

Impulsos temerarios:

Los impulsores genéticos y el fin de la naturaleza

Imaginemos que al liberar una sola mosca en el ambiente pudiéramos alterar genéticamente todas las moscas del planeta –ocasionándoles que se vuelvan amarillas, que transporten una toxina o se extingan. Esta es la premisa, terriblemente poderosa, que hay detrás de los impulsores genéticos, conocidos en inglés como *gene drives*: una nueva y controvertida tecnología de ingeniería genética que puede alterar permanentemente especies enteras al liberar al ambiente un solo individuo bio-diseñado.

Los impulsores genéticos pueden rediseñar ecosistemas completos, ocasionar extinciones que se propaguen rápidamente e intervenir en sistemas vivos a una escala más allá de lo que cualquiera haya imaginado. Una vez que los impulsores genéticos se diseñen dentro de una especie que se reproduce velozmente, podrían alterar su población en un marco temporal muy breve, de meses a pocos años, y provocar rápidamente una extinción. A esta tecnología radicalmente nueva también se la llama “reacción mutagénica en cadena”¹ y es diferente de todo lo que hayamos visto antes. Combina la ingeniería genética extrema de la biología sintética y las nuevas técnicas de edición genómica con la idea de que los humanos pueden y deben usar herramientas tan poderosas e ilimitadas como esta para controlar la naturaleza. Los impulsores genéticos cambian fundamentalmente la relación entre la humanidad y el mundo natural, para siempre.

Las implicaciones para el ambiente, la seguridad alimentaria, la paz e incluso la estabilidad social son significativas. Lidar con esta desenfrenada tecnología ya se compara con el reto que implica controlar el poder nuclear.² Las débiles regulaciones actuales que tienen los gobiernos para el uso de la ingeniería genética en la agricultura han permitido una enorme dispersión de la contaminación transgénica en la alimentación y el ambiente.

Con las débiles restricciones que hay sobre las técnicas existentes de ingeniería genética, ¿cómo podría alguien tener la capacidad para evaluar los riesgos de los impulsores genéticos? ¿El público será informado y podrá opinar sobre su uso? Y si ocurre un accidente, puesto que el daño es masivo e irreversible, ¿quién será responsable?

Las implicaciones éticas, culturales y sociales de los impulsores genéticos son tan grandes como sus consecuencias ecológicas. Los grupos de la sociedad civil están alarmados por esta recién descubierta habilidad para reconfigurar el mundo natural.

Las implicaciones éticas, culturales y sociales de los impulsores genéticos son tan grandes como sus consecuencias ecológicas. Los grupos de la sociedad civil (e incluso algunos de los que investigan los impulsores genéticos) están alarmados por esta recién descubierta habilidad para reconfigurar el mundo natural. Sin embargo, un poder de control de la naturaleza tan omnipotente como este es una gran tentación para quienes no se sienten limitados por el sentido común ni el respeto al bien común. Los impulsores genéticos han capturado ya la atención de las organizaciones más poderosas del mundo militar, de los agronegocios y otras industrias. La tecnología se presenta como relativamente simple y barata, de tal modo que fácilmente puede caer en manos de quienes, incluyendo gobiernos, pueden utilizarla como arma.

¿Cómo funciona un impulsor genético?

Un carácter es una cualidad determinada genéticamente (por ejemplo, color de los ojos). En la reproducción sexual normal, un carácter tiene solamente 50% de oportunidad de ser expresado. Con un impulsor genético, sin embargo, ese carácter es “impulsado” dentro del ciclo reproductivo del organismo, de tal forma que todos los descendientes siempre llevan y expresan el rasgo específico de interés. Los impulsores genéticos fuerzan a que un carácter diseñado artificialmente se distribuya a través de la población natural hasta que se vuelva ubicuo o haga que toda la población colapse.

Este resumen fue elaborado por el Grupo de Trabajo de la Sociedad Civil sobre Impulsores Genéticos, que incluye Biofuelwatch, Econexus, Grupo ETC, Amigos de la Tierra Estados Unidos, Hawai'i SEED y Navdanya.

