



Monitoreo Basado en TICs de Deforestación Vinculada al Cambio Climático: El Caso de INPE en la Amazonia Brasileña

Autor: Raoni Rajão

Reseña General

La deforestación es una de las fuentes principales de gases de efecto invernadero y causa por lo menos dos tercios de las emisiones de Brasil (Greenpeace 2011). PRODES y DETER son dos sistemas de monitoreo satelital usados para diseñar políticas y empleados por las fuerzas del orden en la Amazonia brasileña. Su fin es frenar la deforestación y así, reducir las emisiones. Con el correr de los años, la información brindada por estos sistemas ha establecido una zona común clave para los debates sobre políticas entre los organismos del gobierno brasileño, las ONG ambientales y los científicos, lo que ha contribuido a los esfuerzos por monitorear y responder al cambio climático. El estudio de caso de estos sistemas hace hincapié sobre el papel que desempeñan el constante apoyo político, la negociación y la transparencia en el desarrollo exitoso de tecnologías de información y comunicación (TIC) para el monitoreo del cambio climático.

Descripción de la Aplicación

PRODES (Programa de Estimación de la Deforestación en la Amazonia Brasileña) fue creado inicialmente en 1988 por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE, por su sigla en portugués) de Brasil. Los orígenes del sistema se pueden rastrear a la decisión del gobierno militar a fines de los sesenta de invertir en tecnología de teledetección. Luego de esta inversión inicial, con el paso de los años INPE se convirtió en un instituto de investigación de primera línea para la detección de recursos naturales y cambios en el uso del suelo mediante TIC avanzadas.

PRODES fue diseñado para producir un cálculo anual de la superficie total de bosque perdido en kilómetros cuadrados, así como el desglose de dicha cifra entre los nueve estados de la zona brasileña de la Amazonia. Con miras a promover la transparencia, a partir de 2003, INPE comenzó a publicar en línea no solo las cifras globales, sino también los mapas detallados de la deforestación con la ubicación de las áreas despejadas individuales.

En términos generales (ver Figura 1), PRODES detecta deforestación sobre la base de imágenes satelitales capturadas mediante el satélite estadounidense Landsat y el sino-brasileño CBERS. Luego las imágenes se procesan por medio de algoritmos informáticos y las interpreta un equipo local de técnicos y científicos. A continuación, PRODES genera un mapa georeferenciado de toda la Amazonia con polígonos individuales que indican la ubicación de la deforestación.

Aprovechando una base similar de tecnología y de conocimientos, en 2004 INPE produjo DETER (Sistema de Detección de la Deforestación en Tiempo Real), un sistema de monitoreo satelital que detecta la deforestación cada quince días y brinda cálculos mensuales basados en imágenes obtenidas de sensores colocados en los satélites estadounidenses Terra y Acqua (ver también Figura 1).

En la actualidad, diversos grupos gubernamentales y no gubernamentales utilizan PRODES y DETER en forma intensiva. A causa de su confiabilidad y comparabilidad a lo largo de más de 20 años, PRODES es aún el sistema principal que se usa para debatir los más relevantes cambios políticos luego de la publicación anual de sus datos. Por otra parte, DETER se usa sobre todo para evaluar mes a mes el resultado de las acciones y para dirigir las medidas tomadas por las fuerzas del orden en el bosque.

