

Las tecnologías de la información y el cambio climático en los países en desarrollo

Fernando Borraz*

Resumen

En un artículo de prensa en el International Herald Tribune del 27 de septiembre de 2007, Ban Ki-moon, secretario general de Naciones Unidas estableció: "A partir de ahora el cambio climático no es un tema principalmente del medio ambiente (...) Como un tema político, el cambio climático se convierte en estrechamente vinculado con el desarrollo económico (...)".

Este estudio analiza el vínculo entre las tecnologías de la información y comunicación y el cambio climático en países en desarrollo y plantea una agenda de investigación sobre el tema.

Las TIC tienen un rol relevante en los países en desarrollo por su aporte en reducir las emisiones de otros sectores de la economía; por ejemplo, a través del teletrabajo, las teleconferencias y los sistemas inteligentes, que permiten una menor utilización de energía y, por lo tanto, menores emisiones de gases. Sin embargo, el proceso de adaptación mediante TIC debe tener en cuenta la desigualdad y pobreza en países en desarrollo, con el fin de evitar exacerbar las mismas.

Palabras clave: tecnologías de la información, cambio climático

Abstract

In a press article in the International Herald Tribune of September 27th, 2007, the secretary general of the United Nations, Ban Ki-moon, established "Henceforth, climate change will no longer be a primarily environmental concern (...) As a political issue, climate change becomes closely linked to economic development (...)". This study analyzes the link between information and telecommunication technologies and climate change in developing countries and discusses a research agenda for the topic.

The information and communications technologies have a key role in developing countries because of their contributions to reduce emissions in other sectors of the economy such as telework, teleconferences and intelligent systems that reduce the use of energy and therefore the

Recibido: 27-02-2012 Aceptado: 23-05-2012 Recibido versión final: 04-07-2012.

* Banco Central del Uruguay y Departamento de Economía-Facultad de Ciencias Sociales-Universidad de la República. Las opiniones expresadas son las del autor y no necesariamente reflejan la posición oficial del BCU. Cualquier error es de responsabilidad exclusiva del autor. Correo electrónico: fborraz@gmail.com

greenhouse emissions. However, the adaptation process through information and communications technologies should take into account the poverty and inequality levels in developing countries in order to avoid exacerbating them.

Key words: Information technology, climate change

JEL Classification: L96, Q54

Résumé

Dans un l'article du journal international Herald Tribune du 27 septembre 2007, Ban Ki-moon, Secrétaire général de l'ONU a déclaré: « désormais le changement climatique ne sera pas un sujet lié principalement à l'environnement (...) Comme une question politique, le changement climatique est devenu un sujet étroitement lié au développement économique (...) ».

Cette étude analyse le lien entre les technologies de l'information et des communications et le changement climatique dans les pays en développement et propose un programme de recherche sur le sujet.

Les TIC jouent un rôle important dans les pays en développement pour leur contribution à la réduction des émissions provenant d'autres secteurs de l'économie ; par exemple, par le biais du télétravail, des téléconférences et des systèmes intelligents qui permettent une réduction de l'utilisation d'énergie et, par conséquent, de réduire les émissions de gaz. Toutefois, le processus d'adaptation grâce aux TIC doit prendre en compte l'inégalité et la pauvreté dans les pays en développement, afin d'éviter leur aggravation.

Mots clés : technologies de l'information, changement climatique

I. Introducción¹

En los últimos años se observa un crecimiento explosivo en el acceso y uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en los países en desarrollo. La contribución del sector a la producción ha crecido constantemente en los últimos 20 años y la tendencia indica un mayor peso de dicho sector en la economía en general.

Se puede decir que existe una visión positiva y un consenso general en cuanto a que las TIC pueden desempeñar un papel clave en el crecimiento económico. A nivel general, las ventajas específicas de la adopción de las TIC sobre el crecimiento de la actividad económica suelen asociarse con ganancias en productividad y reducción de costos de coordinación y transacción. En los últimos años, distintos esfuerzos de investigación han ido construyendo un consenso que permite identificar una relación positiva entre la adopción de TIC y crecimiento económico tanto para países desarrollados (Röller y Waverman, 2001) como para países en desarrollo (Katz, 2009).

1 Agradezco los valiosos comentarios de Roxana Barrantes y la asistencia de Nicolás González Pampillón para la elaboración de este estudio. Este trabajo se llevó a cabo con la ayuda de fondos asignados al IEP por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo y de la Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional, Ottawa, Canadá.

Sin embargo, un efecto colateral del incremento en la actividad del sector de TIC es su impacto en el medio ambiente y, en particular, en el aumento de la emisión de gases de efecto invernadero². Si bien el sector de TIC emite relativamente menos gases que otros sectores de la economía³, las perspectivas de su crecimiento futuro sostenido y los recientes choques climáticos ocurridos encienden una luz de alerta sobre el tema medioambiental. Los cambios climáticos observados claramente constituyen un obstáculo al desarrollo de países emergentes que intentan superar la pobreza y desigualdad. Se observa una distribución desigual de dichos cambios en donde los países más pobres son los más afectados. Las modificaciones en el clima en los países en desarrollo afectan principalmente poblaciones vulnerables (agricultores, pescadores, mujeres, etc.) limitando así sus posibilidades de superación y aumentando el riesgo de caer en trampas de pobreza (Azariadis y Stachurski, 2004) que perpetúan su situación.

Por otra parte, las TIC pueden colaborar en lo referente al monitoreo del cambio climático, involucrando a los ciudadanos en el tema, creando mecanismos de alerta temprana de eventos extremos y mediante una mejor gestión de desastres naturales.

También es de destacar que las TIC tienen un rol relevante por su aporte a reducir las emisiones de otros sectores de la economía; por ejemplo el teletrabajo, las teleconferencias y los sistemas inteligentes, que permiten una menor utilización de energía y, por lo tanto, menores emisiones de gases. En esta área, la experiencia global en países en desarrollo es escasa, destacándose notoriamente la experiencia de la compañía China Mobile que condujo a una reducción significativa de las emisiones (Tianjian et al, 2011).

Por lo tanto, es sumamente relevante el estudio de la relación entre TIC y medio ambiente, a efectos de poder analizar adecuadamente la relación entre TIC y desarrollo. Desafortunadamente, la totalidad de los estudios sobre el tema se han concentrado en países desarrollados (Young, 2010) y no existen estudios para países emergentes.

El presente estudio analiza el vínculo entre las tecnologías de la información y comunicación y el cambio climático en países en desarrollo. Se explicitan los principales temas a discutir y las relaciones existentes para la correcta investigación de los mismos. Adicionalmente, dado que los vínculos son múltiples se decidió concentrarse en los efectos de mayor magnitud que serán presentados individualmente en las próximas secciones. La exposición aislada de cada vínculo es únicamente a efectos de una mejor claridad expositiva pues en la práctica existen múltiples interrelaciones entre TIC y cambio climático.

En particular, se analizan los siguientes cuatro temas, en el contexto de países emergentes y poniendo la mirada en América Latina: 1) relación entre TIC y adaptación al cambio climático, 2) TIC y manejo de desastres relacionados al cambio climático, 3) TIC y mitigación del cambio climático, y 4) posición de empresas operadoras de TIC respecto al cambio climático. Cada sección comienza con el desarrollo del tema y es seguido por ejemplos.

2 Dióxido de carbono o CO₂ es el más relevante de dichos gases.

3 Menos del 3% según OECD (2010).

Finalmente, la quinta sección plantea una agenda de investigación para el tema tecnologías de la información y cambio climático en países en desarrollo.

II. TIC y adaptación al cambio climático

En esta sección se aborda la relación entre adaptación y cambio climático, desde dos perspectivas. La primera referida a las medidas de adaptación que tendrá que realizar el sector de tecnologías de la comunicación y la información (TIC) debido a la variabilidad climática, sobre todo en lo referente a los peligros que enfrentará su infraestructura. La segunda está relacionada a los aportes que pueden realizar las TIC a los esfuerzos de adaptación al cambio climático que se realizan en distintos sectores y niveles.

En la tercera asamblea del Global Environment Facility (GEF) en Sudáfrica, el Director de Medio Ambiente del Banco Mundial, Walter Evans, resaltaba la creciente importancia del cambio climático. Evans establecía que:

“La adaptación a los riesgos climáticos tiene que ser tratado como un riesgo económico y social importante para las economías nacionales, y no sólo como un problema de medio ambiente a largo plazo. Mediante la mejora de gestión de riesgos climáticos y desarrollando instituciones con los países socios podrán responder mejor a los crecientes riesgos del cambio climático y, al mismo tiempo, hacer que las inversiones actuales de desarrollo sean más resistentes a la variabilidad del clima y fenómenos meteorológicos extremos”.

La *adaptación* hace referencia a las distintas medidas y acciones que políticos, empresas, productores y sociedad deben tomar para posicionarse mejor frente a la variabilidad climática actual y los posibles escenarios climáticos futuros. Según Nelson et al. (2007, pp. 1) el proceso de adaptación es “el cambio deliberado en anticipación de, o en reacción a, los estímulos externos”. La variabilidad climática comprende a “las variaciones en el estado promedio del clima en todas las escalas temporales y espaciales, más allá de los eventos individuales del tiempo” (USAID, 2007, p. 2). Ejemplos de variabilidad climática son sequías, inundaciones, el fenómeno de El Niño. Como se mencionó anteriormente, los países en desarrollo son los más vulnerables al cambio climático, sin embargo, son escasas las acciones de adaptación ejecutadas.

Si bien existen diferencias técnicas entre variabilidad y cambio climático -pues la primera se analiza en horizontes temporales más cortos (meses, años o una década), mientras que el cambio climático en varias décadas o siglos-, desde un punto de vista práctico, ambos fenómenos aumentan las vulnerabilidades de los países menos desarrollados. Por lo tanto, nos concentraremos en el uso de las TIC para contrarrestar tanto al cambio climático como a la variabilidad climática. Dentro de esta última, tenemos los eventos climáticos extremos. Los países en desarrollo mayoritariamente no están adaptados para la ocurrencia de dichos eventos. En la medida que las sociedades aprendan a lidiar con la variabilidad climática existente podrán obtener sociedades menos vulnerables frente a los posibles escenarios

futuros de cambio climático. Estos cambios pueden ser un obstáculo severo al desarrollo de los países, pues pueden destruir cosechas, infraestructuras, etc.

