

Movimientos sociales *hacker*: contrapoder de la industria farmacéutica

Sergio Antonio Ellerbracke Román
Elba Lomelí Mijes
Universidad de Guadalajara (México)

Recibido: enero 20 de 2019. Revisado: marzo: 10 de 2019. Aceptado: mayo 15 de 2019

Referencia norma APA: Ellerbracke, S. A., & Lomelí, E. (2019). Movimientos sociales hacker: contrapoder de la industria farmacéutica. *Rev. Guillermo de Ockham*, 17(1), 29-39. doi: <https://doi.org/10.21500/22563202.4013>

Resumen

Un movimiento *hacker* es un movimiento social que surge de las tecnologías de la computación y se opone a estrategias perversas de grandes ejércitos, corporaciones y gobiernos. Un hacktivista se enfrenta a una realidad que no acepta creando un sistema que haga obsoleta dicha realidad. Bajo estas definiciones, en años recientes los autores hemos articulado una taxonomía de nueve movimientos sociales *hacker*: *whistleblower*, criptolibertarios, antiRFID, consumidores indignados, anarquistas, libres, wikipedianos, DOAJ y *cruncher*. En este trabajo nos enfocaremos en el movimiento *hacker cruncher*, y en particular en las iniciativas *cruncher* que se enfrentan a la industria farmacéutica por medio del cómputo colaborativo para el diseño de drogas asistido por computadora, para enfermedades olvidadas.

Palabras clave: *Hactivismo, cruncher, BOINC, World Community Grid, enfermedades olvidadas.*

Social Movements *Hacker*: counterpower of the pharmaceutical industry

Abstract

A *hacker* movement is a social movement that arises from computer technologies, and that opposes perverse strategies of large armies, corporations and governments. A hacktivist faces a reality that does not accept creating a system that makes the reality obsolete. Under these definitions, in recent years the authors have articulated one taxonomy of nine *hacker* social movements: whistleblower, crypto-libertarians, anti-RFID, indignant consumer, anarchist, free, Wikipedian, DOAJ and *cruncher*. In this work we will focus on the *hacker cruncher* movement, and particularly on the *cruncher* initiatives facing the pharmaceutical industry, through collaborative computer-assisted drug design for neglected diseases.

Keywords: *Hactivism, cruncher, BOINC, World Community Grid, Neglected Tropical Diseases.*

Introducción

Los movimientos ecologistas, los que luchan por la defensa de los derechos humanos, los que están en contra de la pobreza y la desigualdad, los que se oponen a los íconos de la economía neoliberal, los pacifistas, feministas, antinucleares, y los movimientos *hacker*, son movimientos sociales característicos del momento histórico que nos toca vivir y representan la mejor apuesta hacia la dignificación de una política devaluada, desprestigiada, corrupta e inoperante: la política de los partidos políticos en crisis.

Los autores hemos intentado caracterizar y delimitar una amalgama de movimientos sociales que tienen en común un origen derivado de las tecnologías de la computación, el *software* y la electrónica, y que denominamos movimientos *hacker*. Estos movimientos se oponen a las estrategias centrales de los grandes ejércitos, corporaciones y gobiernos. Los hacktivistas son luchadores sociales que utilizan la tecnología para enfrentarse a injusticias. Un hacktivista se enfrenta a una realidad que no acepta creando un sistema que haga obsoleta dicha realidad.

Bajo las definiciones del párrafo anterior caben toda una serie de movimientos sociales *hacker*: algunos de ellos operan en la legalidad y otros en la clandestinidad. Algunos con una enorme visibilidad mediática y otros apenas conocidos. Algunos cuyos integrantes se definen en términos de su hacktivismo y otros cuyos integrantes ignoran que forman parte de un movimiento social. Algunos con estructuras administrativas y financieras que garantizan su permanencia y desarrollo, y otros que apenas existen. Algunos en la escala de los cientos de miles de integrantes y otros en la escala de las decenas o centenares de luchadores sociales. Algunos admirados y otros criminalizados. Algunos con enormes avances en su agenda y otros apenas desarrollando su agenda. Algunos construyen y otros boicotean.

En esta heterogeneidad de movimientos sociales *hacker* presentamos nuestra propuesta de un espectro hacktivista compuesto por *whistleblower*, criptolibertarios, antiRFID, consumidores indignados, anarquistas, libres, wikipedianos, DOAJ y *cruncher*.

En contraposición, todos los movimientos sociales *hacker* son meritocracias, responden a la ética y trabajan de manera distribuida, en red.

En el presente trabajo nos concentraremos en el movimiento social *hacker cruncher*, uno de los movimientos sociales *hacker* menos estudiados. Pero primero necesitamos una visión de conjunto, para lo cual debemos encuadrar a los *cruncher* dentro del espectro hacktivista.

A continuación, nos enfocaremos en la definición de los *cruncher*: su dinámica, proyectos, organizaciones, membresía y role y terminaremos con conclusiones relativas a la maduración del movimiento *cruncher*.

El espectro hacktivista

Como un punto de partida, para Castells (2001) – quien trabaja a partir de la definición de Touraine– un movimiento social se caracteriza por la identidad del movimiento, el adversario del movimiento y la visión o modelo social del movimiento.

Por otra parte, Tobar (2001) define al tercer sector

(...) como un conjunto de iniciativas autónomas y “organizadas” para la gestión y promoción de valores y bienes sociales. Como un tejido espontáneo de formas de organización que se autodefinen negativamente en relación al Estado (en cuanto “no gubernamentales”) y en relación al mercado (en cuanto “no lucrativas”). A simple vista se trataría, entonces, de aquel espacio que resta de la suma de estos elementos” (p. 42).

Tobar también aporta como rasgos específicos de las ONG la inclusión de un componente de “servicio voluntario”, la horizontalización de las estructuras y la orientación hacia una participación amplia en la toma de decisión (*ibid.*, p. 43), rasgos que se encuentran en los movimientos *hacker*.