Los primeros impulsores genéticos funcionales se mostraron a fines de 2014, mediante el uso de una nueva técnica de edición genética conocida como CRISPR-CAS9. Funcionan estableciendo un mecanismo genético que obligatoriamente se copia a sí mismo del padre al vástago, pasando en cascada de una generación a la próxima mediante reproducción sexual. Los impulsores genéticos sólo se pueden aplicar a especies que se reproducen sexualmente. El proceso natural de la herencia a través de la reproducción sexual es la piedra angular de la diversidad biológica dentro de las especies. Pero los impulsores genéticos obligan a una especie a volverse uniforme o a extinguirse –un resultado claramente anti-ecológico y una violación de los fundamentos de la evolución.

Por ejemplo, cuando un impulsor genético “ordena” a un organismo que tenga fosforescencia verde, la “reacción mutagénica en cadena” que sigue asegura que toda la progenie futura de ese organismo, y todos sus descendientes también expresen fosforescencia verde. Esto viola las reglas de la evolución de las especies, que usualmente limitan el paso de un nuevo rasgo solamente a algunos de los descendientes y limita la supervivencia a aquellos que tienen una ventaja selectiva.

Las implicaciones para las poblaciones naturales son demoledoras. La Figura 1a a la izquierda muestra el patrón normal de herencia a través de las generaciones. Si seguimos las leyes de la herencia genética, podemos esperar que aproximadamente el 50% de la descendencia de un organismo tenga ese gen específico. Una vez que un organismo alterado se introduce en una población, el número de organismos afectados puede diluirse a lo largo de las generaciones. Pero con un impulsor genético (como el de la Figura 1b) se heredará al 100% el nuevo rasgo entre todos los descendientes. En vez de diluirse, el nuevo rasgo se apodera de la especie.

Figura 1a. Herencia normal en 4 generaciones de moscas:

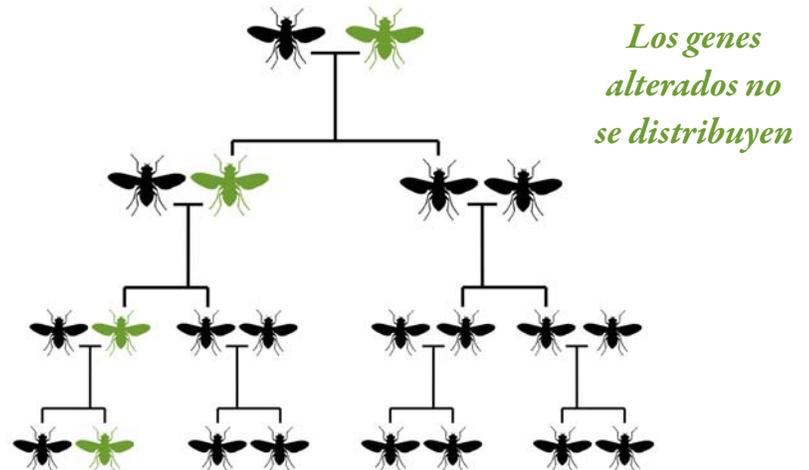
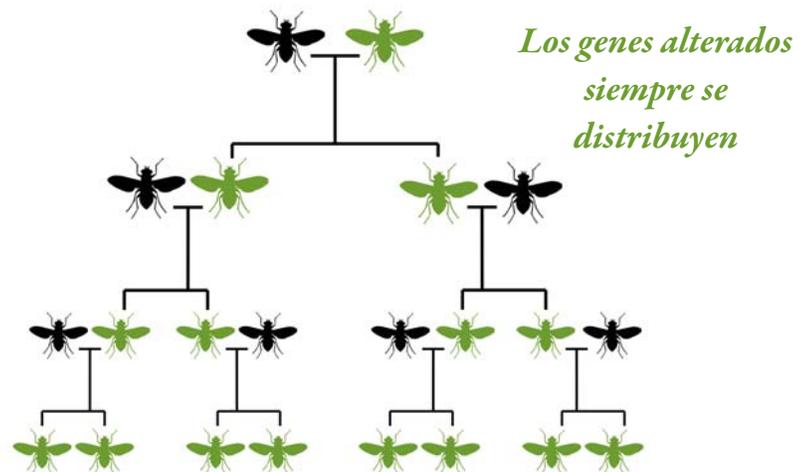


Figura 1b. Herencia de impulsor genético en 4 generaciones de moscas



Si alguien quisiera que una especie colapsara y se extinguiera, simplemente tendría que diseñar un impulsor genético que, por ejemplo, haga que toda la descendencia sea masculina. Este es el enfoque que se está usando en el desarrollo de los impulsores genéticos para roedores llamados “sin hijas” (*daughterless mice gene drive*). El roedor con el impulsor genético sin hijas, tendrá descendientes machos siempre, no importa con quien se cruce. A su vez, toda su progenie producirá solamente machos y ellos esparcirán el rasgo sin hijas hasta saturar esa especie de roedores y que la población colapse. Teóricamente, este mecanismo de “sólo machos” podría usarse en cualquier organismo que se reproduzca sexualmente.