En este contexto, la Gestión de Riesgos Climáticos (GRC) adquiere relevancia ya que es un punto clave en el proceso de adaptación. La GRC básicamente implica cinco actividades: 1) proveer información acerca de la variabilidad climática (reducir incertidumbres, elaborar pronósticos y escenarios, considerar alertas tempranas). En este punto se trata de **entender los riesgos**; 2) evaluar impactos de la variabilidad climática para diferentes horizontes temporales. En este punto se procura **calcular los riesgos**; 3) evaluar intervenciones producto del desarrollo de nuevas tecnologías o políticas. En este caso hablamos de **gestionar los riesgos**; 4) **informar** las decisiones, planificaciones, políticas y programas de desarrollo; 5) **monitorear** el clima, vegetación y humedad del suelo. Cabe destacar que el enfoque de GRC presenta grandes desafíos, en especial en el primer punto.

Con respecto a las predicciones sobre el cambio climático, existe una gran incertidumbre a nivel general, y las opiniones son muy diversas; sin embargo, el mejor pronóstico es que dicho fenómeno continuará presente e impactará principalmente a los países menos desarrollados. Además, en dichos países existen dificultades para obtener y analizar datos meteorológicos, que a menudo son inaccesibles en ambientes vulnerables. Esto es relevante, pues es donde se requiere con mayor asiduidad dicha información, debido a la falta no sólo de una infraestructura adecuada, sino también de recursos económicos y humanos necesarios para interpretar los datos y tomar las medidas de acción apropiadas.

En este contexto surge la siguiente pregunta: ¿Cuál es el rol del sector de las TIC en la adaptación al cambio climático?

En primer lugar, frente a esta variabilidad climática, los distintos sectores productivos, y en particular el sector de TIC, deberán adoptar estrategias para adaptarse. Cualquier industria que comprenda una gran y dispersa infraestructura deberá afrontar altos riesgos asociados a eventos climáticos extremos, como inundaciones, sequías, incendios, etc. Las TIC son ejemplo de una industria con amplia infraestructura, lo cual incrementa las probabilidades de verse afectada. Es por ello que las empresas en el sector TIC requieren infraestructuras más robustas, con una mayor capacidad técnica.

Las empresas de telecomunicaciones son un ejemplo, dentro del sector de las TIC, de compañías que han sufrido el impacto de condiciones climáticas extremas. En el 2010, el terremoto que afectó a Chile generó importantes pérdidas para las empresas de telecomunicaciones en términos de costos operativos, restauración de las redes y pérdidas en activos fijos. En estos casos las redes móviles resultaron de gran utilidad a pesar de la congestión inicial de la red.

Estas situaciones llevan a considerar técnicas de adaptación como nuevos planes de asignación de redes o el empleo de redes inalámbricas, los cuales implican menos infraestructura física o una estructura más localizada y no tan dispersa, como en el caso de las redes

que utilizan cables. Siguiendo con este ejemplo, en el proceso de adaptación también se debe incluir el factor temperatura, es decir, el incremento de la temperatura media global como consecuencia de variaciones climáticas. Mayores temperaturas- como consecuencia del calentamiento global -requieren mayor y mejor empleo de sistemas de refrigeración, generadores de respaldo y por lo tanto un incremento en el consumo de energía. Entonces, desde la perspectiva de los operadores de las TICs, el cambio climático impone desafíos que requieren de estrategias de adaptación en este sector.

En segundo lugar, frente a choques vinculados con el cambio climático en un contexto particular, la capacidad de adaptación de un sistema (a nivel de hogar, comunidad o nación) puede ser concebida como un conjunto de componentes o de propiedades que interactúan entre sí, modelando dicha capacidad (Heeks y Ospina, 2010b). Más allá de la vulnerabilidad inherente de los países en desarrollo frente a eventos climáticos extremos, la capacidad de adaptación también está construida sobre propiedades de adaptación que pueden ser reforzados por las TIC. Por ejemplo, el sector de TIC puede contribuir a la GRC.

De este modo, Heeks y Ospina (2010b) establecen los conceptos de *e-adaptación* (*e-adaptation*) y *e-resiliencia* (*e-resilience*), que se definen como una propiedad de los sistemas de subsistencia mediante la cual las TIC interactúan con un conjunto de sub-propiedades de adaptación, permitiendo que el sistema se adapte a los cambios climáticos. En este contexto, la *e-adaptación* se transforma en un área emergente de estudio, que procura comprender cómo las herramientas y enfoques innovadores de las TIC pueden reforzar la respuesta de sistemas vulnerables a los retos e incertidumbre que plantea el cambio climático.

En el contexto de los países en desarrollo, Heeks y Ospina (2010b) establecen el marco conceptual que relaciona las TIC con un conjunto de subpropiedades de la resiliencia (robustez, escala, redundancia, rapidez, flexibilidad, auto-organización y aprendizaje).

En términos de robustez, las TIC pueden reforzar el sistema de sustento de una comunidad frente a eventos climáticos, mediante la aplicación de herramientas, por ejemplo, de los sistemas de información geográfico. Utilizando esta última, se pueden adoptar decisiones óptimas en cuanto al diseño de mecanismos de defensas (por ejemplo, diques en lugares con alto riesgo de inundación). Adicionalmente, las TIC pueden facilitar, ampliar y profundizar (factor escala, según Heeks y Ospina, 2010b) el acceso a información valiosa, incrementando la capacidad de recuperación de un sistema. El concepto de redundancia, relacionado a las TIC, se refiere al potencial que tienen estas herramientas para incrementar la disponibilidad de recursos que aumentan la capacidad de adaptación.

Un ejemplo exitoso que vincula estas tres subpropiedades de la adaptación con las TIC son los telecentros, los cuales han sido importantes en el desarrollo de programas en el proceso de adaptación al cambio climático y la capacidad de recuperación (Kumar et al., 2005, UN ESCAP, 2009). Más allá de su uso tradicional como centro de información y de acceso a computadoras, provee mapas de riesgo digitalizados a modo de detectar comunidades vulnerables (por ejemplo, para determinar si en las regiones con propensión a fuertes llu-

vías- causantes de inundaciones -se ubican comunidades densamente habitadas), mapas digitalizados con la ubicación de los recursos disponibles para hacer frente a los riesgos, y los registros históricos de los desastres ocurridos en la zona.

Estas bases de información deben ser desarrolladas con la colaboración y la participación de la comunidad local, y con apoyo técnico de las autoridades encargadas de la gestión de desastres. Por lo tanto, los telecentros pueden ser una posibilidad para acceder a nuevas tecnologías en la red, un nuevo repositorio de información y permiten recolectar la información recogida de los sensores de redes inalámbricas para el monitoreo avanzado.

Si bien deben existir políticas de capacitación a las poblaciones usuarias de los telecentros, es necesario distinguir que, una cosa es que los mismos busquen información que les ayude a tomar decisiones sobre sus actividades productivas (precios, insumos, etc), y otra es que usen el mapa de peligros, por tipo de peligros y nivel de los mismos, en sus zonas. No es sencilla la interpretación de estos indicadores y para hacerlos asequibles se requiere de generación de productos cuya información sea de fácil transmisión y uso, por un lado, y de capacitaciones para los usuarios, por otro.

Las nuevas tecnologías están cada vez más vinculadas con los telecentros. La red de banda ancha inalámbrica tiene el potencial de cambiar el panorama de los telecentros a través de la conexión de los lugares más remotos, mediante la proporción de un mayor ancho de banda y por lo tanto el acceso a una gama de nuevas aplicaciones digitales y dispositivos portátiles que pueden conectarse con los telecentros. Esto permitirá incrementar el aprendizaje en diferentes ámbitos, mediante las TIC, de poblaciones que se encuentran alejadas de las grandes urbes.

Asimismo, se reconoce que las TIC no deben considerarse simplemente como una herramienta para procesar y transmitir la información, sino también como un medio para llevar a cabo transacciones digitales, y crear nuevas empresas basadas en las TIC. Según Ospina y Heeks (2010b), las TICs, pueden incrementar la rapidez de las transacciones y por ende aumentar la eficiencia de las comunidades locales. En la literatura de vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático, se reconoce que la pobreza de las comunidades es una fuente importante de vulnerabilidad. Así, si las TIC contribuyen a mejorar la eficiencia de estas poblaciones, en el largo plazo contribuirán de manera indirecta a reducir la vulnerabilidad mediante la mejora de su capacidad adaptativa.

En el plano político, las instituciones en países en desarrollo pueden apoyar la provisión de un mejor y amplio acceso y conectividad en zonas rurales, especialmente en las regiones marginadas afectadas por los cambios climáticos y con riesgo de desastres naturales. Alianzas multisectoriales pueden proporcionar una infraestructura adecuada, fundamental para la aplicación de sistemas eficaces de advertencia (ITU, 2007), así como para la provisión de incentivos para empresarios de las TIC para desempeñar un papel activo en la diversificación de los medios de subsistencia locales, y de esta manera reducir la dependencia de los recursos naturales y la vulnerabilidad ante el impacto de eventos climáticos.

Frente a los grandes riesgos que plantea el cambio climático a la agricultura y la alimentación, el desarrollo de las estructuras e instituciones nacionales podrían desempeñar un importante papel a través de la provisión de programas nacionales basados en TIC dirigidos a pequeños agricultores y productores. Estos se implementarían como forma de fortalecer el conocimiento local sobre los cultivos, la diversificación y la producción bajo condiciones variables (por ejemplo, los modelos agrícolas y técnicas para reducir los riesgos climáticos, técnicas de gestión de productos y semillas en este contexto). Las TIC también pueden servir como facilitadores de las acciones para la adaptación local (FAO, 2003).

Junto con las políticas que apuntan a tener un efecto directo sobre las vulnerabilidades que hace evidente el cambio climático, para la adaptación también es necesario otras medidas como, por ejemplo, instrumentos de política fiscal. Sólidos sistemas de información son un requisito clave para las políticas, tales como la administración efectiva de impuestos o estructuras de incentivos diseñadas para fomentar las prácticas ambientales. Esto sugiere la existencia de vínculos entre las estrategias del gobierno y la promoción efectiva de prácticas ambientales y de adaptación a nivel nacional.

El desafío para los países en vía de desarrollo consiste no sólo en su capacidad para soportar y reponerse de acontecimientos climáticos (extremos), sino fundamentalmente en su capacidad para adaptarse, modificarse y transformarse ante las tendencias de cambio y la variabilidad imprevisible; afrontando un futuro altamente incierto, donde los resultados del desarrollo serán determinados, principalmente, por la capacidad de innovación contando con el apoyo de instrumentos tales como las TIC (Heeks y Ospina, 2010b).

