la ineficacia del DES en la prevención de pérdidas del embarazo.) El DES también se utilizó para suprimir la lactancia, tratar la menopausia y como anticonceptivo de urgencia. Se calcula que, en los Estados Unidos, 10 millones de personas se vieron expuestas al DES como medicamento bajo receta. También es posible que la población haya estado expuesta al DES al consumir ganado tratado con esta sustancia (se han detectado residuos de DES en aves de consumo) pero no se ha calculado la cantidad de personas que puedan haber estado expuestas a través de esa vía de exposición (páginas 4, 9, 15–19, 21, 26–28, 33).

Diazinón Plaguicida de uso generalizado en hogares (contra pulgas, moscas, cucarachas y hormigas) y jardinería (césped, campos de deporte y arbustos) hasta que se prohibió su uso domiciliario a fines del año 2004. Desde 2004, solo se permite su uso por parte de fumigadores profesionales y en la agricultura. La exposición al diazinón puede producirse al aplicar el plaguicida. Los residuos de diazinón pueden estar presentes en la superficie o el cuerpo de los alimentos así como en esorrentías o aguas subterráneas contaminadas (páginas 30, 33).

Dibromocloropropano Ver *DBCP*.

Dicloroetano Sustancia química utilizada para fabricar cloruro de vinilo, uno de los ingredientes principales en productos de plástico y vinilo como tuberías, muebles, partes y tapicería de automóviles, recubrimientos de paredes y productos para el hogar fabricados con PVC (cloruro de polivinilo). El dicloroetano también se utiliza como solvente y para separar el plomo de la gasolina. Los vapores de dicloroetano ingresan en el aire cuando se fabrica, utiliza o desecha esta sustancia. En algunos casos, el dicloroetano contamina ríos y lagos. El ser humano se ve expuesto al dicloroetano principalmente al respirarlo (página 33).

Diepóxido de 4-vinilciclohexano Un subproducto de la fabricación de caucho, plaguicidas, retardantes de fuego y plásticos. La exposición humana a esta sustancia ocurre principalmente en entornos ocupacionales (página 23).

Dioxinas Un grupo de 219 sustancias sumamente tóxicas de estructura química y efectos tóxicos similares. El grupo abarca dioxinas cloradas, furanos clorados y algunos bifenilos policlorados (PCB). Las dioxinas se forman cuando se queman plásticos y sustancias químicas que contienen cloro. La incineración de residuos municipales y hospitalarios así como la combustión de carbón y petróleo generan dioxinas. Entre otras fuentes de dioxinas se encuentran la fundición de metales, los camiones diesel, la combustión de maderas tratadas químicamente y de basura doméstica, los incendios forestales, el blanqueado de papel o pulpa de papel a base de cloro, y ciertos procesos químicos industriales. El humo del tabaco también contiene pequeñas cantidades de dioxinas. Las dioxinas son prácticamente indestructibles en el medio ambiente. Las dioxinas se acumulan en grasas y permanecen en el organismo durante años. La mayoría de los habitantes de los Estados Unidos se ven expuestos a las dioxinas a través de los alimentos que consumen (en especial carnes, productos lácteos, pescado y huevos) (páginas 17, 21–22, 30).

Éteres de difenilo polibromado o éteres difenílicos polibromados Ver *PBDE*.

Éteres de glicoles Sustancias de uso generalizado como ingredientes de pinturas, barnices, diluyentes, tintas de impresión, electrónicos, sustancias y productos de la industria de semiconductores, cueros, películas fotográficas, esmaltes, cosméticos, perfumes, líquidos de freno y tinturas para maderas. Las personas que trabajan en esas industrias pueden estar expuestas a los éteres de glicoles en el entorno ocupacional. El uso de productos de consumo que contienen éteres de glicoles, como limpiadores, jabones líquidos y cosméticos, representa otra vía de exposición (página 30).

Etinil estradiol Estrógeno sintético (fabricado) que se utiliza en las pastillas anticonceptivas (páginas 19, 28).

Flutamida Sustancia farmacológica anti androgénica utilizada principalmente para tratar el cáncer de próstata (página 28).