Comencemos con lo más importante: la identidad. Aplicando la definición de Castells-Touraine, para el caso de los movimientos *hacker*, se puede observar que obtienen su identidad a partir de tres definiciones distintas:

1. En una primera vertiente, algunos movimientos *hacker* construyen su identidad al concebir el *software* y la información como bienes públicos, situando de esta manera a su adversario en las empresas que afirman su propiedad privada del *software* o la información o que han llevado a cabo –ataques a los bienes públicos. La propiedad privada se puede operar por el esquema del *copyright* o por patentes. De esta manera, en este enfoque la visión de los movimientos *hacker* es la construcción de *software*, información o fármacos, públicos y libres, desarrollados mediante redes de personas que colaboran entre sí. Son actores importantes en la construcción de alternativas al estado actual de la globalización y la posmodernidad. Aquí entran los libres, los wikipedianos, los DOAJ y los *cruncher*.

2. En segundo lugar, algunos movimientos *hacker* van a obtener su identidad del enfrentamiento de la ética contra el uso perverso de las tecnologías de la computación y el *software*. Sus adversarios serían los gobiernos, ejércitos y corporaciones que hacen dichos usos perversos y su actuar sería por medio de la denuncia, la prevención o el sabotaje de los peores abusos de gobiernos, ejércitos y corporaciones. En esta vertiente se encuadran los *whistleblower*, los criptolibertarios, los antiRFID y los anarquistas.
3. Para el caso particular de los consumidores indignados, la identidad se construye ante el reconocimiento del hecho de que en amplias categorías de *hardware* y *software*, la innovación tecnológica ha dejado de ser el motor del desarrollo de esos tipos de *hardware* y *software* y la importancia objetiva de dicha innovación tecnológica es residual. El problema radica en que las corporaciones que fabrican esos *hardware* y *software* han entrado en un juego perverso en el que por un lado, engañan a sus consumidores con la ilusión de que las nuevas versiones y los nuevos equipos incorporan nuevas funcionalidades relevantes, y por el otro, lo que sí incorporan son técnicas de obsolescencia programada que reducen dramáticamente la duración natural de los equipos de *hardware* y de las versiones de *software*, obligando de esta manera a los usuarios a adquirir nuevos equipos y nuevas versiones. El actuar de los consumidores indignados parte del desenmascaramiento de las estrategias de engaño y boicot de

los fabricantes hacia sus consumidores, hasta llegar a la eliminación de estas estrategias perversas.

En la Tabla 1 presentamos una aproximación a nuestra caracterización de los movimientos sociales *hacker*. No obstante tener un carácter muy general, nos permite encuadrar al movimiento *cruncher* en el contexto del resto de movimientos *hacker*.

Pasemos a revisar el movimiento social *hacker cruncher*.

Los *cruncher* y la *World Community Grid*

Recordemos que los movimientos sociales se caracterizan por definirse en términos de una lucha contra un adversario. Específicamente, vamos a enfocarnos en los proyectos *cruncher* farmacéuticos y el adversario en este caso es la industria farmacéutica. Pero es menester aclarar primero las razones que hicieron surgir este movimiento social.

Nos referimos a un movimiento social cuyos proyectos están buscando la generación de fármacos. Y son proyectos necesarios, bien sea porque simplemente no existen fármacos para ciertas enfermedades (es el caso del dengue, el ébola, el zika, la distrofia muscular y ciertas variedades de la influenza), porque los fármacos actuales tienen serios efectos colaterales (leishmaniasis), porque la enfermedad está desarrollando inmunidad contra los fármacos existentes (malaria, tuberculosis), o porque los precios de los fármacos son desproporcionados (VIH, esquistosomiasis).

Tabla 1
Caracterización de los movimientos sociales hacker

Nombre	Identidad	Adversario	Organizaciones	Financiamiento
Whistle-blower	Ante la actuación ilegal e inhumana del gobierno federal estadounidense (y otros gobiernos y empresas), es preciso hacer públicos los documentos confidenciales de dichos gobiernos y agencias para desenmascararlos.	Ejércitos, agencias, gobiernos, empresas que actúan ilegalmente y disfrazan su actuar	Wikileaks/ The Intercept	Donaciones/ prensa
Cripto- libertarios	Como la NSA y otras agencias gubernamentales interceptan las comunicaciones de las personas, estas deben viajar encriptadas con criptografía dura.	NSA (National Security Agency)	Investigadores, profesionales y docentes de seguridad	Industria de software
AntiRFID	Caspian (Consumers Against Supermarket Privacy Invasion and Numbering) se enfrenta al hecho de que los movimientos y la identidad de una persona pueden ser rastreados al pasar cerca de lectores RFID. Las etiquetas RFID son números únicos, a diferencia del código de barras, y cualquier persona porta múltiples etiquetas RFID en cualquier momento, sin estar enterada ni dar su consentimiento.	Tecnología RFID	ONG/ Caspian	Donaciones
Libres	Desarrollo de software elaborado comunitariamente, que permite el acceso al código fuente y garantiza varias libertades por medio de la licencia GPL (General Public License).	Monopolios de software	Fundación/ FSF (Free Software Foundation)	Trabajo voluntario/ venta de servicios