En países en desarrollo, la aplicación de enfoques innovadores de las TIC enfrenta un contexto político y social complejo lo cual representa una traba para su desarrollo (Duncombe, 2006). Por ejemplo, frente a un contexto de desigualdad, los más privilegiados son los que pueden captar las externalidades positivas del proceso de adaptación mediante TIC y por lo tanto, se incrementan las desigualdades existentes. Esto es, las personas que tienen acceso (más fácilmente) a herramientas del sector TIC, o a tecnología, pueden ser los más privilegiados. Si este elemento no se tiene en cuenta en el proceso de adaptación, -es decir, la heterogeneidad en el acceso a tecnología-, la brecha entre grupos puede incrementarse ya que las medidas de focalización terminan centrándose en sectores que tienen fácil acceso a TIC, mientras que otros sectores (menos pudientes) terminan excluidos en el proceso de adaptación. Por tal motivo, el proceso de adaptación mediante TIC debe tener en cuenta el contexto (la desigualdad y la pobreza) a modo de evitar efectos no deseables.

El anterior inconveniente es particularmente relevante en América Latina pues es la región con la peor distribución del ingreso del mundo. Si el ingreso en América Latina estuviese distribuido como en Asia del Este la pobreza afectaría únicamente a un quinto de los que actualmente son pobres (Inter-American Development Bank, 1998).

A) Ejemplos

Con respecto a la adaptación del cambio climático, existen varios programas en países en desarrollo de una escala no muy grande en diversas áreas como energía, meteorología, agricultura, ganadería, salud, etc.

Como ejemplo exitoso de telecentros y kioscos de información podemos mencionar la experiencia en Perú en la provincia de Huaral. Se brinda información sobre el sistema agrícola (clima, precios, insumos, nivel del agua, etc.) y sobre riego. Dicha información permitió mejorar la distribución de agua entre agricultores. También se prevé el uso de terminales portátiles para permitir el acceso a la información de los telecentros desde ubicaciones distantes (Novotný, 2009). Además, según Bossi (2007) la fortaleza de la experiencia en el Huaral deriva del involucramiento de la localidad en el proyecto que se convirtió en un bien público.

Otro ejemplo interesante de telecentros que facilitó el acceso en zonas lejanas es el caso de la ciudad de Pazos en Perú (Heeks y Kanashiro, 2009). Sin embargo, la introducción de la tecnología favoreció a aquellos residentes con mayores activos, incrementando las desigualdades existentes.

El uso de celulares en Chile a través del programa DatAgro permite a los agricultores recibir mensajes de texto en celulares de bajo costo con información sobre precios, pronósticos del tiempo, etc. a través de conexiones a Internet de baja velocidad (Cagley, 2010). De esta manera los pobladores pueden adaptarse a inundaciones o fuertes cambios en el clima o en los cursos de agua. Los agricultores pueden interactuar con los encargados del programa en caso de no comprender la información recibida.

Varios países de América Latina han desarrollado dentro de su agenda planes nacionales y han procurado innovaciones en tecnologías para reducir las emisiones. Algunos ejemplos son⁴:

- Brasil: la independencia energética a través de fuentes alternativas de energía (hidroeléctrica, etanol y biodiesel). A base de azúcar de Brasil, la producción de etanol es económica y ambientalmente sostenible sin desviar tierra de cultivos alimentarios. Políticas públicas de transporte amigables con el medio ambiente se han desarrollado en Curitiba y ampliado en Bogotá. En la actualidad, están en marcha en decenas de ciudades de la región.
- Argentina: Energías Renovables. Argentina está avanzando con esta iniciativa en las zonas rurales, provee de energía asequible y confiable a las diferentes comunidades y con potencial impacto en la productividad y las oportunidades de trabajo.
- Costa Rica: Este país ha recibido reconocimiento internacional por sus esfuerzos para preservar los ecosistemas y sumideros de carbono.

4 ITU (2009).

- Ecuador: se compromete a dejar bajo tierra el 20 por ciento de las reservas de petróleo (850 millones de barriles), que se encuentra en los campos ITT (Ishpingo-Tambococha-Tiputini), dentro del Parque Nacional Yasuní. Esto evitará la emisión de 410 millones toneladas de CO₂ a la atmósfera. Yasuní fue declarada Reserva de la Biosfera por la UNESCO en 1989 y los científicos lo han llamado “uno de los lugares con mayor biodiversidad en la tierra” (World Resource Institute, 2007, p. 1). Por lo menos dos tribus indígenas, los Tagaeri y Taromenane, mantienen sus estilos de vida tradicionales en aislamiento voluntario en Yasuní.

No obstante los anteriores planes, en América Latina se ha evidenciado un mayor crecimiento de carbono. Según las tendencias actuales, para el período 2005-2030 el crecimiento proyectado de las emisiones per cápita de CO₂ producto de utilización de energía en la región es del 33 por ciento (por encima del promedio mundial de 24 por ciento).

III. TIC y manejo de desastres relacionados al cambio climático

En la terminología del cambio climático, el manejo de desastres climáticos se refiere a cómo hacer frente a eventos climáticos extremos, en otras palabras, cómo minimizar el grado de vulnerabilidad de una comunidad frente a estos. En ese sentido, un factor muy importante es la Gestión de Riesgos Climáticos. Si bien dicho tema fue discutido en la sección anterior, dada la importancia para las TIC del tópico de manejo de desastres se decidió presentarlo de forma separada.

Cuando se gestiona el riesgo climático, una de las preguntas que surge es qué rango de la variabilidad climática enfrentamos. En muchas ocasiones los eventos climáticos extremos no son tenidos en cuenta y entonces, cuando un desastre ocurre, las pérdidas son prácticamente irrecuperables.

Esto, a su vez, genera una aversión al riesgo que reduce la adopción de tecnología, afecta los recursos naturales y puede derivar en trampas de pobreza como consecuencia de oportunidades perdidas. Por tal motivo, existe la necesidad de procurar mecanismos que permitan estar cubiertos frente a eventos climáticos extremos, de modo que se minimicen daños y se eviten las consecuencias mencionadas. En este caso nos formulamos la siguiente pregunta: ¿Cuál es el vínculo entre TIC y manejo de desastres climáticos?.

Las TIC son un sector clave dentro de la producción y generación de información, y en ese sentido pueden contribuir con una mejora en la gestión de los riesgos actuales. En los países menos desarrollados, para entender mejor el clima local y anticipar (o pronosticar) el impacto de cambios climáticos es necesario poseer adecuadas redes de observación tanto a nivel local como nacional, al igual que acceso a datos capturados por otras redes globales o regionales. En los siguientes párrafos desarrollamos algunos ejemplos donde las TIC han contribuido y potencialmente pueden contribuir a mejorar la gestión de riesgo.

La observación sistemática del clima es usualmente llevada a cabo por centros nacionales de meteorología y otros centros especializados que monitorean la atmósfera, el océano y

sistemas terrestres, y típicamente utilizan tecnología satelital. Es de destacar que los países en desarrollo enfrentan restricciones económicas importantes y frente a prioridades en otros rubros (educación, salud, etc.) el gasto en meteorología puede ser reducido. A nivel global, un número establecido de sistemas capturan datos meteorológicos utilizando las TIC, como por ejemplo la Organización Meteorológica Mundial o el World Weather Watch, los cuales utilizan predominantemente sistemas satelitales.

Mientras que la información satelital es útil para detectar fenómenos de gran escala, su capacidad es limitada en fenómenos aislados y con mayor complejidad (Elson y Estrin, 2004). Además, los detectores remotos no son ideales para monitoreo continuo en tiempo real ya que los datos son menos precisos que utilizando sensores terrestres y debido a que la frecuencia y retraso de los datos depende de la órbita del satélite (Panchard *et al.*, 2007). El costo de acceder a esta tecnología y procurar ciertos tipos de imágenes en algunos casos está más allá de la capacidad financiera de los países en desarrollo (ITU, 2008) y, por lo tanto, es necesario tecnología complementaria.

Más allá de los sistemas satelitales, existe un rango de nueva y emergente tecnología para monitorear fenómenos localizados de cambio climático. Por ejemplo, sensores de redes inalámbricas, tecnologías avanzadas de redes inalámbricas y una mezcla de dispositivos como teléfonos móviles y otros. Por ejemplo, estaciones climáticas pueden ser ubicadas en bosques tropicales siguiendo instrucciones online, de modo que midan el cambio climático y se pueda entender el efecto en la biodiversidad del ecosistema, permitiendo iniciativas de monitoreo no costosas. Hasta ahora, la prioridad de las redes inalámbricas está puesta en áreas volcánicas y con actividad sísmica y en el monitoreo de polución (Khedo *et al.*, 2010).

En países en desarrollo con temperaturas tropicales es probable observar un aumento de la pluviosidad (como consecuencia del calentamiento global) y, por lo tanto, la exposición a corrimientos de tierra (Cruz *et al.*, 2007). Ejemplos de estrategias de prevención de corrimientos de tierra involucran sensores y alarmas (conectados por cables) instaladas en las zonas propensas a sufrir eventos de este tipo (mecanismo de alerta temprana). No obstante, presentan baja credibilidad debido a su margen de error y a que, bajo eventos climáticos, pueden sufrir severos daños resultando inutilizables (Young, 2010; Karanasios, 2011). Con motivo de monitorear la pluviosidad y detectar corrimientos de tierra, se han desplegado iniciativas vinculadas al sistema de banda ancha inalámbrico en países en vías de desarrollo (Karanasios, 2011).

A) Ejemplos

La Universidad de Amrita desplegó un detector de sismos en India, que utiliza redes inalámbricas, en áreas que son muy propensas a sufrir corrimientos debido a los sistemáticos monzones. Estos sensores utilizan la red Wi-Fi y tecnología satelital. Esta implementación incluyó 15 sensores inalámbricos y un total de 50 sensores geofísicos, los cuales automáticamente recogen y envían información vía inalámbrica.

Los datos en tiempo real a partir de esta intervención se transmiten a un repositorio central, proporcionando una mejor comprensión de los deslizamientos de tierra en la región –lo que antes no era posible–, y por lo que ayuda a prevenir la pérdida de vidas humanas (WINSOC, 2007).

Como consecuencia del incremento de las temperaturas globales, una de las principales preocupaciones es el aumento de la frecuencia de incendios forestales, que contribuyan con el 25% al 30% de las emisiones de carbono (FAO, 2010). Los enfoques típicos de detección de incendios implican observadores humanos en torres o aeronaves en búsqueda de humo. Estos mecanismos son costosos: por ejemplo, en Portugal, una red de más de 200 torres de vigilancia observa las áreas con riesgo de incendio alto (Neves et al., 2009). Pero, al mismo tiempo, estos sistemas de vigilancia son relativamente ineficaces dada la dificultad de proporcionar una cobertura total y ubicación exacta.