Formaldehído Sustancia utilizada para producir fertilizantes, productos de papel, paneles de fibra de madera y resinas de urea formaldehído. También se utiliza como conservante en algunos alimentos y en muchos productos que se usan en el hogar, como antisépticos, medicamentos y cosméticos. Los motores de los automóviles, las centrales eléctricas, las fábricas, los incineradores, los cigarrillos, las cocinas a gas, algunos limpiadores y las chimeneas abiertas emiten formaldehído al aire interior y exterior. También se contamina el aire cuando las alfombras, los géneros prensados permanentemente y los productos de madera que contienen formaldehído liberan vapores químicos. Nos vemos expuestos al formaldehído principalmente al respirarlo pero también cuando la piel entra en contacto con productos que contienen esta sustancia (páginas 31–32).

Ftalatos Una familia de sustancias químicas utilizadas para ablandar plásticos usados en productos de consumo, materiales para pisos, recubrimientos de paredes, envoltorios de alimentos y dispositivos médicos. También se los utiliza en productos de cuidado personal (perfumes, lociones, cosméticos, fijadores de cabello), lacas, barnices, acabados para maderas y baños para materiales. Los ftalatos se absorben a través de la piel. También inhalamos vapores de ftalatos y consumimos alimentos contaminados con estas sustancias. Los bebés se ven expuestos a los ftalatos al morder o succionar juguetes de plástico blando hechos con ftalatos (páginas 17, 21, 28, 30).

Genisteína Compuesto estrogénico que se encuentra naturalmente en plantas, especialmente en la soja. Estamos expuestos a la genisteína a través de los alimentos que consumimos, en especial la leche de soja, el tofu y otros productos elaborados con frijoles de soja. Los garbanzos también contienen pequeñas cantidades de genisteína (páginas 16, 19).

Hidrocarburos aromáticos policíclicos Grupo de sustancias químicas que se generan a partir de la combustión incompleta de materiales que contienen carbono, como carbón, petróleo y gas natural, basura, tabaco, leña, gasolina o carne. Los hidrocarburos aromáticos policíclicos se concentran en plantas y animales. La exposición a estas sustancias ocurre al respirar aire contaminado o consumir carnes asadas, productos lácteos contaminados o alimentos cultivados en suelos contaminados (página 23).

Hidrocarburos clorados Un grupo de sustancias químicas que contienen cloro, carbono e hidrógeno. El grupo incluye plaguicidas (DDT, lindano, pentaclorofenol), sustancias industriales como PCB y productos residuales que contienen cloro como las dioxinas. Los hidrocarburos clorados no se biodegradan con facilidad, y se concentran (o acumulan) en la cadena alimentaria porque los animales y peces se ven expuestos a estas sustancias a un ritmo superior al ritmo al que pueden eliminarlas. Los niveles de hidrocarburos clorados más elevados se encuentran en la carne, el pescado, los productos lácteos, los huevos y otros alimentos grasos. Los alimentos contaminados representan la principal fuente de exposición a hidrocarburos clorados en los Estados Unidos (página 32).

Humo de tabaco El humo de cigarrillos, cigarros y pipas. El humo de tabaco contiene más de 4.800 sustancias. Se sabe que al menos 250 de esas sustancias son tóxicas y que 69 de ellas causan cáncer. Varias de las sustancias del humo de tabaco provocan defectos congénitos y trastornos reproductivos. Entre esas sustancias se encuentran el arsénico, el cadmio, el monóxido de carbono, el DDE, el DDT, el óxido de etileno, el formaldehído, el plomo, el mercurio, algunos plaguicidas, los hidrocarburos aromáticos policíclicos y el tolueno. En los Estados Unidos, fuman cerca del 26 por ciento de los hombres y el 21 por ciento de las mujeres en edad de procrear (de 18 a 44 años de edad), el 10 por ciento de las mujeres embarazadas y el 23 por ciento de los alumnos de escuela secundaria. Asimismo, el 43 por ciento de los no fumadores se ven expuestos al humo de tabaco ambiental (páginas 22, 30, 31, 33).

Humo de tabaco ambiental o de segunda mano El humo al que están expuestos los no fumadores cuando otras personas fuman. El humo ambiental proviene de cigarrillos, pipas y cigarros encendidos, y de la exhalación de humo de los fumadores. Un estudio nacional realizado en los Estados Unidos indica que aproximadamente el 43 por ciento de los no fumadores se ve expuesto al humo de tabaco ambiental (páginas 31, 33).