Ejemplos de diversos impulsores genéticos

Global Drives – Impulsores globales:

Son impulsores genéticos estándar que continúan esparciéndose hasta que finalmente se apoderan de la especie completa (o causan que esa especie se extinga).

Reversal Drives – Impulsores reversibles:

Se trata de una propuesta especulativa para “deshacer” los efectos de un impulsor genético al introducir un segundo impulsor después del primero. Un informe reciente de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos duda que esta idea pueda ponerse confiablemente en funcionamiento.³

Split Drive – Impulsores de división:

Es una técnica en la que la mitad de un impulsor se diseña en el ADN de un organismo y la otra mitad en un trozo de un virus asociado con ese ADN, de tal forma que el organismo no compartiría todas las instrucciones del impulsor genético.⁴ El fin de esta variante pretende dar cierta seguridad en laboratorio pero no es viable para su uso en la naturaleza.

Daisy Drive - Impulsores Margarita:

Es la propuesta de un impulsor genético que teóricamente deja de trabajar después de cierto número de generaciones. Se supone que ello creará impulsores genéticos “locales” que no se esparcirán incontrolablemente.⁵ Su inventor, Kevin Esvelt, reconoce sin embargo que un impulsor Margarita podría mutar a convertirse en un impulsor global por accidente.

Cómo pueden utilizarse los impulsores genéticos:

1. Agricultura industrial

Los desarrolladores de los impulsores genéticos reconocen que los agronegocios tienen interés en esta tecnología para usarla de muchas formas, incluida la erradicación de “malezas” (con un “impulsor genético sensibilizando” que pudiera liberarse entre especies silvestres de hierbas invasoras para volverlas más susceptibles a un herbicida patentado como el Roundup) o la eliminación de lo que se considere plaga. La investigación sobre impulsores genéticos en moscas de la fruta, (*Drosophila Suzukii*), pretende erradicarlas globalmente y ahorrar en costos de plaguicidas y por cultivos perdidos.⁶ Otras plagas que se podrían impulsar a la extinción para proteger la agricultura industrial incluyen roedores, polillas y langostas. Los impulsores genéticos se podrían usar para acelerar la introducción de un rasgo genéticamente modificado en semillas de cultivos.

2. Usos militares

Los impulsores genéticos son un caso clásico del uso “doble” de la tecnología, lo que significa que una vez desarrollados para un fin, los gene drives podrían también utilizarse como arma o agente de guerra biológica. Por ejemplo, ya se está trabajando en hacer gusanos parásitos con impulsores genéticos para erradicarlos.⁷ La misma tecnología podría usarse para hacer que esos gusanos diseminan enfermedades o toxinas. Ya se crearon en laboratorio impulsores genéticos en levaduras y se pueden diseñar para que sean dañinas para los humanos.

La liberación de un impulsor genético en un campo agrícola podría atacar la producción alimentaria de un país entero. Y los impulsores genéticos en mosquitos y otros insectos se pueden usar para distribuir toxinas letales con su picadura.⁸

3. Ataque a enfermedades

Mucho del entusiasmo en torno a los plaguicidas se debe a que supuestamente erradicaban pestes de forma segura, pero de hecho son lo que Rachel Carson llamó “biocidas”, pues matan indiscriminadamente. Y mientras los beneficios que prometen quienes quieren usar impulsores genéticos se refieren a que se usarán contra ciertos organismos que acarrean enfermedad, no existe una base científica firme a partir de la que se pueda asegurar que su impacto no se esparcirá más allá del objetivo fijado. Tampoco de que la enfermedad no siga propagándose a través de nuevos vectores. Los siguientes ejemplos de impulsores genéticos se están desarrollando bajo el disfraz de exterminadores de enfermedades:

Mosquitos: Varios equipos trabajan en impulsores genéticos que erradicarían mosquitos o los re-diseñarían para que no puedan transmitir malaria. Teóricamente los mosquitos que transmiten el Zika y el Dengue también podrían combatirse con sistemas de impulsores genéticos.