Los sensores inalámbricos o cámaras de vigilancia basados en redes de banda ancha inalámbrica, con detección automática de fuentes de humo o calor, se pueden utilizar para controlar y detectar focos de incendios. Estos enfoques aumentan considerablemente la eficiencia de las redes de monitoreo mediante la reducción de costes, proporcionan datos de localización más precisos, permiten la gestión eficaz de falsas alarmas y el funcionamiento las veinticuatro horas del día (Nieves et al., 2009, Mignanti et al., 2008).

Otra de las implicancias de la variabilidad climática es el aumento de la frecuencia de inundaciones, lo cual deriva en graves problemas para las comunidades vulnerables de los países en desarrollo. La práctica normal de vigilancia de las inundaciones generalmente implica tomar lecturas de los marcadores pintados en ciertos puntos (o medidores de agua). Existe un gran potencial en los sensores de redes inalámbricas empleados a sistemas de inundación y de monitoreo del nivel de agua (Basha y Rus, 2007 y Basha et al., 2008).

En la ciudad de Mérida en Venezuela, se aplicaron redes inalámbricas para la detección de inundaciones con nodos hidrológicos ubicados a lo largo de la orilla de los ríos para controlar el nivel del agua y su flujo. En este diseño un sistema de información geográfica constituye la base para la recolección de datos y para una estación de generación de alarmas en el área urbana (Castillo et al., 2004).

Responder a los desastres naturales de manera oportuna y eficaz se ha convertido en un importante tema relacionado al cambio climático, particularmente en los países en desarrollo, en donde, además de la crisis inmediata que sufren las comunidades vulnerables, también es necesario considerar los efectos post-desastre, que son muy relevantes.

Típicamente, la respuesta a los desastres en países en desarrollo suele implicar la utilización de las fuerzas armadas (militares) para estabilizar la situación, personal médico, servicios de emergencia, medios de comunicación, otros funcionarios, organismos nacionales e internacionales (como ONG) y organismos especializados que trabajan juntos para gestionar situaciones particulares.

En este contexto, la coordinación y la comunicación se vuelven particularmente imperativas, principalmente cuando los desastres abarcan extensas zonas geográficas. En muchos casos, la infraestructura de telecomunicaciones existente queda destruida de forma significativa o completamente por un evento climático extremo y, por lo tanto, el rápido despliegue de redes y otros servicios de comunicación deben ser empleados para aliviar el desastre.

La tecnología de la comunicación en estos eventos se reduce típicamente a la comunicación satelital, lo cual es costoso de usar y no sostenible en el largo plazo. Adicionalmente, sufren de capacidad limitada en el manejo simultáneo de llamadas (UN ESCAP, 2008). Las tecnologías inalámbricas (de banda ancha) han llenado este vacío, lo cual permite redes de despliegue rápido y flexible.

En América Latina, se destaca la iniciativa de Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, Paraguay y Uruguay en el marco de la red de coordinación de políticas agropecuarias (REDPA), integrada por los Ministerios de Agricultura de los seis países. Actualmente expertos en cambio climático y seguros agropecuarios diseñan un mapa de riesgo regional. Los objetivos son reducir la prima de seguro de riesgo de los productores y predecir cambios climáticos. Como discutimos previamente las TIC tienen un rol relevante a cumplir en el diseño de un mapa de riesgo para dichos países.

IV. TICs y mitigación del cambio climático

Por mitigación de cambio climático nos referimos a medidas que tienden a reducir emisiones netas de gases con efecto invernadero. Formalmente, “la mitigación implica actividades que contribuyen a la estabilización de concentraciones de gases contaminantes en la atmósfera a un nivel que puede prevenir daños severos al sistema climático” (OECD, 2009a, pp. 1). La diferencia conceptual entre adaptación y mitigación, es que la primera implica acciones para lidiar con el cambio climático, mientras que la segunda implica medidas para reducir el cambio climático (o variabilidad climática).

Uno de los desafíos más importantes dentro de la mitigación es encontrar la estrategia que conduzca a la reducción de emisiones. Uno de los caminos más comunes para lograr esta disminución es el incremento (o conservación) de reservas naturales o artificiales que acumulan y guardan compuestos químicos que contienen carbón, como por ejemplo, bosques, océanos, etc. Como esfuerzos en mitigación también se puede considerar el secuestro de carbono, reducción de metano y óxidos de nitrógeno.

Un conocido esfuerzo global por mitigar la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) fue el Mercado de Carbono desarrollado en Kioto, donde los países industrializados se comprometían a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 5,2% respecto de 1990 para el período 2008 y 2012. Con motivo de ayudar a lograr estos objetivos se establecieron tres mecanismos de flexibilidad para que los costos de reducción sean minimizados. Estos mecanismos permiten a los países industrializados “comprar” reducciones a terceros y, por lo tanto, desarrollar un “mercado de carbono”. No obstante, su funcionamiento revela varios

inconvenientes (transacciones concentradas en pocos países como China, India, Brasil y México, altos costos de transacción, etc)⁵. En todo caso, nos concentramos en discutir qué medidas pueden aplicar los países menos desarrollados para reducir las emisiones y como las TIC pueden contribuir a dicho objetivo.

Un vez que conceptualizamos la mitigación y ejemplificamos esfuerzos globales, nos planteamos dos preguntas: ¿Cuál es el flujo de emisión de gases de efecto invernadero del sector de las TIC? y ¿Qué rol puede ocupar el sector TIC en la mitigación del cambio climático?

La paradoja de la relación entre TIC y cambio climático es que las TIC tanto pueden contribuir a la mitigación del cambio climático como al incremento de emisión de gases de efecto invernadero. Con respecto a este último efecto, la literatura lo define como el impacto directo de las TIC en el cambio climático.

En mayor o menor medida, los diferentes sectores productivos de una economía afectan el medio ambiente mediante emisiones de CO₂, las cuales contribuyen al efecto invernadero. En particular, las TIC contribuyen entre un 2% y un 3% con emisión de gases que aumentan el efecto invernadero (OECD, 2010). Si bien esta industria no se encuentra entre las principales contaminantes, su acelerado y sostenible crecimiento representa una preocupación trascendente a considerar en el corto plazo.

Por otro lado, las TIC tienen un papel decisivo en el cambio hacia una sociedad con bajas emisiones de carbono. Pueden ser utilizadas de diversas maneras para mitigar los impactos ambientales y el cambio climático, proporcionando soluciones que ayudan a medir, controlar, gestionar y facilitar usos más eficientes de los recursos y la energía. Esto es relevante, pues según el informe Smart 2020 (The Climate Group, 2008), dejando de lado las emisiones causadas por la deforestación, la generación de energía y los combustibles utilizados para el transporte aparecen como los mayores emisores de GEI causadas por los seres humanos. Por lo tanto, es muy claro que una de las funciones vitales de las TIC es contribuir a mejorar la eficiencia energética en la transmisión y distribución de energía (redes inteligentes), en las fábricas y edificios (edificios inteligentes) que necesitan energía para funcionar, y en el transporte (logística inteligente).

Las TIC ofrecen inmensas posibilidades para mejorar el funcionamiento de las infraestructuras y sistemas, y pueden contribuir a la desmaterialización, sustitución del transporte y a maneras más inteligentes para vivir, trabajar y dedicar nuestro tiempo de ocio. El sector de las TIC tiene el potencial de desempeñar un rol muy importante para afrontar el cambio climático, permitiendo que otros sectores (tales como el transporte, la construcción, la energía y la industria) sean más eficientes.

Por ejemplo, las TIC pueden permitir a otros sectores reducir la emisión a través de teletrabajo y teleconferencia, varios servicios y aplicaciones, redes sostenibles, centros de información que utilizan energía eficiente, autos y estructuras inteligentes, ámbitos laborales que emplean energía eficiente, etc. (Ospina y Heeks, 2010a).

5 UNEP (2007).

Es por ello que el sector de las TIC puede cumplir un rol fundamental en el objetivo de reducir la cantidad de emisión de gases en otros sectores, sin tener que alterar la productividad (hasta inclusive aumentándola). Para ser más específicos, desarrollamos algunos puntos donde las TIC pueden desempeñar un rol importante en la reducción de la emisión de otros sectores:

- TIC pueden reducir la necesidad de viajar y/o transportar bienes por medio de comercialización online, a través del uso de sistemas de inventarios inteligentes o la forma de entrega "just in time". La industria de las TIC ofrece una serie de herramientas y servicios que permiten sustituir los viajes, especialmente los viajes de negocios mediante correo electrónico, llamadas telefónicas o video-conferencias.
- TIC pueden aumentar la eficiencia y la innovación a través del aprendizaje y el trabajo de formas más flexibles.
- TIC pueden contribuir a la desmaterialización de la economía (por ejemplo, del correo postal al correo electrónico).
- TIC pueden incrementar la eficiencia y conveniencia tanto de los Gobiernos como empresas por medio del ahorro en viajes y esperas (ejemplo, servicios del gobierno vía online, órdenes vía online, pagos a través de telefonía móvil). Las TIC pueden permitir un aumento de la productividad en otros sectores por medio de la informatización y automatización de los procesos productivos, lo cual implica una optimización de la energía y de los recursos humanos requeridos.

Se trata de un proceso que comprende un cambio de lo tangible a lo intangible, como por ejemplo, la sustitución de lectura de periódicos en papel por periódicos en Internet. En estos ejemplos las TIC contribuyen a la reducción de las emisiones. Sin embargo, una limitante es el menor acceso a las TIC en los países en desarrollo.

The Climate Change (2008) estima que mediante el empleo de TIC en áreas estratégicas, la emisión se podría reducir en un 15% para el 2020.

Estas estrategias de reducción de CO₂ podrían incluir la planificación de ciudades inteligentes, industrias inteligentes y redes eficientes e intuitivas, trabajo inteligente en edificios energéticamente eficientes, la desmaterialización de los servicios y reducir los viajes (OECD, 2009b).

A través de simulaciones y optimización de medidas, una mejor ventilación y técnicas de calefacción solar pasivas, los edificios pueden ser más eficientes en términos de energía.

Transporte Inteligente - Las TIC y los Vehículos Eléctricos

Las aplicaciones inducidas por las TIC en el transporte tienen el potencial de lograr una reducción de las emisiones mundiales totales. Muchas industrias ya se basan en sistemas

de software para optimizar los sistemas de transporte, de modo que obtengan grandes ahorros energéticos. Los principales desafíos relacionados al transporte que enfrentan los mercados emergentes incluyen un aumento de la urbanización (especialmente en las grandes ciudades) y que un empeoramiento de la congestión conduzca a efectos adversos en la economía, la salud y la seguridad.