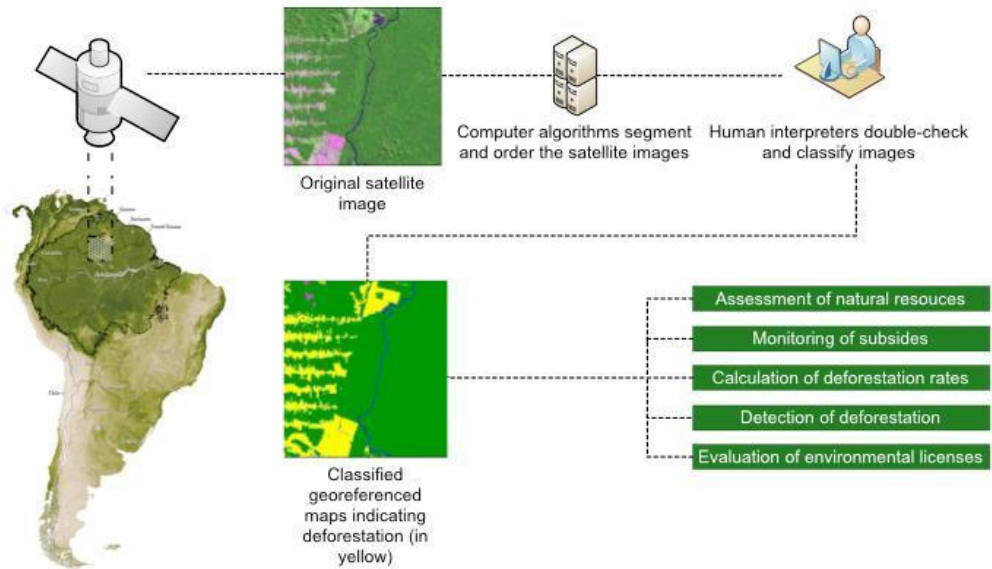


Imagen satelital original – Algoritmos informáticos segmentan y ordenan las imágenes satelitales – Intérpretes humanos verifican y clasifican las imágenes – Mapas georeferenciados clasificados que indican la deforestación (en amarillo) – Evaluación de recursos naturales / Monitoreo de hundimientos / Estimación de tasas de deforestación / Detección de la deforestación / Evaluación de licencias ambientales

Figura 1: Representación esquemática del funcionamiento de PRODES y DETER (Rajão y Hayes, 2009)

Impulsores y Fines

Una de las causas principales del cambio climático es el aumento de gases de efecto invernadero en la atmósfera del planeta. Si bien la mayor causa de las emisiones de gases de efecto invernadero es la generación de electricidad y la producción de bienes industriales, la deforestación (y sus actividades relacionadas) contribuye alrededor del 17% de las emisiones mundiales (IPCC 2007). En Brasil, la proporción de emisiones debido a la deforestación es aún mayor. Aquí, la destrucción de la Amazonia y otros biomas representa las tres cuartas partes de las emisiones de carbono del país, lo que significa que es la cuarta economía emisora del mundo (Greenpeace 2011). En consecuencia, crece el consenso entre científicos y diseñadores de políticas dentro y fuera del Brasil con respecto a que reducir la pérdida continua de los bosques de la región es un elemento clave del éxito de cualquier estrategia mundial para enfrentar el cambio climático.

Los sistemas de monitoreo basados en TIC avanzadas desempeñan un papel clave en las respuestas al cambio climático, ya que permiten que los diseñadores de políticas y otros grupos de interés políticos tomen decisiones fundamentadas acerca de las estrategias para frenar las emisiones de gases. No obstante, para que un sistema de monitoreo sea útil en el diseño de políticas, los diversos grupos involucrados deben percibir que es confiable. Desde mediados de los setenta, el INPE ha producido evaluaciones de la deforestación de la Amazonia por medio de tecnología satelital avanzada, pero el período inicial se destacó por fuertes debates entre científicos, ambientalistas y políticos con respecto a las cifras correctas de la deforestación total de la Amazonia brasileña.

Como resultado de esta falta de acuerdo, a menudo los temas políticos relevantes de la región quedaban eclipsados por acusaciones mutuas acerca de aspectos básicos como si la deforestación estaba bajo control o si iba en aumento por el efecto de las políticas de colonización de la región (políticas que fomentaban la transformación del bosque amazónico en tierras de cultivo). Un ejemplo de ello fue lo sucedido a mediados de los ochenta, cuando el gobierno brasileño desdeñó la inquietud

de los científicos acerca del aumento de la deforestación (ej. Fearnside 1982) y dio su aprobación a proyectos importantes de colonización amazónica (Hecht & Alexander 1989). Fue recién después de 1988, con la creación de PRODES y un largo proceso de negociación, que el gobierno tuvo a su disposición cifras anuales de deforestación universalmente aceptadas y producidas por medio de una metodología coherente y aceptada.