Gusanos parásitos: Al menos un equipo trabaja en el desarrollo de impulsores genéticos para combatir los gusanos que causan la esquistosomiasis, y otros grupos proponen impulsores genéticos para el parásito que causa la tricuriasis y las lombrices intestinales.⁹

4. Mejora artificial de la Conservación

Un grupo reducido de conservacionistas argumentan que las herramientas que ocasionan deliberadamente la extinción podrían alterarse para propósitos buenos. Un consorcio de cinco socios (que incluye dos agencias de gobierno) encabezados por el grupo conservacionista Island Conservation están desarrollando roedores manipulados con impulsores genéticos que serían liberados en las islas, para matar a los ratones que dañan a las aves. Es el proyecto GBIRD (por sus siglas en inglés: Genetic Biocontrol on Invasive Rodents).

Intentan liberar esos impulsores genéticos para 2020.¹⁰ Adicionalmente, hay una propuesta muy promovida para desarrollar impulsores genéticos en mosquitos para liberar en Hawaii, donde una de las especies de mosquito acarrea una forma de malaria aviar que afecta a las aves nativas,¹¹ a pesar del hecho de que al menos una de las especies de aves afectadas ya desarrolló naturalmente resistencia a la malaria aviar y de que aún existen áreas libres de la enfermedad.¹² Este proyecto lo promueven The Long Now Foundation's Revive y Restore Project.¹³

¿Cuáles son los peligros de los impulsores genéticos para el ambiente?

La enorme amenaza de las consecuencias no deseadas

Los impulsores genéticos conllevan los mismos riesgos de bioseguridad que otros organismos genéticamente diseñados, y más. Existen registros de organismos genéticamente modificados que se comportan de formas inesperadas y ocasionan una variedad de daños ambientales, al tiempo que no cumplen satisfactoriamente lo que prometen. Los impulsores genéticos están diseñados no sólo para distribuirse rápidamente sino también con una eficiencia exponencialmente mayor. No hay nada en el mundo natural que se compare con ellos, lo cual limita nuestra capacidad para predecir su comportamiento. La eficiencia con la cual un organismo equipado con un impulsor genético puede diseminarse también pone en serias dudas la supuesta bioseguridad de los experimentos en confinamiento, ya que con un solo escape ya se estaría en una situación fuera de control.

La ruptura del tejido ecológico

Los impulsores genéticos están diseñados para crear cambios poblacionales a gran escala y para impactar intencionalmente ecosistemas enteros. Sabemos muy poco sobre cómo es el tejido de la vida. ¿Estamos realmente listos para dar pasos tan radicales que alteran el curso de la evolución? Es imposible predecir las consecuencias ecológicas de un trastorno que no tiene precedentes, con tal rapidez y masividad. Eliminar una plaga puede parecer atractivo, pero incluso las plagas tienen un lugar en la cadena alimenticia. Adicionalmente, erradicar una especie puede abrir espacio de formas impredecibles, para la expansión de otras especies que podrían transmitir enfermedades, afectar la polinización o amenazar la biodiversidad de otras formas.

¿Los impulsores genéticos podrían saltar entre especies?

Quienes promueven los impulsores genéticos los presentan como mecanismos precisos, igual que hicieron los promotores de los transgénicos. Pero los sistemas vivos y los procesos de reproducción sexual son azarosos e impredecibles. Sabemos que ocasionalmente ocurren transferencias genéticas horizontales (movimientos de genes entre especies diferentes) y que algunos genes se cruzan hacia especies relacionadas.

El uso de impulsores genéticos en agricultura intensificará las preocupaciones que ya existen sobre el uso de la ingeniería genética y los monocultivos en la agricultura industrial. Las estrategias de los impulsores genéticos podrían fortalecer el monopolio de mercado de los gigantes de los agronegocios como Monsanto y Syngenta, especialmente si las poblaciones de malezas silvestres se alteran para responder a sus químicos de patente o si se autorizan solicitudes de patente de amplio espectro. La decisión de erradicar poblaciones silvestres enteras consideradas malezas podría también causar daño a cultivos con importancia cultural y especies indígenas. Por ejemplo, las propuestas para usar los impulsores genéticos contra las amarantáceas en Norteamérica (*Amaranthus palmeri*) podría dañar especies de amaranto que se utilizan para alimento y otros propósitos en América Central, con profundo significado cultural.¹⁴

Peligros para la sociedad

Las implicaciones éticas, culturales y sociales de los impulsores genéticos pueden ser tan grandes como sus consecuencias ecológicas.