Edificios Inteligentes

Las tecnologías de “Edificios Inteligentes” ayudan a mejorar la eficiencia del diseño del edificio, construcción y operación de los sistemas existentes y de nuevas propiedades en construcción. Las TIC pueden ayudar a abordar los dos principales impulsores del consumo de energía en los edificios - la intensidad energética y la superficie - a través de:

- Monitoreo y optimización de las operaciones en todas las etapas de un ciclo de vida del edificio, desde el diseño y construcción hasta la utilización y demolición.
- Optimización del diseño de edificios mediante software de modelado de la energía. Esto puede ayudar a los arquitectos a determinar cómo el diseño influye sobre uso de la energía y comparar modelos energéticos con construcciones actuales.

Hay una gran variedad de tecnologías de edificios inteligentes que incluyen sistemas de control de edificios, tecnología de medición, sensores ambientales, sistemas de control de luz, auditoría energética/optimización de aplicaciones y servicios, registradores de datos y software de optimización de la construcción.

Micro-redes inteligentes en áreas remotas

Una micro-red es

“un pequeño sistema de poder que incluye generación autosuficiente, transmisión, distribución, sensores, almacenamiento, y gestión de energía con un software sin fisuras y una conexión sincronizada a un sistema de red eléctrica que puede funcionar independientemente como una isla de ese sistema.” (Hertzog, 2010, p. 114).

Además, puede ser conectado a la red pública e intercambiar energía con ella o, en el caso de zonas remotas, puede funcionar en modo isla. En las zonas más remotas de los países en desarrollo, las micro-redes pueden hacer una contribución significativa a un suministro de energía seguro, a un precio reducido y a la integración de energías renovables y a las fuentes de energía locales que sean menos intensivas en carbono.

En una micro-red inteligente, las aplicaciones de las TIC ayudan a optimizar los componentes de generación, transmisión y distribución de la red de la energía y posibilitar la integración de mayores cantidades de fuentes de energía renovables descentralizadas. Además, las micro-redes inteligentes permiten el desarrollo de programas de divulgación y comunicación para estimular el comportamiento de energía eficiente; por ejemplo, mediante el uso de medidores de electricidad.

Sin embargo, existe un efecto rebote, que se refiere al cambio de comportamiento en las personas como consecuencia de la utilización de nuevas tecnologías (Labelle et al., 2008). Esto incluye cambios en los patrones de consumo. Por ejemplo, los cambios que promueven energía eficiente llevan a una menor demanda por otros tipos de energía y por lo tanto cae su precio y las personas pueden reaccionar consumiendo más.

Tanto en países desarrollados como en desarrollo, las TIC deberían responder con medidas de mitigación tendientes a reducir su propia emisión de gases y, principalmente, generar externalidades positivas en otros sectores.

Uno de los problemas que afronta la mitigación es cómo atribuir las cantidades de gas emitido a sus productores y de cómo medir las emisiones, con la finalidad de detectar las principales fuentes de emisión tanto en el sector TIC como en otros sectores. En este contexto, el World Resources Institute ha desarrollado un protocolo de cómo medir y reportar emisiones de gas contaminantes. En este protocolo se incluye una guía detallada para las organizaciones y empresas para identificar, medir y reportar fuentes de emisiones directas e indirectas.

En el caso de las directas, se refiere a las fuentes de emisión que son propiedad de la empresa, en otras palabras, que son controladas por la misma (por ejemplo, emisión de vehículos, equipos, producción química, etc). El flujo de contaminación directa de las TIC es bastante menor comparado con otras industrias. Como fuentes indirectas de emisión se considera el consumo de energía eléctrica no generada por la empresa, sino utilizada por empresas proveedoras o por clientes. Así, por ejemplo, deberíamos considerar el consumo de energía necesario para producir equipos celulares y el requerido para su utilización por parte de los consumidores. Esta fuente de emisión indirecta es el componente principal dentro de las emisiones de gas en el sector de las TIC. Una importante limitante a tener presente es que resulta muy difícil controlar la contaminación en la producción de equipos de TIC, pues su producción es a escala global e involucra muchos países.

Una de las acciones a tomar con fin de mitigar los efectos indirectos –que vienen en aumento–, como consecuencia de un mercado de TIC en expansión, es el uso de energía renovable, por ejemplo la energía eólica o solar. Esta práctica se ha iniciado en algunas empresas de telefonía celular en países desarrollados (France Telecom y Vodafone), las cuales utilizan energía solar en alguna de sus bases. Otra estrategia para la reducción indirecta es, la migración a la nueva generación de redes (Next Generation Networks). En este rubro la experiencia de los países en desarrollo es limitada por el alto precio de la energía eólica y los marcos regulatorios que, en ocasiones, no incentivan la provisión privada de energía. Adicionalmente, otro camino es compartir infraestructura. Por ejemplo, las empresas de TIC pueden compartir antenas, torres, etc. Esta práctica no es inusual en algunos países de América Latina como Argentina y Uruguay.

Uno de los elementos a tener en cuenta para hacer efectiva la mitigación en países en desarrollo es fortalecer la capacidad de las TIC en acciones ambientales. Muchos de los países en vías de desarrollo no presentan una capacidad instalada suficiente para realizar inves-

tigación ambiental o generar datos sobre medio ambiente, o información disponible online. En muchos casos se desconocen los riesgos ambientales que afronta un país y cómo estos pueden ser mitigados. Esta información muchas veces no está disponible a la hora de tomar decisiones, lo cual representa un desafío inmediato.

La perspectiva a futuro, tanto para países desarrollados como en desarrollo, es que la relación TIC – cambio climático depende principalmente de tres factores: 1) mejoras en la eficiencia del empleo de la energía, derivados de los avances tecnológicos; 2) la expansión del mercado, y finalmente; 3) las fuentes de electricidad utilizadas para proveer servicios.

En lo que respecta al primer punto, uno de los cambios principales es la convergencia en una red (IP), de distintas herramientas de comunicación (datos, fax, voz, etc.) donde antes se empleaban redes separadas. Este cambio implica reducción de nodos en el área metropolitana, el uso de routers con alta capacidad de transmisión, equipos más tolerantes a variaciones de temperatura y que por lo tanto no requieren la utilización constante de equipos refrigerantes, etc. Con respecto al segundo punto, mientras que en el caso de los países industrializados los mercados se aproximan a una saturación, en los países en vías de desarrollo el mercado continúa en expansión y por lo tanto el tercer punto representa una prioridad.

Uno de los principales desafíos de la mitigación es la llamada “brecha de mitigación” (Heeks y Ospina, 2010a). Según estos autores, la mayoría de la literatura que se centra en el papel de mitigación de las TIC evidencia no sólo el rápido ritmo de desarrollo hacia tecnologías más limpias, más inteligentes y más eficientes, sino también la amenaza emergente de la ampliación la brecha digital. Si la mitigación solamente se centra en el papel de los países desarrollados en relación a la reducción de las emisiones de CO₂, los países en desarrollo corren el riesgo de quedarse rezagados frente a una nueva ola de innovaciones técnicas focalizadas en el cambio climático. Entonces, el desafío radica en que los países en desarrollo jueguen un papel en las nuevas tendencias de la desmaterialización, la sustitución de los viajes, y la energía eficiente, entre otros.

A) Políticas que vinculan TICs y cambio climático

Las emisiones de carbono pueden considerarse como el resultado de fallas de mercado, ya que los distintos precios de la producción no incorporan esta externalidad. Con el fin de internalizar esta externalidad, la intervención del gobierno podría considerarse necesaria para corregir esta falla y lograr una solución que mejore el bienestar.

Sin embargo, la intervención del gobierno vía impuestos a la contaminación en muchos casos no implica una reducción de la emisión y por lo tanto otras estrategias deben considerarse para reducir la emisión. En ese sentido, debido a la relación existente entre TIC y cambio climático, se pueden adoptar políticas que afecten a las primeras en orden de impactar el cambio climático. Adicionalmente, se debe considerar que los países en desarrollo enfrentan restricciones de recursos que muchas veces impiden la adecuada supervisión del medio ambiente, por lo que en la práctica suele ser muy difícil aplicar la legislación ambiental.

Cuando hablamos de políticas que afecten las TIC nos referimos a dos tipos: 1) políticas que contribuyan a regular la emisión de gases de efecto invernadero en el sector de las TIC; y 2) políticas que contribuyan al desarrollo de tecnologías amigables con el medio ambiente que a su vez pueden ser empleadas en otros sectores.

Dentro de las políticas que vinculan TIC y cambio climático, se requiere un papel más claro de las políticas públicas y de los marcos regulatorios, superar el acceso desigual a las TIC en las regiones en desarrollo y revalorizar el rol del gobierno en estos temas (Kalas y Finlay, 2009).

Las autoridades y los reguladores de las TIC enfrentan cada vez más la necesidad de considerar los impactos ambientales a través del desarrollo de nuevas leyes que regulen el sector de las TIC.

Para algunas iniciativas relacionadas con las TIC y la reducción del CO₂, la auto-regulación funciona bien. Sin embargo, en otros casos es necesario modificar la regulación existente en el sector para crear los incentivos necesarios para la reducción de la emisión de gases contaminantes. Adicionalmente, es probable la necesidad de una mayor regulación entre sectores y cooperación entre reguladores por fuera y por dentro del sector.

En una industria particular del sector TIC, como son las telecomunicaciones, las iniciativas para reducir la emisión directa recaen en el desarrollo de un marco regulatorio y la introducción de impuestos u otros incentivos económicos. Dentro de las políticas de apoyo necesarias para esta industria en particular, distinguimos las siguientes: a) facilitar el desarrollo de una técnica de medida de la energía utilizada y el rendimiento ambiental uniforme entre sectores; b) políticas que fomenten la utilización de tecnologías amigables con el medio ambiente a través de incentivos tributarios; c) apoyo a la inversión en tecnologías que promuevan la reducción de la emisión a través de bajas tasas de interés; d) apoyar los esfuerzos tendientes a compartir infraestructura, lo cual implicaría una menor necesidad de infraestructura y por lo tanto menor contaminación; e) proteger los derechos de propiedad intelectual de los dueños de la tecnología limpia y eficiente, de manera que se sostenga e incentiven nuevas inversiones y mejoras en dicha tecnología; f) promover el uso de fuentes de energía renovable.