Lindano Plaguicida utilizado ampliamente en la agricultura y el tratamiento de la sarna y la pediculosis durante más de 60 años. Su uso en la agricultura se encuentra actualmente restringido en los Estados Unidos, pero su uso farmacéutico continúa en todos los estados con excepción de California. El lindano no se degrada con facilidad en el medio ambiente y ha contaminado el agua y el suelo en las zonas en que se lo ha aplicado. El lindano se acumula en los alimentos, en especial en alimentos grasos, y también puede encontrarse en la superficie o el cuerpo de frutas y verduras cultivadas en suelos contaminados. La exposición directa al lindano también se produce al utilizar tratamientos farmacéuticos contra la sarna o la pediculosis (página 33).

Mancozeb Plaguicida utilizado desde fines de la década de 1960 en una variedad de plantas y cultivos agrícolas para combatir el moho. La población general puede verse expuesta al mancozeb al comer frutas y verduras contaminadas con residuos del plaguicida o al utilizar mancozeb en sus jardines. Las personas que aplican mancozeb como parte de su trabajo también pueden estar expuestas (página 23).

Mercurio Metal presente en la naturaleza y utilizado en diversos productos, como partes de automóviles, pilas y baterías, lámparas fluorescentes, productos médicos, vacunas, empastes dentales, termómetros y termostatos. Son muchas las fuentes que contaminan el medio ambiente, como las centrales eléctricas a base de carbón (la principal fuente), la fabricación industrial, la eliminación de residuos municipales (ya sea en incineradores o rellenos sanitarios) y algunas aplicaciones médicas. Una vez en el agua y el suelo, el mercurio se transforma en mercurio de metilo, que es tóxico para el ser humano, los animales y el medio ambiente. El mercurio y el mercurio de metilo no se biodegradan en el medio ambiente con facilidad y se concentran en la cadena alimentaria, en especial en peces grandes como el atún (tuna), el pez espada (swordfish), la caballa (mackerel), el pez aguja (marlin), el pargo alazán (orange roughy), el tiburón (shark), el blanquillo (tilefish), la lubina (sea bass), el mero (grouper) y la anjoba (bluefish) (para mayor información, consultar www.nrdc.org/health/effects/mercury/guide.asp). El consumo de pescado contaminado representa la vía de exposición al mercurio de metilo más común en los Estados Unidos. El ser humano también se ve expuesto al mercurio de metilo al beber agua contaminada o respirar aire contaminado (páginas 3, 33).

Metolacloro Plaguicida de amplio uso en la agricultura (en cultivos como el maíz y el algodón, y el cacahuate, la soja y otras leguminosas) desde mediados de la década de 1970. Durante al menos varios años, el metolacloro se encontró entre los cinco plaguicidas más utilizados. En los Estados Unidos, las personas se ven expuestas al metolacloro más comúnmente al beber agua contaminada. Este plaguicida ha contaminado el suministro de agua de más de 6 millones 500 mil personas (página 33).

Metoxicloro Plaguicida utilizado en productos para controlar insectos en jardines o mascotas. El metoxicloro también se utiliza en cultivos agrícolas (frutas, verduras, alfalfa) y en el ganado, así como en alimentos para animales, y en establos y graneros. El metoxicloro ha contaminado el suministro de aguas subterráneas y puede permanecer en los alimentos después de su aplicación. Las personas que lo aplican o trabajan con él pueden verse expuestas a este plaguicida (página 18).

Óxido de etileno Sustancia química industrial utilizada para producir glicol de etileno (fluido anticongelante y descongelante). Un porcentaje muy pequeño se utiliza para esterilizar alimentos y materiales médicos. Las industrias que fabrican o utilizan óxido de etileno, o producen emisiones de automóviles contaminan el aire con óxido de etileno. La mayor vía de exposición al óxido de etileno se observa cuando las personas trabajan donde se fabrica o utiliza esta sustancia. Fumar tabaco o respirar humo de tabaco representa otra vía de exposición. (páginas 30, 33).