Continúa

Tabla 1
Caracterización de los movimientos sociales hacker

Nombre	Identidad	Adversario	Organizaciones	Financiamiento
Cruncher	Cómputo colaborativo enfocado hacia la resolución de un problema científico o social.	Variable según el proyecto	Instituto Académico – ONG/ University of California (Berkeley), NSF e IBM	Trabajo voluntario
Anarquistas: Cracker / Warez / Crasher / Viruxer	Los hackers anarquistas operan sobre la lógica del boicot y son sus enemigos principales –pero no los únicos– las organizaciones que han expropiado al bien público. Los crackers y los warez se enfrentan al lobbying de la RIAA y la MPAA ante el Congreso estadounidense que ha derrumbado el bien público, al extender de forma permanente la protección mediante copyright y ante las prácticas monopólicas y de obsolescencia forzada, es preciso romper las protecciones anticopiado de música, películas y software, y poner dichos medios digitales a disposición de cualquiera. Los crasher lanzan ataques de sabotaje típicamente, pero no solamente ataques de denegación de servicio, con el propósito de hacer caer algunos sistemas de dichas organizaciones o gobiernos.	RIAA (Recording Industry Association of America), MPAA (Motion Picture Association of America) y monopolios de software. Corporaciones concretas o gobiernos específicos	Anonymous	
Wikipedianos/ Gutenberg/ Creative Commons / Netter / Blogger / Chatter	Movimientos que apuestan a la construcción de información pública y de acceso universal, Aquí se engloban los wikipedianos, que han logrado construir la enciclopedia líder, el proyecto Gutenberg, que es una recopilación comunitaria del conocimiento con copyright expirado o copyright donado por el propietario del derecho de autor, y la ONG Creative Commons, que busca la donación voluntaria de información y conocimiento de cualquier tipo, por parte del propietario del derecho de autor, cediendo algunos derechos y conservando otros mediante la adhesión voluntaria a formas de propiedad intelectual adaptadas del copyright (copyleft). Finalmente, mediante páginas personales, foros de discusión, blogs, comunidades virtuales o servicios de preguntas, millones de usuarios de internet construyen conocimiento público	Acceso privado a la información y el conocimiento	Fundación/ Wikipedia Foundation/ Project Gutenberg Literary Archive Foundation/ creative-commons.org/ comunidades	Trabajo voluntario
Consumido-res indignados	Se oponen a la política de obsolescencia programada de los fabricantes de hardware y software	Fabricantes de hardware y software		Trabajo voluntario
DOAJ	El movimiento DOAJ (<i>Directory of Open Access Journals</i>) busca el acceso gratuito y abierto al conocimiento científico. DOAJ aglutina diversos <i>journals</i> y publicaciones científicas de acceso gratuito. DOAJ se ha constituido en una alternativa al modelo vigente de ciencia elitista, en el que los <i>journals</i> científicos se publican por un puñado de editoriales especializadas y se adquieren a precios exorbitantes. En la actualidad, han logrado congregarse a más de 9000 <i>journals</i> de ciento veinte países, accesibles a texto completo y de forma gratuita. La inmensa mayoría en inglés, pero se aceptan todas las lenguas. Además, tenemos iniciativas con el mismo sustento, en otros idiomas, como el Redalyc, centrado en <i>journals</i> en español.	Acceso privado al conocimiento científico. Oligopolio de editoriales científicas	Instituto Académico / <i>Open Society Institute</i> – <i>Lund University</i> / Redalyc	Trabajo voluntario

Fuente: elaboración propia.

De cualquier manera, a pesar del carácter pujante de la industria farmacéutica la realidad es que en muchas ocasiones no proporciona las soluciones a las problemáticas sanitarias de la actualidad, bien sea porque no invierte en investigación para muchas enfermedades o porque los fármacos disponibles están fuera del alcance de muchos enfermos. Por esa razón, grupos de investigación universitarios o gubernamentales están aprendiendo las técnicas de generación de fármacos y pidiendo soporte a ingenieros y tiempo de máquina altruista a comunidades, para que les ayuden a identificar compuestos

que o bien sirvan como fármacos o bien sean sólidos puntos de partida para el desarrollo de fármacos. Y es bastante claro que o estos fármacos se puedan desarrollar al margen de la industria farmacéutica o todos los días morirán miles de personas a causa de enfermedades potencialmente tratables, personas cuyo “defecto” es no tener el nivel de ingresos necesario para ser considerado cliente por la industria farmacéutica o enfermarse de un padecimiento propio de países pobres o padecer una enfermedad “rara” para la cual no es negocio invertir a fin de obtener un fármaco.

Para entender a la industria farmacéutica de la actualidad debemos acudir al concepto de superfármaco, un medicamento que logra vender por lo menos mil millones de dólares al año. De acuerdo con Ioannidis (2013):

In 2011, sixty different drug products had sales exceeding \$1 billion in the United States alone; of those, 24 exceeded \$2 billions in sales. More than 100 drugs have exceeded \$1 billion in US annual sales at least once. The number is substantially larger if global markets are considered. Sales of the top 100 blockbusters globally accounted for \$285 billion in 2009, exceeding 35% of the global pharmaceutical market (p. 239).

Tomemos el VIH como ejemplo. El tratamiento en la actualidad es con antirretrovirales de varios tipos: los que inhiben alguna enzima –entre varias– que el virus necesita para reproducirse, los que impiden la entrada del virus a las células y los que impiden que el virus se fije. De cualquier manera, los tratamientos consisten en distintos tipos de antirretrovirales. Estos son exitosos, ya que aunque no curan la enfermedad logran llevarla a una fase crónica bajo control. En la actualidad, se consigue un incremento promedio de veinticuatro años en la esperanza de vida, pero a un costo superior a los seiscientos mil dólares por paciente (AP, 2006). Pero seiscientos mil dólares por el tratamiento para el VIH para un solo paciente o los correspondientes veinticinco mil dólares anuales, es una cantidad imposible para la inmensa mayoría de los enfermos.

La Tabla 2 muestra el costo en dólares de una caja con antirretrovirales para VIH. Es una tableta al día que no cura la enfermedad, pero permite vivir. El Atripla es una combinación de Efavirenz y Tenofovir Disoproxil Fumarate / Emtricitabine. El Tenofovir Disoproxil Fumarate / Emtricitabine también lo contiene el Complera y el Stribild, pero el Complera también contiene Rilpivirine, mientras que el Stribild tiene como compuestos adicionales al Elvitegravir y al Cobicistat. Finalmente el Triumeq está compuesto de Dolutegravir y Abacavir / Lamivudine (DHHS, 2015).

En la tabla II aparece Gilead, una farmacéutica menos conocida las otras tres, pero una empresa que ilustra el modelo económico vigente en la industria farmacéutica. Gilead Sciences, con sólo siete mil empleados, ya aparece entre las 500 empresas más importantes del planeta. Con 48.62% del porcentaje de ventas convertido en ganancias (FORTUNE, 2015), y con una modesta cantidad de empleados, Gilead aparece como una suerte de sueño hecho realidad para los propósitos de los especuladores de Wall Street.

Tabla 2

Precio del tratamiento de una caja con una combinación de antirretrovirales

Producto	Farmacéutica	Dosis	No. Tabletas	Costo de venta promedio (USD)
Atripla	Gilead / Bristol-Myers-Squibb	1 tableta al día	30	2551.99
Complera	Gilead	1 tableta al día	30	2463.37
Stribild	Gilead	1 tableta al día	30	2948.70
Triumeq	Pfizer / GlaxoSmithKline	1 tableta al día	30	2648.84

Fuente: DHHS, 2015, páginas K21 y K22

Así, en el 2017 murieron entre 670 000 y 1,3 millones de enfermos de VIH (Unaid, 2018), una enfermedad relativamente controlada si el paciente tiene suficiente dinero. Pero es que el VIH es un negocio fabuloso. Observemos que en el 2018 Estados Unidos tenía una población de un millón cien mil personas enfermas de VIH, de las cuales murieron en ese año 6000 enfermos. Compárese eso con la región del este y sur de África (Sudáfrica, Mozambique, Kenya, Zambia, Tanzania, Uganda, Zimbabwe, Malawi y Etiopía), que en el 2017 tenía 19 600 000 enfermos de VIH, de los cuales murieron 380 000 en ese mismo año (Avert, 2018; 2019). ¿Cuántos clientes de VIH tendrá la industria farmacéutica en Estados Unidos? Por poner un número, pensemos en unos seiscientos mil, que representarían 15 000 millones de dólares anuales para un solo país y una sola enfermedad.