Finalmente, consideramos tres recomendaciones a los Gobiernos en las economías emergentes (Roeth y Woheck, 2011):

1. Realizar un plan deliberado e integral, y establecer un compromiso a largo plazo para la localización de tecnologías bajas en carbono, o una serie de tecnologías claves que proporcionen soluciones a los grandes emisores de gas de efecto invernadero en otros sectores.
2. El diseño a nivel nacional y, en particular, a nivel sectorial de regulaciones, leyes, políticas y subsidios. Esto incentivará la inversión, redundará en la ampliación de la comercialización, la creación de mercados internos y la reducción de los costos para implementar

el uso generalizado de tecnologías bajas en carbono. También hay una necesidad de promover mecanismos de aplicación de los derechos de propiedad intelectual.

3. Establecer programas de investigación y desarrollo de fondos para apoyar la puesta en marcha y ampliación de bajas emisiones de carbono producto de innovación tecnológica. Esto debería incluir reforzar la investigación multidisciplinaria y desarrollo técnico y reunir a académicos, proveedores de TIC y determinados sectores de la industria para promover la interoperabilidad y la estandarización de los servicios.

1. Ejemplos

Un ejemplo espectacular por reducir las emisiones en otros sectores de la economía en países en desarrollo es el plan de China Mobile (Tianjian et al. 2011). Dicha empresa tiene actualmente más de 600 millones de suscriptores y el plan incluye: 1) logística inteligente, que permitió coordinar los viajes en camión con las necesidades de carga mediante el uso de software; 2) desmaterialización (reemplazo de papel por papel electrónico, y de cd/dvd por datos online); 3) trabajo inteligente, como teletrabajo y teleconferencias que permiten reducir las emisiones en el transporte de personas; 4) aparatos inteligentes (sistema de control remoto de alumbrado público, sistema de monitoreo remoto de generadores diesel y red del sistema de medición de agua, gas y electricidad que ayuda a los consumidores, por ejemplo, a medir su consumo).

En 2008 se redujeron 48.5 millones de toneladas de emisiones de CO₂ que representan más de 6 veces las emisiones propias de China Mobile. Para poner dichas cifras en perspectiva, equivalen al total de emisiones países como Finlandia, Suecia o Dinamarca.

La experiencia de China Mobile muestra el importante impacto que tienen las TIC para contribuir al medio ambiente y es un interesante ejemplo a seguir por los países menos desarrollados a efectos de reducir significativamente las emisiones. Dicha experiencia se puede extrapolar a áreas claves de la economía como el sector de construcción, infraestructura, etc.

Un ejemplo interesante de mitigación es el software marítimo creado por la empresa uruguaya Acruxsof, que permite simular la pesca detectando mediante sensores el cardumen. En la medida que permite direccionar la flota pesquera directamente hacia el cardumen y sin necesidad de hacer tiradas previas se obtienen ahorros importantes de combustible. Este producto, que permite ahorros importantes de energía y aumentos de hasta el 50% de la pesca, ya se vende en España y Argentina.

En cuanto a la generación de energía renovable en el sector de telecomunicaciones se observan avances en varios países de América Latina pero su escala de producción continua siendo baja dado su mayor precio. Esto plantea la necesidad de discutir políticas de estímulo a la energía renovable.

Como importante limitante debemos destacar que las acciones de adaptación y de mitigación como la anteriormente detallada requieren importantes recursos financieros. Es por ello

que es sumamente relevante que los países en desarrollo destinen recursos a la búsqueda de financiamiento en organizaciones internacionales, para implementar soluciones tecnológicas que reduzcan las emisiones.

V. Posición de empresas operadoras de TIC respecto al cambio climático

Así como los impactos del cambio climático se profundizan, también lo hace la necesidad de explorar prácticas y modelos de negocios medioambientalmente sostenibles, incluyendo el espíritu empresarial “verde” en los países en desarrollo, lo que podría facilitar el paso hacia una sociedad menos intensa en carbono (Ospina y Heeks, 2010a).

Esto podría ser particularmente relevante para contextos en desarrollo que buscan reducir su dependencia de los recursos naturales y avanzar hacia una economía basada en el conocimiento (por ejemplo, la construcción sobre las tendencias de desmaterialización y la promoción de nuevas industrias creativas y culturales).

Es por ello que en este punto indagamos sobre el vínculo actual de las empresas en el sector de las TIC frente al cambio climático. Varios países desarrollados han avanzado en el desarrollo de las TIC amigables con el medio ambiente y utilizan las TIC para reducir el consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero mediante aplicaciones tales como contadores y edificios inteligentes en el sector público, por ejemplo. Sin embargo, la experiencia en los países en desarrollo es escasa salvo el mencionado caso de China Mobile.

A) Ejemplos

El sector privado también está implementando estas iniciativas. De acuerdo con un reciente informe de Gartner y The Worldwide Fund for Nature (WWF), empresas tales como BT, Fujitsu, HP, IBM y Cisco están desarrollando soluciones de negocio con motivo de contribuir a la disminución de la alta emisión de carbono de las empresas (Mingay, S. y Pamlin, D., 2008).

Corea del Sur ha desarrollado un “crecimiento verde” y una estrategia “Green IT” (Castro, 2009), y ha desarrollado un paquete de estímulo económico donde la sostenibilidad considerando el medio ambiente es una prioridad importante.

Junto con IBM, HP y Cisco, las empresas transnacionales de consultoría como Gartner, McKinsey y el Group Boston Consulting han reconocido la importancia del cambio climático y las soluciones verdes, y han desarrollado líneas de servicios de gestión de la energía.

También se está estudiando la posibilidad de utilizar las TIC para la medición y uso inteligente de la energía, principalmente, en el caso de empresas de servicios públicos.

Algunas de las empresas en el sector de la energía procuran activamente reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante el desarrollo de tecnologías sustentables (Boston Consulting Group, 2009). Estas empresas también están trabajando en métodos al-

ternativos de generación de energía y en promover la rápida adopción y uso de tecnologías de la información industrial.

Otras grandes empresas que trabajan en este sector, tales como General Electric (GE), están adoptando un enfoque proactivo para hacer frente al cambio climático. GE realiza investigaciones sobre la tecnología de integración, incluyendo controles avanzados para la gestión de la energía, y está trabajando en tecnologías de redes inteligentes también.

Es probable que otras compañías que producen los motores y están involucradas en la fabricación de maquinaria para la generación de energía adoptarán en breve las soluciones de TIC, para mejorar la eficiencia de la generación de energía. Incluso Google ha identificado la medición inteligente como una oportunidad y está trabajando con empresas de servicios públicos en todo el mundo para probar su nuevo producto, el Green IT PowerMeter (Google, 2009), el cual es un negocio creciente en todo el mundo.

La Unión Europea adoptó una estrategia común para "(...) el desarrollo sostenible como una parte integral de la estrategia de la UE para la transición a una economía basada en el conocimiento donde las TIC desempeñan un papel clave en esta transición" (Institute for Prospective Technological Studies, 2004, pp. 1). Recientemente, la Unión Europea reconoció la importante contribución que las TIC pueden aportar a la conservación de energía y su papel en la cuantificación de la reducción de energía (Commission of the European Communities, 2009).

Los países en desarrollo, por otro lado, no tienen los recursos para explotar las TIC como una herramienta para la gestión ambiental, así como para la sostenibilidad del medio ambiente. Sin embargo, dado que muchas de las empresas transnacionales mencionadas anteriormente tienen subsidiarias en países en desarrollo, es relevante destacar que las empresas operando en estos países comienzan a transmitir el conocimiento en el uso de las tecnologías bajas en carbono. Esto, en el largo plazo, es un tema relevante para su aplicación cuando estas puedan ser de uso extendido debido a la reducción de costos.

En general, pocas estrategias nacionales de desarrollo en países emergentes han tenido en cuenta la contribución que las TIC pueden hacer al desarrollo sostenible, tal como se indica en los informes de la ITU (2008) y The Climate Group (2008).

VI. Agenda de investigación

En esta sección planteamos los temas y preguntas que una agenda de investigación sobre tecnologías de la información y cambio climático en países en desarrollo debería incluir. Dicha agenda se deriva de las anteriores secciones.

- En países en desarrollo y en América Latina en particular, frente a un contexto de desigualdad, los más privilegiados son los que pueden captar las externalidades positivas del proceso de adaptación mediante TIC y por lo tanto, se incrementan las brechas existentes. Esto es, las personas que tienen acceso (más fácilmente) a herramientas del

sector TIC pueden ser los más privilegiados. De no considerarse la heterogeneidad en el acceso a la tecnología en el proceso de adaptación, la brecha entre grupos puede incrementarse ya que las medidas de focalización benefician principalmente a sectores que tienen fácil acceso a TIC mientras que otros sectores (menos pudientes) terminan excluidos del proceso de adaptación. Por tal motivo, el proceso de adaptación mediante TIC debe tener en cuenta el contexto (la desigualdad y la pobreza) a modo de evitar efectos no deseables. ¿Cómo asegurarnos que las poblaciones más vulnerables sean las más beneficiadas del acceso a las TIC en los países en desarrollo?.

- Dados los problemas de financiamiento para las economías en desarrollo y sumado al alto riesgo en las nuevas empresas del sector TIC es conveniente fomentar organizaciones que provean de capital semilla e inversores ángeles. También es de suma relevancia contar con evaluaciones de impactos de dichos programas. ¿Cuál es el impacto económico, social y ambiental de los programas de fomento de empresas de TIC en países en desarrollo?.
- El análisis de políticas de incentivos -como reducciones de impuestos, subastas de permisos, etc., - para las TIC que reducen las emisiones de CO₂, resulta de difícil implementación pues no depende únicamente del regulador de TIC sino de otras instituciones de gobierno. ¿Cómo las políticas públicas pueden incentivar el desarrollo de tecnologías amigables con el medio ambiente?.
- ¿Cómo se puede contribuir para que los países en desarrollo diseñen un plan estratégico que utilice sistemáticamente la herramienta TIC en el manejo ambiental?.
- ¿Cuáles son los efectos indirectos de las TIC en las emisiones de carbono en países en desarrollo?.
- El cambio climático afecta principalmente zonas pobres vulnerables. Para la superación de los choques adversos se necesita participación local (en especial mujeres y jóvenes), pero también del sector privado requiriendo el involucramiento y compromiso de varios sectores. Además, existen otros factores aparte de los tecnológicos, como los productivos o sociales que se deben analizar a efectos de lograr un compromiso de todos los grupos sociales. Análisis de la participación ciudadana como en el proyecto en Huaral, Perú. ¿Qué factores inciden en el involucramiento de los actores locales en proyectos de TIC para enfrentar el cambio climático?.
- Manejo y respuesta a los desastres climáticos y rol de las TIC. En este punto se puede explorar el vínculo existente entre el manejo de desastres y las estrategias de respuesta vinculadas con las TIC en el contexto de adaptación y monitoreo. ¿Cómo las TIC pueden contribuir a un mejor manejo de desastres climáticos?.
- ¿Son extrapolables para la economía en su conjunto los resultados de programas que vinculan TIC y cambio climático de pequeña escala en países en desarrollo?.