PBB o BPB También conocidos como *bifenilos polibromados* o *polibromobifenilos*. Grupo de sustancias químicas de amplio uso como retardantes de fuego en monitores de computadoras, televisores, productos textiles y espumas plásticas. Los PBB se produjeron y utilizaron en los Estados Unidos hasta 1976. Se trata de sustancias que no se degradan con facilidad en el medio ambiente y se concentran o acumulan en los alimentos grasos como carnes, pescado, productos lácteos y huevos. En 1973, en el estado de Michigan, se mezclaron accidentalmente estas sustancias en el alimento para el ganado, lo que expuso a animales, seres humanos y el medio ambiente a estos compuestos. A excepción de las zonas afectadas en Michigan, la exposición a PBB en los Estados Unidos es insignificante en la actualidad.

PBDE También conocidos como *éteres de difenilos polibromados*. Grupo de sustancias químicas de amplio uso como retardantes de fuego. Se aplican a los cojines de goma espuma de los muebles, los plásticos duros de productos electrónicos y computadoras, los géneros de tapicería, las colchonetas de base para las alfombras y en el aislamiento de cables eléctricos. Se han detectado niveles de PBDE en el polvo doméstico y en alimentos (en especial en alimentos grasos). Contaminan el agua, las aguas servidas tratadas y los lodos cloacales. Los PBDE no se biodegradan con facilidad en el medio ambiente y se concentran, o acumulan, en alimentos grasos como el pescado, los productos lácteos, las carnes y los huevos. El ser humano se ve expuesto a los PBDE al consumir alimentos contaminados y al respirar aire o polvo contaminados en el hogar. Aún se trata de determinar si existen otras fuentes importantes de exposición a los PBDE.

PCB También conocidos como *bifenilos policlorados*. Un grupo de 209 sustancias químicas que fueron utilizadas ampliamente como fluidos enfriadores o aislantes en transformadores y condensadores eléctricos así como en recubrimientos de cables y componentes eléctricos. La fabricación, utilización y eliminación de PCB y productos que contienen estas sustancias han contaminado el medio ambiente en todo el planeta. En los Estados

Unidos, se restringió el uso de PCB en 1973 y se prohibió su fabricación en 1977 pero, en la actualidad, pueden todavía estar en uso equipos eléctricos viejos que contienen PCB. Los PCB no se biodegradan con facilidad y permanecen en el medio ambiente y en el organismo durante años. Los PCB se almacenan en los tejidos grasos y se concentran, o acumulan, en la cadena alimentaria y en nuestro cuerpo porque los animales, los peces y el ser humano se ven expuestos a ellos a un ritmo superior al ritmo al que los pueden eliminar de su cuerpo. La población en general se ve expuesta a los PCB con más frecuencia al consumir pescado, carnes y productos lácteos. Los PCB también contaminan el aire y algunas napas subterráneas de suministro de agua (páginas 17, 21–22, 28–30, 32–33).

Pentaclorofenol Uno de los plaguicidas de más amplia aplicación hasta 1987, cuando se limitó su uso a la preservación de la madera. El pentaclorofenol todavía tiene uso comercial en productos de madera como postes para cables de servicios, cercos, tejas, senderos, materiales de construcción, muelles, dársenas, porches, y vigas laminadas y para pisos. En la agricultura se lo utiliza para tratar construcciones y productos de madera, y en setos, cercos y los surcos colindantes a ellos. El pentaclorofenol contamina el aire, los alimentos, el agua potable y el suelo, y no se biodegrada con rapidez. La población en general se ve expuesta al pentaclorofenol al respirar aire contaminado, beber aguas subterráneas contaminadas (el pentaclorofenol contamina el suministro de agua de más de 3 millones de personas en 19 estados de los Estados Unidos), consumir alimentos contaminados y al tocar suelos contaminados o productos de madera tratados con esta sustancia (página 33).

Perclorato Una sustancia química utilizada en el combustible de cohetes, en balizas, en la pirotecnia y en las bolsas de aire de los automóviles. Las industrias que fabrican o utilizan perclorato han contaminado el abastecimiento de agua subterránea en la mayoría de los estados de los Estados Unidos así como el lago Mead y el río Colorado, que suministran agua potable a más de 25 millones de personas y agua para la irrigación de tierras agrícolas en el sudoeste del país. Se ha detectado perclorato en frutas y verduras cultivadas con agua contaminada y en productos lácteos. La población en general se ve expuesta al perclorato al beber agua contaminada o consumir alimentos contaminados.