La verdad es que “(...) las nuevas pandemias como el sida están arrasando sociedades enteras” (Gore, 2007, p. 179). Para el 2006, en algunos países del África subsahariana la esperanza de vida había retrocedido veinte años debido al sida. Con el esfuerzo de las ONG y algunas fundaciones y la importación de la India de antirretrovirales de bajo costo, varios países lograron incrementar en cinco años y medio su esperanza de vida (Avert, 2015). Pero el costo ha sido y continúa siendo una de las mayores vergüenzas en la historia de la humanidad, comparable al Holocausto nazi.

Desgraciadamente, no solo los precios de los superfármacos para el VIH y el sida condenan a muerte a los enfermos. Por ejemplo, el Alimta, un fármaco de Eli Lilly para el cáncer de pulmón, se vendía en alrededor de catorce mil pesos mexicanos el frasco (unos 700 dólares), antes de que venciera su patente y se autorizaran sus genéricos (Cofepris, 2014). De hecho, el concepto de superfármaco (ventas de mil millones de dólares al año) nos lleva a la exclusión de estos medicamentos. Si un superfármaco

obtuviera cien dólares por enfermo necesitaría diez millones de personas para alcanzar la meta. A mil dólares por paciente, con un millón es suficiente y a diez mil dólares por persona con solo cien mil enfermos se alcanzaría el objetivo. Los precios elevados están en la naturaleza de los superfármacos.

Sin embargo, últimamente somos testigos de un espectáculo escalofriante: el incremento demencial de los precios. Turing Pharmaceuticals adquirió una empresa que tenía los derechos del Daraprim, un fármaco para la toxoplasmosis, e inmediatamente elevó el precio de 13,5 dólares la pastilla (de por sí costosa), a 750 dólares. Rodelis Therapeutics hizo lo mismo y adquirió los derechos de la cycloserine –un fármaco para tratar casos resistentes de tuberculosis– y elevó el precio de 500 dólares la caja de 30 tabletas (exageradamente cara) a 10 800 dólares la caja. Valeant Pharmaceuticals adquirió los derechos del isuprel y del nitropress (el primero regula los ritmos cardíacos anormales y el segundo controla la hipertensión) y elevó el precio del primero en un 525 % (un milímetro alcanzó los 1346 dólares) y en un 212 % el segundo (dos milímetros en 805,61 dólares). El precio del doxycycline, un antibiótico, se incrementó de 20 dólares la botella a 1849 dólares (Pollack, 2015; Pmfarma, 2015).

Ahora bien, nos hemos referido al sida, a la tuberculosis, a la toxoplasmosis, a las enfermedades coronarias, a la hipertensión y al cáncer, enfermedades comunes que, además, se presentan en países con alto ingreso per cápita. Por otro lado, tenemos las llamadas “enfermedades olvidadas”, o “enfermedades desatendidas”, típicas de países pobres. Hay

(...) diecisiete enfermedades tropicales desatendidas que se extienden por 149 países. El área más afectada la forman el África Subsahariana, Asia y América Latina. Más de 1200 millones de personas en todo el mundo están discapacitadas o tienen deficiencias graves por la imposibilidad de que se les suministre vacunas o se les realice revisiones que prevengan las enfermedades (Low, 2004, p. 177).

Tristemente, tienen una enorme población afectada pero un bajo retorno de inversión. No son negocio. Entre estas enfermedades se encuentra la enfermedad de Chagas, la leishmaniasis, el ébola, la brucelosis, el dengue, la malaria, el cólera y el schistosoma. La malaria es particularmente terrible: se da en más de cien países y cada año enferman entre 300 y 500 millones de personas y más de dos millones de ellas mueren, sobre todo niños menores de cinco años (Genzmer, 2007). La industria farmacéutica no investiga las enfermedades olvidadas.

A la industria farmacéutica tampoco le interesan las enfermedades raras, aquellas que afectan a menos de cinco personas por cada diez mil. Son cientos de enfermedades, pero solo hay tratamientos para pocas enfermedades de este tipo. Si un investigador o un grupo de ellos de una universidad o centro de investigación avanza en el tratamiento para una enfermedad rara, las farmacéuticas no tendrían el menor problema de apropiarse de esa investigación y comercializarla, pero la industria farmacéutica prácticamente no lleva a cabo investigación alguna en este tipo de enfermedades.

Nuestro planteamiento apunta a que la humanidad asiste a una suerte de extorsión o asalto por parte de la industria farmacéutica, que nos pone una pistola en la cabeza y nos obliga a pagar o morir. El derecho a la ganancia es válido, pero no puede prevalecer sobre el derecho a la vida. Es lógico, entonces, que una enorme cantidad de personas estén enojadas, pero recordemos nuestra definición: un *hacktivista* se enfrenta a una realidad que no acepta y crea un sistema que hace obsoleta esa realidad. Y eso es, precisamente, lo que pretende el movimiento social *hacker cruncher*. Hay que hacer que la extorsión farmacéutica vuele por los aires al quitarle los fármacos a su industria y generar nuevos fármacos independientemente de ese monopolio, fármacos con esquemas de propiedad intelectual pública, libres y que cualquier fabricante o Gobierno pueda usar sin más.