- El impacto de las TIC en los patrones de consumo; las tendencias modifican el comportamiento de los consumidores: enfoques tales como la “inmaterialización” y el “demarketing”. Un ejemplo del primero es la aplicación de innovaciones que satisfacen necesidades inmateriales (comunicación). El segundo es una forma de marketing social que desalienta a consumidores de comprar o usar ciertos productos o servicios. El potencial de las TIC en estos dos enfoques en el contexto de países en desarrollo permanece desconocido. ¿Cómo las TIC modifican los patrones de consumo de las personas?
- En muchos países hay una lenta implementación de la tecnología pues existe una situación de vulnerabilidad en cuanto a pobreza, analfabetismo sumado a que dicha tecnología se genera en países desarrollados de habla sajona resultando todos estos factores una limitante para su uso. ¿Cuáles son las barreras a la utilización de tecnologías en los países en desarrollo?
- Dado que la principal limitante para las acciones de adaptación y mitigación al cambio climático en países en desarrollo son los importantes recursos económicos que se requieren para llevarlas a cabo, se hace indispensable contar con un mapeo de las organizaciones internacionales donantes o financiadoras de proyectos TIC relacionados al medio ambiente. Es de suma relevancia dado el creciente interés por el tema, evidenciado por el hecho que constantemente se suman nuevas organizaciones al trabajo sobre el medio ambiente. (UNFCCC, 2010). ¿Existe un mapeo de las instituciones financiadoras de proyectos que vinculan TIC y cambio climático?
- Monitoreo: La captación de información es relevante. Sin embargo, otro aspecto relevante es la diseminación de la misma, con motivo de poder adoptar medidas y acciones efectivas. En ese sentido, se requiere mayor investigación (Heeks y Kanashiro, 2009). ¿Qué instrumentos, mecanismos e instituciones permiten que la información llegue a poblaciones vulnerables en países en desarrollo?

Conclusiones

La literatura para los países desarrollados muestra como las TIC pueden contribuir a reducir las emisiones y combatir el cambio climático. Sin embargo, es muy escasa e incipiente la literatura para los países en desarrollo. Una notable excepción es el caso de China, que muestra importantes reducciones en las emisiones debido a la búsqueda de eficiencia energética en el sector de las TIC.

En países en desarrollo, y en América Latina en particular, frente a un contexto de desigualdad, las personas que tienen acceso a herramientas del sector TIC pueden ser los más privilegiados. Por tal motivo, el proceso de adaptación mediante TIC debe tener en cuenta el contexto (la desigualdad y la pobreza) a modo de evitar efectos no deseables.

La literatura ha comenzado a tratar alguno de los aspectos y desafíos que atraviesa el empleo de las TIC en las diferentes dimensiones que plantea el cambio climático (adaptación, mitigación, etc.) en países en desarrollo, donde las vulnerabilidades frente al mismo son

mayores (Ospina y Heeks, 2010a). Sin embargo, varios temas permanecen en la agenda de futuras investigaciones.

En materia de desarrollo sostenible y medio ambiente, existen varios desafíos en términos del establecimiento del papel y el potencial de las TIC en el cambio climático y, en particular, su rol en las estrategias de crecimiento de bajo carbono (Ospina y Heeks, 2010a). Es necesario reconocer los beneficios del desarrollo que su uso puede traer en contextos vulnerables, sin perder de vista la necesidad de repensar los modelos de crecimiento considerando factores ambientales.

Un aspecto importante a tener en cuenta en la relación TIC-cambio climático, es la relación entre innovación y crecimiento sostenible (Slob y Van Leishout, 2002; Willard y Halder, 2003). Este es un punto clave considerando que en el largo plazo se avizora un escenario con mayor variabilidad climática. En lo que refiere a la relación innovación y crecimiento sostenible, la literatura en general se centra en éste último; además, deja de lado los efectos negativos que ha suscitado el crecimiento en el sector TIC (Ospina y Heeks, 2010a). Varios reportes introducen en el debate este aspecto negativo del crecimiento del sector TIC y expresan la necesidad de captar y medir estos efectos, de modo que se implementen mecanismos que consideren el costo del crecimiento.

El debate sobre la sostenibilidad y los efectos ambientales de las TIC se unió rápidamente a una nueva línea de investigación, centrada en las emisiones de CO₂ y el papel de las aplicaciones de las TIC en su reducción. En este contexto, la literatura empezó a centrarse en los desafíos planteados por el cambio climático, y en el creciente interés de los países desarrollados en la mitigación. En este último punto, los países desarrollados han promovido la investigación de los efectos directos, indirectos y sistemáticos de las TIC en la emisión de carbono (ITU, 2008). A través de estas investigaciones, ITU sugiere que se deben tomar acciones con motivo de reducir el consumo energético en el sector TIC (principal fuente de contaminación en este sector), el empleo de TIC es en el proceso de desmaterialización y la provisión de tecnología para monitorear y reducir emisiones en otros sectores.

Además, en materia de mitigación se vislumbran desafíos a considerar en futuras investigaciones. La mitigación juega un rol clave en el cambio climático y las TIC pueden contribuir en el proceso de mitigación. Muchas veces se pone el énfasis en la reducción de CO₂ en los países en desarrollo, dejando de lado la necesidad de introducir nueva tecnología enfocada en las prioridades del cambio climático de estas naciones. Esta nueva tecnología podría, potencialmente, contribuir a la desmaterialización, utilización eficiente de energía, etc.

En materia de adaptación, se han desarrollado investigaciones acerca del impacto de las TIC en el ambiente, en el contexto de países en desarrollo (Labelle et al., 2008). Además, esta investigación proporciona una descripción de las aplicaciones de las TIC en todos los aspectos de la gestión del medio ambiente, incluyendo recomendaciones acerca del cambio climático en países en desarrollo. También existe evidencia del uso de aplicaciones de las TIC (como teléfonos celulares) en el contexto de la adaptación, en países en desarrollo,

por ejemplo en Chile (Cagley, 2010). Este tipo de aplicaciones resalta el rol de las TIC en la sostenibilidad financiera y los esfuerzos por la protección del medio ambiente.

Además de reconocer el potencial de las TIC para contribuir, la literatura en esta materia comenzó a reconocer más explícitamente los desafíos que enfrentan los países desarrollados, tanto en términos de acción ambiental como de uso de las TIC (Ospina y Heeks, 2010a). En este sentido, existen algunas ideas iniciales sobre estrategias de acción, tales como la importancia de promover la participación ciudadana a través de diferentes aplicaciones.

En septiembre de 2009, la organización Building Communication Opportunities (BCO) Alliance, elaboró un informe focalizado en la adaptación al cambio climático y el papel de las TIC (Kalas y Finlay, 2009). Dicho documento refleja el progreso que se ha efectuado en la materia, y ofrece casos prácticos de África, Asia y América Latina, donde se demuestra la forma en que estas tecnologías están siendo utilizadas para hacer frente a los desafíos planteados por la adaptación.

No obstante, a pesar de los avances en términos de adaptación documentada en reportes e investigaciones, en algunos aspectos existen rezagos que es necesario tener en cuenta. Por ejemplo, la información climática permite un mejor posicionamiento frente a la variabilidad de la misma, como se ha mencionado anteriormente. Sin embargo, existen problemas con los datos meteorológicos, pronósticos y análisis que a menudo son inaccesibles en contextos vulnerables, siendo estos los que más los precisan, debido a la falta de infraestructura adecuada y escasez de recursos económicos y capital humano necesarios para interpretar los datos y tomar decisiones acertadas (Ospina y Heeks, 2010a).

Si bien deben existir políticas de capacitación a las poblaciones usuarias de los telecentros, es necesario distinguir que, una cosa es que los mismos busquen información que les ayude a tomar decisiones sobre sus actividades productivas (precios, insumos, etc.), y otra es que usen el mapa de peligros, por tipo de peligros y nivel de los mismos, en sus zonas. No es sencilla la interpretación de estos indicadores y para hacerlos asequibles se requiere de generación de productos cuya información sea de fácil transmisión y uso, por un lado, y de capacitaciones para los usuarios, por otro.

Las condiciones económicas aparecen como el principal limitante para la implementación de planes de mitigación y adaptación al cambio climático mediante TIC en países en desarrollo. Sin embargo, programas a pequeña escala muestran un impacto positivo. Se requiere más investigación para determinar cual sería el impacto de dichos programas en caso de generalizarse.

Referencias Bibliográficas

- Azariadis, C. y Stachurski, J. (2004). *Poverty Traps*. En Aghion, P. y Durlauf, S., (eds), *Handbook of Economic Growth*. Amsterdam: North-Holland.
- Basha, E. y Rus, D. (2007). Design of Early Warning Flood Detection Systems for Developing Countries. In: *International Conference on Information and Communication Tech-*

nologies and Development, 15-16 de Diciembre, Bangalore, India, pp. 1-10. Microsoft Research y IIIT Bangalore.