Plaguicidas organofosforados Grupo de plaguicidas insecticidas de mayor uso en los Estados Unidos. Son utilizados en frutas y verduras, maíz, trigo y otros cultivos, y para el control de termitas y mosquitos. Algunos productos para el control de plagas en perros y gatos contienen plaguicidas organofosforados. La principal vía de exposición de la población

general a estos plaguicidas se produce principalmente al utilizarlos en el hogar o al ingerir productos alimenticios. Las personas que aplican estos plaguicidas o trabajan con ellos pueden estar expuestas a niveles más elevados en su entorno ocupacional (página 33).

Plomo Un metal presente en la naturaleza que se ha extraído en procesos de minería y utilizado desde hace miles de años y, en consecuencia, se encuentra esparcido por todo el medio ambiente. El plomo se utiliza en pilas y baterías, municiones, materiales de construcción, ciertos glaseados de cerámica y en tuberías, y forma parte del material de soldadura, del peltre y de ciertas aleaciones de metales. Se utilizó plomo de manera generalizada en pinturas hasta 1978 y, en los Estados Unidos, se agregó plomo a la gasolina hasta 1996 (la mayoría de los usos del plomo se terminaron de eliminar progresivamente a mediados de la década de 1980). Las personas se ven expuestas al plomo al beber agua contaminada en su fuente de origen o en tuberías soldadas con plomo, al inhalar o ingerir tierra o polvo contaminados con plomo o consumir alimentos contaminados con este metal (páginas 3, 21–22, 29–33).

Talidomida Fármaco recetado ampliamente a mujeres embarazadas en 46 países de todo el mundo entre fines de la década de 1950 y principios de la década de 1960 para prevenir las náuseas matutinas y facilitar el sueño. La talidomida no fue aprobada para su uso en los Estados Unidos durante ese período pero se permitió su uso “experimental” y se recetó este medicamento a aproximadamente 20.000 personas, entre ellas varios cientos de mujeres embarazadas. Los efectos tóxicos de la talidomida en el feto en desarrollo fueron obvios poco después de haber sido recetada por primera vez. Los bebés nacieron sordos, ciegos y con malformaciones físicas como el labio leporino (malformación que afecta la boca y los labios), órganos internos malformados y focomelia (trastorno en el cual las piernas y los brazos son sumamente cortos o están ausentes, y los dedos surgen directamente del torso). Se calcula que un 40 por ciento de los bebés expuestos a la talidomida en el vientre materno fallecieron en el primer año de vida. Los estudios recientes señalan que los efectos tóxicos pueden transmitirse a los hijos de las personas expuestas a la talidomida en el vientre materno (página 3).

Tolueno Una sustancia química industrial de amplio uso utilizada como solvente (en pinturas, baños para materiales, fragancias, adhesivos, tintas, y agentes limpiadores), incrementadores de octanaje en gasolinas e ingrediente en el benceno y otras sustancias químicas utilizadas para fabricar nailon, botellas plásticas para gaseosas, tinturas, productos cosméticos para uñas, productos farmacéuticos y espuma de poliuretano. El

tolueno también es una de las miles de sustancias presentes en el humo de cigarrillo. El tolueno suele vaporizarse y, en consecuencia, la mayor parte de la exposición al tolueno en los Estados Unidos surge a partir de respirar aire contaminado. El aire exterior está contaminado más frecuentemente por las emisiones de los automóviles. El aire interior se contamina cuando se encienden o fuman cigarrillos o cuando se utilizan productos domésticos de uso común, como pinturas, diluyentes de pinturas, colas y adhesivos, fragancias sintéticas y esmalte para uñas). Asimismo, en los Estados Unidos, el tolueno contamina el suministro de agua potable de más de 31 millones de personas, lo que lleva a la exposición cuando ese agua se utiliza para beber, cocinar o bañarse (página 33).

Vinclozólín Plaguicida aplicado a frutas y verduras, viñedos, césped de jardines y plantas decorativas para combatir los hongos. La exposición del ser humano al vinclozólín se produce principalmente al consumir frutas y verduras contaminadas (páginas 9, 21, 28, 30).



University of California
San Francisco

**UCSF Program on Reproductive Health
and the Environment**

1330 Broadway St, Suite 1100

Oakland CA 94612

510/986-8990

prhe@obgyn.ucsf.edu

prhe.ucsf.edu