Es el momento de presentar algunas definiciones del movimiento social *hacker cruncher*. Definimos un *cruncher* como un individuo que de forma voluntaria dona ciclos de reloj de equipos de cómputo y se integra en una o varias OSC (organización de la sociedad civil). Luego viene el *hacker cruncher*, ingeniero que desarrolla el *software cruncher* y coordina y opera el cómputo colaborativo característico de los proyectos *cruncher*. El tercer papel lo desempeñan los científicos *cruncher*, casi siempre académicos con doctorado, respetados en su ámbito de investigación, adscritos a un centro de investigación y que saben que parte del problema de investigación puede ser resuelto mediante simulaciones intensivas en cómputo. Los *cruncher* buscan el logro de objetivos meramente científicos o científicos/humanitarios, usando la infraestructura de cómputo colaborativo Boinc (*Berkeley Open Infrastructure for Network Computing*). Boinc es un *software* diseñado por un laboratorio de cómputo de la Universidad de California en Berkeley y financiado por la NSF (*National Science Foundation*). El objetivo –ya alcanzado– de Boinc es diseñar un *software* que se constituya en una infraestructura abierta de supercómputo en clúster, que puede ser usada por organizaciones *cruncher*.

Hay millones de personas que han sido *cruncher* en algún momento, de las cuales cientos de miles permanecen activas, así como un millar de *hacker cruncher* y otro millar de científicos *cruncher*. Un ingeniero que decide convertirse en *hacker cruncher* asume un compromiso de años de trabajo voluntario en el que, por un lado, debe aprender tecnologías de poca utilidad de manera externa a los proyectos *cruncher* (lograr ser competente en programación multinúcleo, en optimización de algoritmos intensivos en cómputo y dominar la plataforma Boinc). En seguida, debe comprender los requerimientos científicos complejos que difícilmente le serán útiles en su práctica profesional no *cruncher* (por ejemplo, los relativos al diseño de drogas asistido por computadora), y finalmente, debe dar soporte a la enorme cantidad de trabajo donado por los *cruncher* (lo que implica que estos sean capaces de descargar millones de unidades de trabajo *-wu work units-*, procesarlas en sus equipos y transferir los resultados en formas comprensibles para los científicos). Es mucho trabajo voluntario. Los *hacker cruncher* son profesionales de un gran compromiso.

En éste, como en otros movimientos *hacker*, los ingenieros ni pueden ganar solos, ni van solos, y el éxito depende del involucramiento de millones. En el caso del movimiento social *hacker cruncher*, a los ingenieros ni siquiera les corresponder detonar el movimiento, ni liderarlo. Aquí, la batuta de este empoderamiento social, de este urgente contrapoder a la industria farmacéutica, les corresponde a los científicos. Los proyectos *cruncher* farmacéuticos se encuadran en una tendencia de la industria farmacéutica, conocido como el “diseño de drogas basado en la estructura”, que comúnmente se sirve de una disciplina denominada “diseño de drogas asistido por computadora”. La industria farmacéutica ha sintetizado varios fármacos exitosos por ese método. El premio nobel de medicina de 1988 fue concedido a tres pioneros en esta técnica, los doctores James Black, Gertrude B. Elion y George H. Hitchings, debido a que

(...) la investigación de campo llevada a cabo por Black, Elion y Hitchings tiene un significado más fundamental. Mientras que el desarrollo de drogas se ha realizado principalmente en la modificación química de productos naturales, ellos introdujeron un enfoque más racional basado en la comprensión de procesos bioquímicos y fisiológicos básicos (Nobelprize, 1988).

Los doctores Black, Elion y Hitchings probaron las técnicas del diseño de drogas asistido por computadora en fármacos de quimioterapia, específicamente para la leucemia.

En este tipo de investigación, se analiza una molécula “objetivo” (*target*), y se trata de simular otra molécula (una proteína, enzima *-compound-*), que active o inhiba a la molécula objetivo (a este proceso de simulación se le llama *dock*). La simulación del acoplamiento entre un *compound* y un *target* se da en una unidad de trabajo (*Wu Work Unit*). Un proyecto *cruncher* se compone de millones de Wu's, donde cada Wu requiere tiempo de cómputo donado por un *cruncher*. Los *compounds* exitosos se denominan *hits*. Por supuesto, después de la etapa de simulación hay que hacer otros procesos, primero en laboratorio (*in vitro*), luego en seres vivos (*in vivo*), antes de contar con un fármaco, que ya se prueba en humanos, en ensayos clínicos. En las tablas 3 y 4 se ha intentado plasmar el proceso de elaboración colaborativa de un fármaco, de acuerdo con nuestra comprensión a partir de la lectura de las retroalimentaciones de los científicos *cruncher* a la comunidad *cruncher*, en varios proyectos de la World Community Grid.

En la Tabla 4 el paso 8 se sitúa en paralelo con los demás pasos, toda vez que se observa una diferencia entre los proyectos *cruncher* sudamericanos y los estadounidenses que vamos a revisar. Nuestro entendimiento es que los proyectos sudamericanos no pasan por el paso ocho, mientras que los estadounidenses sí. La explicación de esto nos la proporciona una retroalimentación del doctor Perryman (del proyecto *Go Fight Against Malaria*). De esta manera, los mejores *hits* son sujetos a modificaciones en el contexto de la colaboración entre químicos computacionales y químicos médicos, en el proceso denominado *hit to lead development*, para luego buscar la *lead optimization*. Estamos en los terrenos del diseño molecular, con el propósito de aumentar la potencia y disminuir la toxicidad del *hit*. Un lead es una molécula más grande que un *hit*, con una estructura más compleja que generalmente logra potencia nanomolar (alrededor de 1000 veces más potente que *hits*) (Perryman, 2014).

La WCG se ha distinguido por combatir varias enfermedades olvidadas: la malaria, la leishmaniasis, el dengue, la esquistomiasis, el zika, y el ébola. Además, hay proyectos contra la influenza, el cáncer, el sida y la distrofia muscular. Vamos a enfocarnos en los proyectos del WCG terminados para enfermedades olvidadas y revisar sus resultados. No es solamente una cuestión de espacio, del momento de nuestra investigación o del hecho de que la WCG se haya encauzado principalmente en estas enfermedades, sino también porque en la actualidad hay un vigoroso movimiento encaminado a las enfermedades olvidadas. Un actor principal es la DNDi (*Drugs for Neglected Disease Initiative*), una ONG derivada de *Médicos sin fronteras* que

está logrando resultados. Los proyectos *cruncher* farmacéuticos son parte de un todo vibrante, dinámico y bien organizado. Revisemos, entonces, *Say no to Schistosoma*, *Drug Search for Leishmaniasis*, *Discovering Dengue Drugs Together* y *Go Fight Against Malaria*.