Organizaciones de la sociedad civil e incluso algunos investigadores de los impulsores genéticos están sonando la alarma por el poder que tiene esta tecnología. Sin embargo, una herramienta tan poderosa tal vez sea muy tentadora para las agencias de financiamiento de las instituciones militares y para los agronegocios de alta tecnología, que encuentran ventajoso explorar la Caja de Pandora. Lo cual nos lleva a una cuestión básica: ¿A quién beneficiará esto y quién decidirá cómo usarlo? Más aún, las patentes podrían impulsar la comercialización y fortalecer el control monopólico, justamente mediante el uso de esta tecnología.

La amenaza potencial de convertir a los impulsores genéticos en armas no puede menospreciarse. Si bien un impulsor genético dañino podría, teóricamente, diseñarse en un parásito que se distribuya velozmente para “erradicar” una población, o usarse para malograr una cosecha, la mayor amenaza podría venir del cambio en la

“Caminamos ciegos hacia delante. Estamos abriendo cajas sin pensar en las consecuencias. Nos caeremos de la cuerda floja y perderemos la confianza del público.”

– Kevin Esvelt, del MIT, desarrollador de los impulsores genéticos, a propósito del creciente interés en las aplicaciones de los mismos.¹⁵

geopolítica y los requerimientos de seguridad que la existencia de los impulsores genéticos podría desatar. La necesidad de supervisar los impulsores genéticos como armas biológicas potenciales podría expandirse y profundizar el control militar y su colusión con los desarrollos biotecnológicos para usos militares.

Las propuestas para liberar impulsores genéticos como “balas de plata” para enfrentar los retos de salud y conservación son sumamente riesgosas y especulativas. Pero los “remiendos tecnológicos” continúan vendiéndose al público mediante campañas falaces de los medios, corrupción de las agencias regulatorias y al exacerbar los miedos del público y las ansiedades sobre las enfermedades, el cambio climático y la extinción de las especies. Las tecnologías “bala de plata” (que afirman solucionar todo rápidamente) distraen en vez de contribuir al trabajo necesario para terminar las causas de esos problemas –como proveer servicios sanitarios y acceso a la salud, defender los derechos humanos, terminar con la pobreza y afirmar los derechos de las comunidades sobre sus territorios y como custodios de la naturaleza.

Qué debemos hacer:

Este documento fue preparado por el Grupo de Trabajo de la Sociedad Civil sobre Impulsores Genéticos.¹⁷ Pensamos que no hay ningún argumento válido para proceder con los experimentos de impulsores genéticos. En nuestra opinión, las propuestas para seguir avanzando en el mundo real con las pruebas de impulsores genéticos (por ejemplo el proyecto GBIRd encabezado por Island Conservation y los mosquitos con impulsores genéticos en Hawaii) son temerarios e irresponsables y no deben ser financiados o promovidos, particularmente por grupos sin fines de lucro u organizaciones filantrópicas cuyo contrato social y cuya exención de impuestos se finca sobre el principio de que están haciendo un servicio público.

“El proyecto de exterminar deliberadamente especies es un crimen contra la naturaleza y la humanidad... Desarrollar herramientas de exterminio con el pretexto de salvar al mundo es un crimen. Un crimen cuya continuación no debe permitirse.” – Dr. Vandana Shiva, India¹⁶

Demandamos:

- Un alto inmediato e internacional a la liberación y experimentación con impulsores genéticos.
 - Que todas las patentes existentes sobre esta tecnología sean anuladas por estar contra el interés público o como mínimo se entreguen a una agencia internacional encargada de evitar las licencias de uso de esta tecnología.
- Que científicos, organizaciones ambientalistas y de la sociedad civil, campesinos, pueblos indígenas, abogados, artistas y todos a quienes preocupa el bien común, hablen alto y claro en contra de los impulsores genéticos, exigiendo que se retire el apoyo financiero y la promoción de la tecnología de impulsores genéticos.