Es así que se puede considerar que los principales impulsores internos de estos proyectos son en parte políticos y en parte informativos, con el objetivo central de producir datos acordados acerca de la deforestación. No obstante, hubo, además, impulsores externos. Según unos científicos y políticos de alto rango, PRODES también surgió en reacción a la publicación de proyecciones de deforestación que hicieron que el Banco Mundial congelara el pago de préstamos a Brasil. Para contrarrestar tales proyecciones, el gobierno central le solicitó a INPE que produjera estimaciones anuales de deforestación sobre la base de observaciones reales de cambios en la utilización de la tierra originadas en imágenes satelitales.

Grupos de Interés

En el desarrollo inicial de PRODES estuvieron involucrados altos funcionarios y políticos del gobierno federal, así como científicos del INPE. Sin embargo, durante los noventa y la primera década del siglo XXI, científicos de otras instituciones e integrantes de ONG ambientales también comenzaron a utilizar al PRODES y a contribuir a su desarrollo. Entre estas contribuciones se cuentan, por ejemplo, grupos de presión que lograron la publicación de todos los mapas de la deforestación en Internet en lugar de solo las cifras finales. Con la creación de DETER en 2004, los guardabosques de las agencias ambientales federales y estatales —en especial los de IBAMA, la agencia del Ministerio del Medio Ambiente federal encargada de aplicar la ley— comenzaron a utilizar los sistemas de monitoreo de INPE.

Impacto: Costo y Beneficios

Es posible percibir los efectos del desarrollo de PRODES y DETER en diversas áreas. Gracias al desarrollo de PRODES durante los noventa, el anterior antagonismo entre los científicos dentro y fuera del INPE se transformó en una colaboración fructífera. Durante este período, los científicos del INPE realizaron investigaciones con algunos de los científicos que antes habían criticado su labor e integraron algunas de sus sugerencias a la metodología para la detección de la deforestación. Entre estas sugerencias se incluye, por ejemplo, la consideración de la deforestación anterior a los setenta y la revisión subsiguiente de las cifras totales de deforestación, dentro del PRODES.

Además, fue posible observar la creciente confianza depositada en PRODES a medida que sus cifras acerca de la deforestación comenzaron a coincidir con las de estudios independientes y sus datos comenzaron a ser incluidos con más frecuencia en publicaciones académicas e informes políticos. Con la publicación en línea de los mapas de deforestación de PRODES en 2003 y la creación de DETER en 2004, la reputación del INPE como institución confiable y transparente se consolidó aún más. Dicha trayectoria sugiere que las continuas inversiones del gobierno brasileño en tecnología satelital, su transparencia acerca de las fuentes de datos y estimaciones y su disposición a negociar han contribuido a un proceso de construcción de capacidades que posiciona al Brasil como una de las naciones al frente del monitoreo satelital de la deforestación (Kintisch 2007, Stern 2007).

Hoy día, los sistemas de monitoreo del INPE desempeñan un papel central en las diversas actividades de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales. Funcionarios gubernamentales, integrantes de ONG ambientales y científicos a menudo utilizan los datos del INPE como una base que se supone exacta para debatir alternativas políticas y evaluar el resultado de acciones anteriores. Además, en vista de la política de apertura adoptada por INPE, cada vez son más las ONG y las instituciones académicas que usan sus datos detallados sobre la deforestación para realizar su propio análisis político, y a partir de él ofrecer asesoramiento al gobierno. Es así posible trazar la relación entre los aumentos de las tasas de deforestación detectadas por PRODES y DETER y los cambios clave de políticas. Entre ellos se incluyen el aumento de la reserva legal (el segmento obligatorio de tierra conservada dentro del total de tierras privadas) de la Amazonia del 50 al 80% en 1996; la creación del plan para proteger y controlar la deforestación en la Amazonia (PPCDAM) en 2004; la promulgación del decreto 6321/2007, que restringe el crédito bancario para agricultores de la región, y el aumento de las áreas protegidas.