- Basha, E. A., Ravela, S. y Rus, D. (2008). Model based Monitoring for Early Warning Flood Detection. In: 6th ACM conference on Embedded network sensor systems, 5-6 de Diciembre, Raleigh, USA. , ACM.
- Bossi, J. (2007). Sostenibilidad de proyectos de desarrollo con nuevas tecnologías: el caso de la organización de regantes y su sistema de información en Huaral. *Community Informatics in Latin America and the Caribbean*, Vol 3. No. 3.
- Boston Consulting Group. (2009). *The Business of Sustainability. Imperatives, Advantages and Actions*. The Boston Consulting Group, INC, USA.
- Cagley, M. (2010). From the Web to the Phone: Information System Sends RSS Feeds to Chilean Farmers via SMS. *ICT Update*, Vol. 53, No. 10.
- Castillo E., Quintela, F., Moreno, W., Jordan, R. y Westhoff, W. (2004). Wireless Sensor Networks for FlashFlood Alerting. *In: Proceedings of the Fifth IEEE International Caracas Conference on Devices, Circuits and Systems 2004*, Nov 35.
- Castro, D. (2009). "Learning from the Korean Green IT strategy". Web Memo. The Information Technology and Innovation Foundation. Disponible en: <http://www.itif.org/files/WM-2009-02-GreenIT.pdf>.
- Commission of the European Communities. (2009). *Communication from the Commission of the European Communities on Mobilising Information and Communication Technologies to Facilitate the Transition to an Energy Efficient Low-Carbon Economy*. COM 111 final. Bruselas, Unión Europea.
- Cruz, R. V., Harasawa, H., Lal, M., Wu, S., Anokhin, Y., Punsalma, B., Honda, Y., Jafari, M., Li, C. y Ninh, N. H. (2007). Asia. En: Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., Linden, P. J. v. d. & Hanson, C. E. (eds.) *Climate Change (2007). Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- Duncombe, R. (2006). *Analysing ICT Applications for Poverty Reduction via Microenterprise Using the Livelihoods Framework*. IDPM Development Informatics Working Paper 27. University of Manchester.
- Elson, J. y Estrin, D. (2004). *Sensor Networks: A Bridge to the Physical World*. In: Raghavendra, C. S., Sivalingam, K. M. y Znati, T. (eds.) *Wireless Sensor Networks*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- FAO. (2003). *Communication and Natural Resource Management*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Prepared by The Communication Initiative in collaboration with the Communication for Development Group., Rome, Italy.
- FAO. (2010). *Collaborative Change: A Communication Framework for Climate Change Adaptation and Food Security*, Rome, Italy Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- Google. (2009). Google PowerMeter. (06/10/2009). Disponible en: <http://www.google.org/powermeter/calculation.html>.
- Heeks, R. y Kanashiro, L. (2009). Remoteness, Exclusion and Telecentres in Mountain Regions: Analysing ICT-Based “Information Chains” in Pazos, Peru. Institute for Development Policy and Management – Working Paper: 39. University of Manchester.
- Heeks, F y Ospina, V.A. (2010a). “Unveiling the Links between ICTs & Climate Change in Developing Countries: A Scoping Study. Centre for Development Informatics”. Institute for Development Policy and Management. University of Manchester. <http://www.niccd.org/ScopingStudy.pdf>
- Heeks, F y Ospina, V.A. (2010b). Linking ICTs and Climate Change Adaptation: A Conceptual Framework for eResilience and e-Adaption. Centre for Development Informatics, Institute for Development Policy and Management. University of Manchester.
- Hertzog, C. (2010). Smart Grid Dictionary. Green Spring Marketing LLC. http://www.smartgridlibrary.com/dictionary_new/
- Institute for Prospective Technological Studies. (2004). The Future Impact of ICTs on Environmental Sustainability. European Commission. Joint Research Centre, Technical Report EUR21384 EN. Unión Europea.
- Inter-American Development Bank. (1998). Facing Up to Inequality in Latin America. Economic and Social Progress 1998 Report (Serial). Inter-American Development Bank.
- International Herald Tribune. (2007). Edición del 27 de Setiembre. The New York Times Company.
- ITU. (2007). ICTs and Climate Change. ITU-T Technology Watch Report #3, International Telecommunications Union (ITU), Geneva. Disponible: http://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/23/01/T23010000030002PDFE.pdf.
- ITU. (2008). ICTs for eEnvironment Guidelines for Developing Countries, with a Focus on Climate Change, Geneva. Disponible en: <http://www.itu.int/ITU-D/cyb/app/docs/itu-icts-for-e-environment.pdf>.
- ITU. (2009). ITU Symposium on ICTs and Climate Change. Hosted by CITIC. Quito, Ecuador, 8-10 Julio. Background report. Disponible en: http://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/06/0F/T060F00600C0004PDFE.pdf.
- Kalas, P. P. y Finlay, A. (2009). Planting the Knowledge Seed: Adapting to Climate Change using ICTs. Building Communication Opportunities (BCO) Alliance. Disponible en: http://www.apc.org/es/system/files/BCO_ClimateChange.pdf.
- Karanasios, S. (2011). “New & Emergent ICTs and Climate Change in Developing Countries” Center for Development Informatics. Institute for Development Policy and Management, SED. University of Manchester.
- Katz, R. (2009). “El impacto económico de las TIC en América Latina” en Katz, R. (Editor): *El papel de las TICs en el Desarrollo. Propuesta de América Latina a los Retos Económicos Actuales*. Colección Fundación Telefónica.

- Khedo, K. K., Perseedoss, R. y Mungur, A. (2010). A Wireless Sensor Network Air Pollution Monitoring System. *International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN)*, 2(2), pp. 31-45.
- Kumar, V. L., Suseela, A. L. y Akashdeep, A. (2005). Taking Information Technology to the Heart of India. *Ubiquity*, Marzo, pp. 2-2, ACM New York, NY, USA.
- Labelle, R., Rodschat, R. y Vetter, T. (2008). ICTs for eEnvironment: Guidelines for Developing Countries with a Focus on Climate Change. International Telecommunication Union (ITU), Geneva. Disponible en: <http://www.itu.int/ITU-D/cyb/app/docs/itu-icts-for-e-environment.pdf>
- Mignanti, S., Castellano, M., Spada, M., Simoes, P., Tamea, G., Cimmino, A., Neves, P. M., Marchetti, I., Andreotti, F., Landi, G. y Pentikousis, K. (2008). WEIRD Testbeds with Fixed and Mobile WiMAX Technology for User Applications, Telemedicine and Monitoring of Impervious Areas. Proceedings of the 4th International Conference on Testbeds and Research Infrastructures for the Development of Networks and Communities. Innsbruck, Marzo 18-20, Innsbruck, Austria. Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering. . ICST, Bruselas, Bélgica.
- Mingay, S. y Pamlin, D. (2008). Assessment of global low-carbon and environmental leadership in the ICT sector. WWF Gartner. 3. Disponible en: http://www.wwf.se/source.php/1298320/WWF_Gartner-Assessment_of_global_lowcarbon_IT_leadership.pdf.
- Nelson, D. R., Adger, N. W. y Brown, K. (2007). Adaptation to Environmental Change: Contributions of a Resilience Framework. *Annual Review of Environment and Resources*. Vol: 32, pp. 395-419.
- Neves, P., Pentikousis, K., Sargento, S., Curado, M., Simones, P. & Fontes, F. (2009). Novel WiMAX Scenarios for Future Broadband Wireless Access Networks. En: D.Katz, M. and Fitzek, F. H. P. (eds.) *WiMAX Evolution: Emerging Technologies and Applications*. John Wiley and Sons Ltd, Reino Unido.
- Novotný, K. (2009). Perú: ICTs and Food Security: The case of Huaral Valley. En: Kalas, P. P. y Finlay, A. (eds.) *Planting the knowledge seed: Adapting to climate change using ICTs. Building Communication Opportunities (BCO) Alliance*. http://www.bcoalliance.org/system/files/BCOClimateChange_20100607.pdf.
- OECD. (2010). *Greener and Smarter: ICTs, the Environment and Climate Change*. OECD Publishing, Francia.
- OECD. (2009a). *Definition of the Rio Marker on Climate Change (Mitigation): Aid Targeting: The Objectives of the Framework Convention on Climate Change Mitigation*. OECD Publishing, Francia.
- OECD. (2009b). *The Development Dimension, ICTs for Development, Improving Policy Coherence*. OECD Publishing, Francia.
- Panchard, J., Rao, S., V., P. T., Hubaux, J.P. y Jamadagni, H. S. (2007). Commonsense net: A Wireless Sensor Network for Resource-Poor Agriculture in the Semiarid Areas of Developing Countries. *Information Technology and International Development*, 4(1), pp. 51-67.

- Röller, L.H. and Waverman, L. (2001). Telecommunications Infrastructure and Economic Development: A Simultaneous Approach. *The American Economic Review* Vol. 91, No. 4, 909-923.
- Slob, A. y van Lieshout, M. (2002). The Contribution of ICTs to the Transition Towards a Climate-Neutral Society. En: Kok, M. T. J., Vermeulen, W. J. V., Faaij, A. P. C. & de Jager, D. (eds.) *Global Warming and Social Innovation: The Challenge of a Climate-Neutral Society*. London: Earthscan.
- Solervicens, M. (2009). Including the Excluded: Connecting Climate Change and ICTs. In: Kalas, P. P. y Finlay, A. (eds.) *Planting the Knowledge Seed: Adapting to Climate Change Using ICTs. Building Communication Opportunities (BCO) Alliance*. http://www.bcoalliance.org/system/files/BCOClimateChange_20100607.pdf.
- The Climate Group. (2008). SMART 2020: Hacia la economía con niveles bajos de carbono en la era de la información. Informe del The Climate Group en nombre de la Global eSustainability Initiative (GeSI). <http://www.gesi.org/LinkClick.aspx?fileticket=UOP60Y21eXE%3D&tabid=60>.
- Tianjian, Y., Yiwen, H., Ping Z., Huaying, S. y Xi, L. (2011). Low Carbon Telecom Solutions for China's Emission Reduction and Future Forecasts. *China Communications*, 8(3), pp. 52-65.
- UN ESCAP. (2009). Using Telecentres for Disaster Risk Management at the Community Level, United Nations, Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP). Policy Brief No. 5. http://www.unescap.org/IDD/pubs/Policy_Brief_No.5_-_September_2009.pdf.
- UN ESCAP. (2008). ICT Enabled Disaster Risk Reduction in Asia & the Pacific. Thailand, UN Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, UN ESCAP: Committee on Information and Communications Technology. http://www.unescap.org/idd/events/cict-2008/CICT_2-E.pdf.
- UNEP Risø Centre on Energy, Climate and Sustainable Development. (2007). Enhancing a More Equitable Regional Distribution of CDM Project Activities. United Nations Environment Programme.
- UNFCCC. (2010). United Nations Framework Convention on Climate Change. Disponible en: <http://unfccc.int/2860.php>.
- USAID. (2007). Adaptación a la variabilidad y al cambio climático. Un manual para la planificación del desarrollo. International Resources Group.
- Willard, T. y Halder, M. 2003. The Information Society and Sustainable Development: Exploring the Linkages. International Institute for Sustainable Development (IISD), Winnipeg, Canada. http://www.iisd.org/pdf/2003/networks_sd_exploring_linkages.pdf.
- WINSOC. 2007. AMRITA Wireless Sensor Network System for Landslide Detection. http://www.winsoc.org/researchhighlights_reh_4.html.
- World Resource Institute. (2007). "Ecuador's Proposal to Save Yasuni Rainforest Recognized at the Clinton Global Initiative As a Step Towards Reducing Emissions" 27 de Setiembre. <http://www.wri.org/stories/2007/09/ecuadors-proposal-save-yasuni-rainforest-recognized-clinton-global-initiative-as-a-s>.
- Young, S. (2010). "Climate Change, ICTs and Regulation" GRS Discussion Paper. International Telecommunication Union. Disponible en: <http://www.itu.int/ITU-D/treg/Events/Seminars/GSR/GSR10/documents/GSR10-paper5.pdf>.