Tabla 3

Primera fase del proceso de elaboración colaborativa de un fármaco

1a. Encontrar proteínas, enzimas u otro material biológico específico y crítico para un patógeno, y conocer su estructura tridimensional.	1b. Tener acceso a una base de datos de estructuras tridimensionales de compuestos, sustratos o moléculas.	1c. Elaborar la propuesta del proyecto de investigación, someterlo a la World Community Grid y obtener la aprobación
2. Trabajo conjunto entre hacker cruncher y científicos cruncher para implementar y probar el proyecto WCG		
3a. Crunchers: procesar Wu's.	3b. Hackers cruncher: soporte técnico del Proyecto. Retroalimentación a los crunchers.	3c. Científicos cruncher: colaboración con hackers cruncher. Retroalimentación a los crunchers
4. Procesamiento de la base de datos de resultados de las Wu's. Determinación de hints.		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4

Segunda fase del proceso de elaboración colaborativa de un fármaco

6. Prueba <i>in vitro</i> de las mejores drogas candidatas.	8. Química médica: perfeccionamiento del mejor <i>hint</i> mediante manipulación química generando así variantes.
7. Prueba <i>in vivo</i> de las drogas candidatas que superaron la prueba <i>in vitro</i> .	
9. Ensayos preclínicos.	11. Evaluación del fármaco por autoridades nacionales e internacionales. Modificación de protocolos médicos.
10. Ensayos clínicos.	

Fuente: elaboración propia.

Primero, la esquistomiasis, una enfermedad parasitaria producida por gusanos, se ha presentado en setenta y ocho países y es endémica en cincuenta y seis. Está asociada con agua contaminada con ciertos tipos de platelmintos. El noventa por ciento de las personas que requieren tratamiento viven en África. En América se encuentra en Brasil, Venezuela y República Dominicana, así como en varias islas del Caribe (WHO, 2019). Anualmente mueren doscientas mil personas a consecuencia de esta enfermedad (Hussain, 2014).

El proyecto *Say no to Schistosoma* (SN2S) fue presentado al *World Community Grid* en junio de 2008 por investigadores de *Inforium University*, en Belo Horizonte, Brasil. Una vez aprobado, se conformó un grupo de ingenieros de IBM que de forma voluntaria trabajaron codo a codo durante años con los científicos brasileños, para implementar el proyecto en la plataforma Boinc. Después de haber sido probado fue lanzado a la comunidad del WCG en febrero de 2012. La comunidad WCG donó 20 790 años de cómputo que permitieron simular cuatro millones de interacciones entre componentes químicos y proteínas objetivo, lo cual arrojó treinta y cuatro componentes prometedores.

A continuación se integraron al proyecto investigadores de la Fundación Oswaldo Cruz, quienes de la mano con investigadores de *Inforium University*, hicieron la prueba *in vitro* de dieciocho compuestos. El más prometedor a la fecha es la digoxina, un medicamento para enfermedades cardíacas que ya está en el dominio público (*Drugbank*). El siguiente paso fue hacer la prueba con seres humanos, de manera que en agosto de 2013 se solicitó autorización al Comité Brasileño de Ética en la Investigación (*Comissão Nacional de Ética em Pesquisa*), que depende del Ministerio Brasileño de Salud (SN2S, 2013). En abril de 2015, la investigación llegó al punto de contar con tres nuevos fármacos a partir de los cuales se está intentando contar con una opción viable para tratar la esquistomiasis (SN2Sb, 2015). La última actualización del proyecto (noviembre de 2015) informó que se estaba gestionando la autorización para las pruebas *in vivo* (SN2Sa, 2015).

En segundo lugar se tiene el dengue, una enfermedad viral transmitida por mosquitos del género *Flavivirus*. El virus de esta enfermedad tiene una estructura con intersecciones importantes con los virus causantes de la fiebre del Nilo, la fiebre amarilla, y la hepatitis C, por lo que un fármaco exitoso contra una de estas enfermedades tiene la posibilidad de funcionar con otro mal de este grupo (UTMB, 2016). La Organización Mundial de la Salud establece que en las últimas décadas ha aumentado enormemente la incidencia del dengue en el mundo, al punto de que la mitad de la población del planeta corre el riesgo de contraer la enfermedad. Además, el dengue se presenta en climas tropicales y subtropicales de todo el planeta, especialmente en áreas urbanas o semiurbanas. La OMS reporta que el número de casos notificados pasó de 2,2 millones en 2010 a 3,2 millones en 2015. Finalmente, no existen tratamientos ni fármacos específicos para el dengue o el dengue grave (dengue hemorrágico) (OMS, 2018).

El proyecto *Discovering Dengue Drugs-Together* fue presentado ante la *World Community Grid* por la rama de medicina de la Universidad de Texas (*UTMB University of Texas Medical Branch*). Los *crunchers* fueron convocados a dos fases del proyecto, de agosto de 2007 hasta julio de 2012. La última actualización del proyecto estuvo fechada en marzo de 2015 y se informó que terminaron la prueba de compuestos *in vitro* e *in vivo* y encontraron un compuesto que se liga y deshabilita a la enzima proteasa del virus del dengue. Así mismo, descubrieron que este compuesto trabaja con la enfermedad del virus del Nilo y se demostró que no tiene efectos colaterales (toxicidad, carácter cancerígeno o carácter mutagénico). Los investigadores están trabajando ahora con químicos médicos (*medicinal chemists*) para modificar químicamente el compuesto, generando con ello variantes más efectivas y pasar a las pruebas preclínicas y clínicas (UTMB, 2015). La última actualización es de octubre de 2017 y los investigadores informaron que aún no habían logrado desarrollar un inhibidor potente, pero que continuaban trabajando y habían invitado a más grupos de investigadores para desarrollar la tarea (Watowich, 2017).

En tercer lugar encontramos la leishmaniasis, un conjunto de enfermedades causadas por el género *Leishmania* de la familia de protozoarios *Trypanosomatidae*. Es una enfermedad ligada a la pobreza y a la desnutrición. Aproximadamente hay 1,3 millones de nuevas personas infectadas al año y mueren entre veinte y treinta mil personas al año por esta enfermedad. La leishmaniasis pertenece al grupo de enfermedades que están expandiendo su zona geográfica debido al calentamiento global (OMS, 2014), Adicionalmente, los medicamentos tienen cierta toxicidad ya que contienen antimonio, a lo que se añade que *Leishmania* está desarrollando resistencia a los tratamientos actuales.