Como se ha señalado, a partir de 2004 y con la creación de DETER, son cada vez más los guardabosques que también han adoptado esta tecnología para hacer cumplir en la línea de fuego las políticas de control de la deforestación en la Amazonia, lo que, sin embargo, no ha funcionado del todo bien. La lógica en "tiempo real" de DETER no se ha asimilado bien a la lógica del trabajo en tierra. El supuesto del diseño de DETER consiste en que los guardabosques acudan al área de deforestación en cuanto el sistema la detecte. Empero, los guardabosques han indicado que, en realidad, debido a la baja resolución de las imágenes de DETER, las largas distancias que es preciso atravesar, el a menudo deficiente estado de los caminos, los brotes de violencia rural y el restringido número de guardabosques, por lo general se espera a que la deforestación en una zona dada llegue a cierto nivel y que haya mejores imágenes satelitales disponibles antes de que valga la pena enviar un equipo de guardabosques. De modo que en lugar de utilizar el SIG en tiempo real, como preveían los diseñadores del sistema, los guardabosques a veces dejan pasar varios meses antes de acudir a una zona de deforestación ubicada por el sistema y aplicar multas. No obstante, en general el uso de la tecnología ha mejorado en forma notoria su capacidad para identificar y procesar a agricultores que despejan sus tierras en forma ilegal (ver Figura 2).



Figura 2: Un guardabosque utiliza el sistema DETER y un dispositivo GPS para actuar en contra de la deforestación ilegal en la Amazonia (foto de Raoni Rajão, 2009)

Existen pruebas que indican que algunas de las políticas y las prácticas de las fuerzas del orden facilitadas por los sistemas de monitoreo del INPE han resultado en la disminución de la deforestación. Entre 2004 y 2010 hubo un aumento significativo de la cantidad de multas por deforestación ilegal en la región. Durante el mismo período, las pérdidas anuales por deforestación decayeron de 27.000 kilómetros cuadrados al año a menos de 6.500 (Phillips 2011). Ambos datos sugieren que existen adelantos en la gobernanza de la Amazonia. Asimismo, según Soares-Filho *et al.* (2010), la expansión de las áreas protegidas al 54% del bosque que queda fue la causa del 37% de la reducción total de la deforestación en la región. El presupuesto anual del INPE para la investigación y el desarrollo satelital —entre otras actividades— es de alrededor de US\$120 millones. Aunque no es posible evaluar las ventajas de PRODES y DETER sin emprender cálculos complejos y a menudo controvertidos acerca del costo de escenarios alternativos, parece razonable afirmar que los beneficios de las TIC del INPE fueron mucho mayores que los costos financieros que insumieron.

Evaluación: Fracaso o Exito

Si se considera la amplia aceptación de estos sistemas en el diseño de políticas en la Amazonia y la consiguiente disminución de la deforestación, es evidente que el desarrollo de PRODES y DETER ha sido exitoso. Parece, por lo tanto, razonable argumentar que estos sistemas de monitoreo han contribuido a enfrentar el cambio climático en formas significativas.

No obstante, se pueden identificar ciertos aspectos que se deberán abordar en el futuro. En especial, en vista de su amplia aceptación por parte de diversos grupos, los datos producidos por INPE a menudo constituyen la línea de base principal para debatir políticas amazónicas. Este enfoque ha disminuido la importancia de la participación de otros grupos (por ejemplo, las poblaciones indígenas y los agricultores) y otros tipos de datos (etnografías, informes locales) en el diseño de políticas.

Por último, se ha observado que los sistemas de monitoreo del INPE han sido víctimas de su propio éxito. La relación entre el desarrollo de estos sistemas y la disminución de la deforestación ha dado lugar a que ciertos autores y diseñadores de políticas consideren que tales artefactos tecnológicos son capaces de reducir la deforestación en la región de manera determinista. A su vez, tal convicción desatiende el hecho de que se puede reformular esta tecnología de diversas formas para subordinarla a los intereses de grupos diferentes en épocas diferentes. Por otra parte, a causa del enfoque en tecnología, en gran medida se han desconocido las voces de ciertos grupos importantes —tales como los guardabosques de IBAMA— en el desarrollo de nuevos sistemas. Si bien estos aspectos no menoscaban el mérito del INPE, sí sugieren que para garantizar el rendimiento a largo plazo de PRODES y DETER, el gobierno brasileño deberá cambiar algunas de sus prácticas.

Facilitadores/Factores Clave para el Exito

Constante apoyo político. INPE es, sobre todo, una institución académica que genera investigación de primera línea sobre la teledetección. Gracias al constante apoyo político del gobierno central, que ha invertido en la institución durante más de cuatro décadas, INPE ha logrado mantener una postura cercana a la comunidad científica, pero a la vez distante de las luchas políticas específicas en torno a los datos que produce. De tal manera, INPE ha logrado evitar los conflictos de interés que pueden surgir cuando la misma agencia que desarrolla el sistema de información es también la responsable de abordar el cambio climático.