Notas finales:

- 1 Gantz VM, Bier E, 2015. “The mutagenic chain reaction: a method for converting heterozygous to homozygous mutations.” En *Science* (New York, NY). 2015;348(6233):442-444. doi:10.1126/science.aaa5945.
- 2 Jim Thomas, 2016. “Estudio de la Academia de Ciencias de Estados Unidos sobre conductores genéticos ignora cuestiones obvias e importantes”, publicado en *The Guardian*, junio 9 de 2016. Consultar la traducción en: <http://www.etcgroup.org/es/content/el-estudio-de-la-academia-nacional-de-ciencias-de-estados-unidos-sobreconductores-geneticos>
- 3 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2016. *Gene Drives on the Horizon: Advancing Science, Navigating Uncertainty, and Aligning Research with Public Values*. Washington, DC: The National Academies Press, 2016. doi:10.17226/23405.
- 4 James E DiCarlo, Alejandro Chavez, Sven L Dietz, Kevin M Esvelt y George M Church, 2015. “Safeguarding CRISPR-Cas9 Gene Drives in yeast.” En *Nature Biotechnology* 33, 1250–1255 (2015) doi:10.1038/nbt.3412
- 5 Kevin Esvelt, 2016. “‘Daisy drives’ will let communities alter wild organisms in local ecosystems.” <https://medium.com/mitmedia-lab/daisy-drives-will-let-communities-alter-wild-organisms-in-local-ecosystems-cb626c5a9f38#91i6eyhc0>
- 6 Li F. and Scott M. J., 2016. “CRISPR/Cas9-mediated mutagenesis of the white and Sex lethal loci in the invasive pest, *Drosophila suzukii*.” *Biochem Biophys Res Commun.* 469 (4): 911-916. doi: 10.1016/j.bbrc.2015.12.081. web
- 7 George Washington University News release, 2016. MaxMind gives \$100,000 to GW to create Gene Drive to eliminate schistosomiasis” Feb 1st 2016- http://www.eurekalert.org/pub_releases/2016-02/gwu-mg020116.php
- 8 *Science*. 2014 Aug 29;345(6200):1010. doi: 10.1126/science.345.6200.1010-b. Gene Drives raise dual-use concerns.
- 9 George Washington University News release “MaxMind gives \$100,000 to GW to create Gene Drive to eliminate schistosomiasis” 1 de febrero de 2016. http://www.eurekalert.org/pub_releases/2016-02/gwu-mg020116.php
- 10 Proyecto GBIRD (Genetic Biocontrol of Invasive Rodents) Conducido por Island Conservation International - detalles en <http://www.islandconservation.org/program-coordinator/>.
- 11 Antonio Regalado, 2016. “The Plan to Rescue Hawaii's Birds with Genetic Engineering” en *Technology Review*, 11 de mayo de 2016. En <https://www.technologyreview.com/s/601383/the-plan-to-rescue-hawaiis-birds-with-genetic-engineering/>
- 12 Samuel, M. D., B. L. Woodworth, C. T. Atkinson, P. J. Hart, and D. A. LaPointe. 2015. Avian malaria in Hawaiian forest birds: infection and population impacts across species and elevations. *Ecosphere* 6(6):104. <http://dx.doi.org/10.1890/ES14-00393.1>
- 13 Ver: <http://reviverestore.org/case-studies/>
- 14 Vandana Shiva, 2016. “Biodiversity, GMOs, Gene Drives and the Militarized Mind” en *Common Dreams*. 10 de julio de 2016. <http://www.commondreams.org/views/2016/07/10/biodiversity-gmos-gene-drives-and-militarized-mind>
- 15 Kristen v Brown, 2016. “This scientist is trying to stop a lab-created global disaster” En *Fusion.net* 27 de junio de 2016. <http://fusion.net/story/317396/kevin-esvelt-gene-drive-responsive-science/>
- 16 Vandana Shiva, 2016. *Op. Cit.*
- 17 Este resumen fue elaborado por el Grupo de Trabajo de la Sociedad Civil sobre Impulsores Genéticos, que incluye Biofuelwatch, Econexus, Grupo ETC, Amigos de la Tierra Estados Unidos, Hawai'i SEED, Navdanya y la autora independiente y abogada Claire Hope Cummings, M.A., J.D.