Drug Search for Leishmaniasis comenzó a operar en agosto de 2011 y se procesaron *work units* hasta agosto de 2013. El proyecto lo opera el Programa de Estudio y Control de Enfermedades Tropicales (Pecet), de la Universidad de Antioquia, Colombia y en particular el doctor Carlos Muskus y su equipo de trabajo. Entre el 2011 y el 2013 se simuló las interacciones de 600 000 compuestos contra más de 50 proteínas específicas de *Leishmania*. Para julio de 2015 concluyó la fase *in vitro* y se encontraron cuatro compuestos exitosos. Desgraciadamente, en marzo de 2018 los investigadores reportaron que en la siguiente fase los compuestos no fueron viables para combatir la enfermedad (Muskus, 2018).

La última enfermedad olvidada acerca de la cual ha finalizado un proyecto de la *World Community Grid* es la malaria o paludismo. Según la Organización Mundial de la Salud, en el 2016 se registraron 216 millones de casos, de los cuales 445 000 resultaron fatales, que corresponden a 1200 por día. El 70 % de las muertes se presenta en niños menores de cinco años. El 80 % de los casos y el 90 % de los fallecimientos se presentan en el África subsahariana. El virus ha ido generando resistencia contra los medicamentos, por lo que es urgente el desarrollo de nuevos fármacos. Para complicar el panorama, los vectores han desarrollado resistencia a los insecticidas (OMS, 2018b). La malaria es una de las tres enfermedades más mortíferas junto con el VIH y la tuberculosis.

El proyecto *Go Fight Against Malaria* (GFAM) se lanza a la comunidad *cruncher* en noviembre de 2011 y termina en junio de 2013. Fue presentado por *The Scripps Research Institute* en La Jolla, California. El instituto *Scripps* es importante para la comunidad *cruncher* farmacéutica por dos razones: primero, desarrollaron los *software* libres *AutoDock* y *AutoDock Vina*, utilizados para simular y predecir cuándo un compuesto pequeño se acopla con una molécula de estructura conocida. Estos *software* se utilizan en varios proyectos *cruncher* farmacéuticos. En segundo lugar, el instituto *Scripps* es responsable de otros dos proyectos *cruncher* farmacéuticos: *FightAids* y *Outsmart Ebola Together*. Actualmente, GFAM está trabajando en *hits* prometedores tanto para la malaria como para la tuberculosis, relativos al diseño de drogas en el proceso *hit to lead development*, para luego buscar la *lead optimization* (Perryman, 2014).

Conclusiones

Los *cruncher* necesitan un caso exitoso de tratamiento novedoso y efectivo para una enfermedad olvidada. Sería el primer fármaco elaborado gracias al esfuerzo de un grupo de investigadores universitarios apoyados por *hackers* y voluntarios *cruncher*, totalmente al margen de la industria farmacéutica y su modelo de negocios, lo cual le permitiría obtener mayor visibilidad, clarificar sus estrategias y ser capaces de convocar un número importante de voluntarios *cruncher* que colaboren en un mayor conjunto de proyectos *cruncher* farmacéuticos.

De acuerdo con lo que observamos en los foros del WCG, no hay mucha cohesión entre los diferentes proyectos *cruncher* farmacéuticos. Si hacemos el recuento, tenemos, por un lado, diez proyectos concluidos en la WCG (*Say no to Schistosoma*, *Drug Search for Leishma-*

niasis, *Discovering Dengue Drugs Together, Go Fight Against Malaria, Help Cure Muscular Dystrophy, Influenza Antiviral Drug Search, Help Fight Childhood Cancer, Help Conquer Cancer, Help Defeat Cancer y Outsmart Ebola Together*), cinco proyectos activos (*Open Zika, Help Stop TB, FightAIDS@home, Smash Childhood Cancer, y Mapping Cancer Markers*) y dos proyectos de Boinc independientes de la WCG (*FiND@home, Malariaccontrol.net*). Además, hay por lo menos una decena de proyectos de ciencia básica que inciden en los proyectos farmacéuticos. Finalmente, se tienen otras organizaciones *cruncher* “umbrella” (contenedores y facilitadores de proyectos *cruncher*), además de la WCG (como *CAS@home, Citizen Science Grid, e ibercivis*). En total, son unos treinta proyectos, aunque es difícil que todos compartan la visión del desarrollo de fármacos bajo esquemas de propiedad intelectual pública. Sin embargo, algunos de ellos sí están en ese marco de referencia, porque así lo han manifestado. Ya se cuenta con el *Boinc Workshop*, un evento académico anual en el que conviven *crunchers* con científicos para compartir experiencias y desarrollar sinergias.

Las capacidades involucradas en el desarrollo de fármacos, especialmente las referentes a las especializaciones de la química computacional y la química médica, deben permear las universidades y centros de investigación de países en vías de desarrollo, de manera que aspiren a la autosuficiencia farmacéutica. Si los proyectos *cruncher* se estructuran en redes de colaboración, podrían generarse dichas capacidades.

Finalmente, el número de enfermedades para las que no existe un tratamiento eficiente y accesible, aunado al número de compuestos cuya estructura tridimensional se conoce, ubica los proyectos *cruncher* farmacéuticos como eslabón permanente de la cadena de valor de la generación de fármacos del dominio público. Si el proceso de desarrollo de medicamentos comienza con el análisis de cientos de miles de moléculas para discernir cuáles son activas contra cada enfermedad, nuestra percepción es que no solo los movimientos *cruncher* farmacéuticos deben cohesionarse entre sí y con el resto de iniciativas farmacéuticas del dominio público, sino que estas iniciativas también deben aprender a colaborar con los *cruncher*. Debe lograrse que la comprensión y colaboración sea de dos vías.

Referencias

AP. (2006). *HIV patients will spend \$600K for lifetime care*. Disponible en: <http://www.nbcnews.com/id/15655257/ns/health-aids/t/hiv-patients-will-spend-k-lifetime-care/#.VhBhzitUVsd>, el 9 de Marzo de 2019.

AVERT. (2015). *Impact of HIV and AIDS in sub-Saharan Africa*. Disponible en: <http://www.avert.org/impact-hiv-and-aids-sub-saharan-africa.htm>, el 11 de noviembre de 2016.

AVERT. (2017). *HIV and AIDS in East and Southern Africa Regional Overview*. Disponible en: <https://www.avert.org/professionals/hiv-around-world/sub-saharan-africa/overview>, el 9 de Marzo de 2019.