Apertura a la negociación y a la adaptación del sistema de información. Es difícil imaginar qué hubiera sucedido si INPE no hubiera aceptado las diversas sugerencias de la comunidad científica con respecto al diseño del sistema de información a inicios de los noventa. Se puede, sin embargo, aventurar que la capacidad de INPE para negociar y colaborar con la comunidad académica en general y, de manera más reciente, con las ONG ambientales —e incorporar sus ideas a sus propias operaciones— ha sido concluyente para establecer su sistema de información como una base ampliamente aceptada en la formulación de políticas para la Amazonia. En especial, parece ser que la capacidad de algunos de los científicos del INPE para comprometerse con las preocupaciones de la comunidad científica en general y escucharlas, y más recientemente, la voluntad de algunos políticos de colocar las voces de las ONG ambientales en el centro del diseño de políticas han constituido facilitadores importantes para el éxito de esta iniciativa en torno a las TIC. A lo largo del ciclo de vida del sistema de información, la negociación ha sido, por tanto, esencial: en la planificación del sistema, en la producción de la información y en el uso de dicha información en la toma de decisiones.

La transparencia de los datos. La creciente transparencia de sus sistemas de monitoreo ha desempeñado un papel importante en el éxito del INPE. En especial, la publicación en Internet de los datos de PRODES y DETER acerca de la deforestación no solo aumentó la confianza en el trabajo de INPE, sino que permitió que otros grupos, tales como las ONG ambientales, realizaran su propio análisis independiente y brindaran asesoramiento político.

Limitaciones y Desafíos

La ausencia de voces clave en el diseño del sistema. Si bien el INPE y el gobierno central han mantenido contactos fructíferos con ONG ambientales y la comunidad científica, otros grupos importantes se siguen dejando de lado. Como ya se ha señalado, a los guardabosques no les resultó de mucha utilidad contar con los datos que brinda el sistema DETER en tiempo real. En lugar de necesitar datos sobre deforestación más puntuales, en las entrevistas y conversaciones informales los guardabosques solicitaron imágenes con mejor resolución, mejor integración entre el SIG y otras bases de datos del gobierno (como datos impositivos, del sistema topográfico y del catastro), más capacitación y mejores condiciones de trabajo para efectuar su labor. Sin embargo, los científicos del INPE que diseñaron el sistema insisten que la retroalimentación por parte de los usuarios no es necesaria para el desarrollo de sistemas mejores.

Recomendaciones y Aprendizajes

Se identifican tres aprendizajes principales que surgen del caso de estudio. Si se tienen en cuenta estas lecciones, es posible realizar algunas recomendaciones para otros países sobre cómo elaborar TIC exitosas para el monitoreo del cambio climático.

Garantizar que la información brindada se vincula con la toma de decisiones y la acción. La información solo tiene valor formal si se convierte en decisiones y luego en acciones. Se puede entonces argumentar que el gran éxito del INPE reside no tanto en la información sobre cambio climático que brinda, sino en la incorporación y uso de esa información por parte de un ecosistema de otras organizaciones dentro y fuera del gobierno. El diseño y el funcionamiento de sistemas de monitoreo del cambio climático facilitados por TIC deben, por lo tanto, incluir una percepción clara sobre cómo se utilizará la información producida y quiénes lo harán.

Las responsabilidades en torno al suministro de información deben estar separadas de las responsabilidades sobre la toma de decisiones. El apoyo político intersectorial ha logrado que el INPE desarrolle capacidad científica confiable y profesionalizada para el suministro del monitoreo del cambio climático basado en TIC. Dicho apoyo es más fácil de lograr si las responsabilidades en torno al suministro de información están separadas de las responsabilidades con respecto a cómo se usa esa información para tomar e implementar decisiones tanto políticas (como en el caso del Ministerio del Medio Ambiente) como tácticas (como en el caso de los guardabosques). Se debe tener en cuenta dicha separación en la formación de estructuras organizacionales para el monitoreo del cambio climático.

El acceso a los datos debe ser libre. Este estudio de caso sugiere que la importancia de las TIC en el monitoreo del cambio climático no solo reside en la producción final de información por parte de estos sistemas. También radica en su capacidad de poner a disposición los datos en bruto para ser usados por otras organizaciones. Estos usos incluyen la verificación de las cifras totales, pero también la reutilización de los datos en otros tipos de análisis. La experiencia del INPE sugiere que el uso de canales de acceso abierto, como Internet, es un factor importante en lograr el valor más amplio posible de este tipo de sistema basado en TIC.

Se deben encontrar formas de zanzar las brechas entre el diseño y la realidad. Los guardabosques tienen dificultades para usar el sistema DETER ya que, en el fondo, existe una brecha muy amplia entre las suposiciones incluidas en el diseño del sistema y las realidades concretas que enfrentan. Es decir, la brecha entre el diseño y la realidad es demasiado amplia. Cerrar tales brechas en los sistemas de monitoreo del cambio climático basados en TIC constituye una importante vía de acceso al mayor éxito de tales sistemas. Un requisito clave para efectuar este cierre es que los diseñadores y programadores del sistema presten más atención a la forma en que se usan sus tecnologías en la realidad, y deben aceptar que quienes utilizan los sistemas —cuyo rango en la organización tal vez sea relativamente bajo— tienen voces legítimas para realizar aportes valiosos a la mejora de los sistemas de información sobre el cambio climático.

Fuentes e Información Adicional

El estudio de caso que se ha presentado está basado sobre todo en datos primarios recolectados por Raoni Rajão (Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, raoniguerra@gmail.com) en Brasil entre junio y agosto de 2007, y entre septiembre de 2008 y agosto de 2009. En estos dos períodos, se realizaron 85 entrevistas semiestructuradas con políticos (incluidos tres exministros del medio ambiente), científicos de alto rango del INPE y funcionarios de IBAMA, entre otros grupos. Asimismo, documentos gubernamentales que abarcan las últimas cuatro décadas y observaciones directas y participativas de las prácticas también desempeñaron un papel importante en la elaboración del caso de estudio. En Rajão y Hayes (2009) se brinda un análisis más detallado acerca de la relación entre los sistemas de monitoreo del INPE y el contexto institucional del gobierno brasileño. En Hayes y Rajão (2011) se ofrece un análisis de la relación entre los sistemas de monitoreo del INPE y el desarrollo sustentable; un tema estrechamente vinculado al abordaje del cambio climático.

Referencias Bibliográficas

- Fearnside, Philip M. (1982) Deforestation in the Brazilian Amazon: How fast is it occurring? *Interciencia*, 7(2), 82-85.
- Greenpeace (2011) *Deforestation and Climate Change*, Greenpeace, Londres.
<http://www.greenpeace.org.uk/forests/climate-change>
- Hayes, Niall & Rajão, Raoni (2011) Competing institutional logics and sustainable development: the case of geographic information systems in Brazil's Amazon region. *Information Technology for Development*, 17(1), 4-23.
- Hecht, Susanna & Cockburn, Alexander (1989) *The Fate of the Forest: Developers, Destroyers and Defenders of the Amazon*, Verso, Londres.
- IPCC (2007) *Climate Change 2007 - Mitigation of Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Kintisch, Eli (2007) Carbon emissions: improved monitoring of rainforests helps pierce haze of deforestation. *Science*, 316(5824), 536-537.
- Phillips, Tom (2011) Brazil's crackdown on deforestation of the Amazon. *The Observer*, 21 de mayo.
- Rajão, Raoni & Hayes, Niall (2009) Conceptions of control and IT artifacts: an institutional account of the Amazon rainforest monitoring system. *Journal of Information Technology*, 24(4), 320-331.
- Soares-Filho, Britaldo Silveira et al. (2010) Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(24), 10821-10826.
- Stern, Nicholas (2007) *The Economics of Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.

EDITORES:

Richard Heeks

Angelica Valeria Ospina

El proyecto sobre **Cambio Climático, Innovación y TIC** es una iniciativa dirigida por el Centro de Informática para el Desarrollo (CDI por sus siglas en inglés) de la Universidad de Manchester, Reino Unido, con el apoyo financiero del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC por sus siglas en inglés). Se acceder a más información acerca del proyecto y sus recursos asociados en: <http://www.niccd.org>