AVERT. (2018). *HIV and Aids in the United States of America*. Disponible en: <https://www.avert.org/professionals/hiv-around-world/western-central-europe-north-america/usa>, el 9 de Marzo de 2019.

Castells, M. (2001). *La era de la información. Vol. II: El poder de la identidad*. México, Distrito Federal: Siglo XXI Editores.

COFEPRIS (2014). *La Secretaría de Salud aprueba 28 nuevos genéricos para tratar enfermedades crónicas*. Disponible en: http://www.salud.gob.mx/ssa_app/noticias/publica.php?tipo=0&seccion=2014-02-04_6748.html&n_seccion=Boletines, el 11 de noviembre de 2016.

DHHS. (2015). *Guidelines for the Use of Antiretroviral Agents in HIV-1-Infected Adults and Adolescents*. Disponible en: <https://aidsinfo.nih.gov/guidelines>, el 11 de noviembre de 2016.

DRUGBANK. (s/d). *Digoxin*. Disponible en: <http://www.drugbank.ca/drugs/DB00390>, el 11 de noviembre de 2016.

FORTUNE. (2015). *Global 500*. Disponible en: <http://fortune.com/global500/>, el 11 de noviembre de 2016.

Genzmer, H.; Kershner, S. y C. Schütz. (2007). *Grandes catástrofes de la historia. Desde desastres naturales hasta guerras y ataques terroristas, sin olvidar algunas desgracias derivadas de los avances tecnológicos*. China: Parragon.

GOODRX. (2019). *Atripla*. Disponible en: <https://www.goodrx.com/atrimpla>, el 9 de Marzo de 2019.

GOODRX. (2019a). *Complera*. Disponible en: <https://www.goodrx.com/complera>, el 9 de Marzo de 2019.

GOODRX. (2019b). *Stribild*. Disponible en: <https://www.goodrx.com/stribild>, el 9 de Marzo de 2019.

GOODRX. (2019b). *Triumeq*. Disponible en: <https://www.goodrx.com/triumeq>, el 9 de Marzo de 2019.

Gore, A. (2007). *El ataque contra la razón. Cómo la política del miedo, el secretismo y la fe ciega erosionan la democracia y ponen en peligro a Estados Unidos y al mundo*. México, Distrito Federal: Random House Mondadori.

Hussain, S. (2014). *Schistosomiasis*. Medscape. Disponible en: <http://emedicine.medscape.com/article/228392-overview>, el 11 de noviembre de 2016.

Ioannidis, J.P.A. (2013). *Mega-Trials for Blockbusters*. En: *JAMA The Journal of the American Medical Association* 309(3):239-240. Disponible en: <http://jama.jamanetwork>.

- com/article.aspx?articleid=1557740, el 11 de noviembre de 2016.
- Low, J. y P.C. Kalafut. (2004). *La ventaja invisible. Cómo impulsan los intangibles el rendimiento empresarial*. Barcelona:Empresa Activa.
- Muskus, C. (2018). *Drug Search for Leishmaniasis Project Continues Quest for Better Treatments*. Disponible en: https://www.worldcommunitygrid.org/about_us/viewNewsArticle.do?articleId=556, el 9 de Marzo de 2019.
- NOBELPRIZE. (1988). *The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1988*. Disponible en: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1988/press.html, el 9 de Marzo de 2019.
- OMS. (2018). *Dengue y dengue grave*. Organización Mundial de la Salud. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/es/>, el 9 de Marzo de 2019.
- OMS. (2018b). *Paludismo*. Organización Mundial de la Salud. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs094/es/>, el 9 de Marzo de 2019.
- Perryman, A. (2014). *GO Fight Against Malaria update: promising early findings for malaria & drug-resistant tuberculosis*. World Community Grid Article News. Disponible en: https://secure.worldcommunitygrid.org/about_us/viewNewsArticle.do?articleId=373, el 11 de noviembre de 2016.
- PMFARMA. (2015). Especuladores financieros disparan el precio de los medicamentos. Disponible en: <http://www.pmfarma.com.mx/noticias/12177-especuladores-financieros-disparan-el-precio-de-los-medicamentos.html>, el 11 de noviembre de 2016.
- Pollack, A. (2015). Drug Goes From \$13.50 a Tablet to \$750, Overnight. En: *New York Times*, 21 de septiembre de 2015. Disponible en: <http://www.cnbc.com/2015/09/21/drug-goes-from-1350-a-tablet-to-750-overnight.html>, el 9 de Marzo de 2019.
- SN2S. (2013). *Say No To Schistosoma Results*. Disponible en: <http://www.mestradoti.com.br/schistosoma/results>, el 9 de Marzo de 2019.
- SN2S. (2015a). *Say No to Schistosoma project update - November, 2015*. Disponible en: https://secure.worldcommunitygrid.org/forums/wcg/viewthread_thread,38648, el 9 de Marzo de 2019.
- SN2S. (2015b). *Turning virtual results into real-world treatments for schistosoma*. Disponible en: https://secure.worldcommunitygrid.org/about_us/viewNewsArticle.do?articleId=427, el 9 de Marzo de 2019.
- Tobar, F. y Fernández. C. (2001). *Organizaciones solidarias. Gestión e innovación en el tercer sector*. Buenos Aires:Lugar Editorial.
- UNAIDS. (2018). *Global HIV & AIDS statistics — 2018 fact sheet*. Disponible en: <http://www.unaids.org/en/resources/fact-sheet>, el 9 de Marzo de 2019.
- UTMB. (2012). Past Project Reports: February 2, 2012. *The University of Texas Medical Branch. Discovering Dengue Drugs - Together Project Status*. Available in: https://www.utmb.edu/discoveringdenguedrugs-together/Project_Status.asp, november 11, 2016.
- UTMB. (2016). *Discovering Dengue Drugs - Together*. Available in: <https://www.utmb.edu/discoveringdenguedrugs-together/>, november 11, 2016.
- Watowich, S. (2017). *Discovering Dengue Drugs - Together Takes a New Approach to Data Analysis*. Disponible en: https://www.worldcommunitygrid.org/about_us/viewNewsArticle.do?articleId=541, el 9 de Marzo de 2019.
- WHO. (2019). *Schistosomiasis. Country maps*. Disponible en: http://www.who.int/schistosomiasis/epidemiology/global_atlas_maps/en/, el 9 de Marzo de 2019.