



ISSN 1659-343-X

TRAMA

Tecnología

Cultura

Desarrollo



Trama. Revista de Tecnología, cultura y desarrollo
Escuela de Ciencias Sociales
vol. III, #1, junio 2012
ISSN 1659-343-X

Cátedra Tecnología, Paz y Desarrollo
Conferencia pronunciada el 5 de abril de 2011
Sede Central, Cartago

Ética y medio ambiente
Dr. Roy H. May¹

La catástrofe nuclear que está viviendo Japón, y sus implicaciones ambientales más allá de las fronteras geográficas de ese país, nuevamente demuestran la fragilidad de la vida—no solamente humana—y, sobre todo, como la tecnología, que supuestamente tiene el propósito de beneficiar a la humanidad, se convierte en instrumento que destruye la vida. Desde hace tiempo cada vez más estamos tomando consciencia de un deterioro constante del medio ambiente, deterioro que claramente afecta las posibilidades plenas del desenvolvimiento de la vida misma.

Aunque la crisis ambiental en mucho sentido es una cuestión tecnológica y de políticas económicas, que las ciencias puedan resolver, en el fondo, es una cuestión ética porque se trata de la conducta humana, las decisiones, acciones y los valores subyacentes, que crean formas específicas de relaciones con la naturaleza y estas, a su vez, conllevan implicaciones en cuanto a la calidad, aún las posibilidades, de la vida. Claro es, el ecólogo y filósofo chileno Ricardo Rozzi cuando explica, “que los orígenes de la crisis ambiental actual radican en el modo de relación establecido por la sociedad industrial con el mundo natural” (2001, 311). La vida depende de las relaciones, como enseña la ecología y, a la vez, es de las relaciones que se preocupa la ética. Cuando se traba el relacionamiento, tanto en el sentido biológico o ecológico como en el sentido social, se reduce las posibilidades de la vida plena y esto es problema ético. En la crisis ambiental, hay una convergencia entre la ecología y la ética.

Lo que quiero hacer hoy es desarrollar un acercamiento ético al problema del medio ambiente, con el propósito de trazar una ética ambiental. No obstante, antes de seguir con mi construcción propia, creo útil presentar algunas generalidades acerca de algunos de los conceptos y enfoques que forman parte del

¹ Profesor de la Universidad Bíblica Latinoamericana e investigador asociado del prestigioso Departamento Ecuménico de Investigación (DEI), es también autor del libro *Ética y medio ambiente, hacia una vida sostenible* (DEI, 2002, 2004). Correo electrónico: royhmay@gmail.com

pensamiento ético ambiental.

La Ética ambiental surge con la creciente consciencia del deterioro ambiental y se incorpora en la reflexión filosófica (y teológica) a partir de la década de los 1970. Diferentes movimientos ambientalistas estimulan el debate en el interior de la misma reflexión filosófica sobre las bases teóricas que deberían orientar el debate y la lucha ambientalista, que, a su vez, podemos entender como enfoques ideológicos ambientalistas, a saber: antropocentrismo; biocentrismo; ecocentrismo; y, con base en alguno de estos, tres tipos de éticas ambientales o “ecologías filosóficas”: ecología convencional; ecología social; y ecología profunda. Además se debate sobre el valor de la naturaleza, si es inherente o solo instrumental. Estos representan un vocabulario fundamental para la reflexión filosófico-ética. Señalan el objeto de preocupación moral y, por tanto, conllevan implicaciones para la praxis. Brevemente, permítanme explicar cada uno de estos conceptos-palabras antes de seguir con la exposición de mi propio acercamiento.

Valores	
Valor instrumental	Valor intrínseco
comprende que la naturaleza tiene valor solamente en la medida que sirve las necesidades humanas	Cree que la naturaleza tiene valor en sí misma, independiente de cualquier utilidad para la humanidad

Enfoques y tipos de ética ambiental	
Enfoques ideológicos ambientalistas	Éticas ambientales
Antropocentrismo: propone al ser humano como el centro de interés y preocupación ética; el valor de la naturaleza está en su capacidad de servir a la humanidad. Se preocupa por el medio ambiente porque su deterioro afecta la calidad de vida humana.	Ecología convencional: enfoque antropocéntrico que propone que los problemas ambientales se solucionan mediante nuevas tecnologías, sin necesidad de cambios sistémicos o del modo de relación. Entiende valor en términos instrumentales.

<p>Biocentrismo: afirma la vida como valor absoluto y declara que toda forma de vida es de igual valor; reclama el respeto por cada manifestación individual de la vida.</p>	<p>Ecología profunda: concibe la realidad en términos monistas; propone que en el fondo, toda la vida es una, así que las diferencias en formas de vida solo son aparentes. Argumenta que es necesario que el ser humano pierda su identidad propia para poder conocerse como parte de la trama de vida a nivel ontológico, esto es posible mediante la mística y la espiritualidad. El valor de la naturaleza es intrínseco. Es biocéntrico su enfoque.</p>
<p>Ecocentrismo: entiende la vida en términos de ecosistemas o comunidades; subordina las manifestaciones individuales de la vida al funcionamiento del ecosistema.</p>	<p>Ecología social: une lo natural con lo social porque comprende la naturaleza y la sociedad como integralmente ligada en tal forma que los problemas ambientales son a la vez problemas sociales y viceversa. Se preocupa por relaciones sistémicas y colectividades. El valor de la naturaleza es tanto intrínseco como instrumental. Tiende a ser ecocéntrica.</p>

Como pueden ver, estos conceptos contienen diferencias significativas entre sí que afectan la manera de comprender y presentar la ética ambiental. Siendo que son estos conceptos que son formativos de la ética ambiental, es importante tener claridad acerca de sus significados.

Ética ambiental

La convergencia entre la ecología y la ética produce la “ética ambiental.” Es decir, la ética ambiental se preocupa por el tipo de relaciones que soporta y fomenta la vida saludable y esta “conciernen tanto a las sociedades humanas como a la naturaleza y procura el bienestar de ambas,” dice Rozzi (2001, 311). En este sentido, la ética ambiental se preocupa tanto por “lo natural” como por “lo social” porque, sigue diciendo Rozzi, “nuestras formas de relaciones sociales están íntimamente emparentadas con las formas de relación que establecemos con la naturaleza” (2001, 342). Esto es porque, como explican Augusto Ángel y Felipe Ángel, filósofos colombianos, “La transformación del medio natural es la manera como el hombre (sic) construye cultura. Construir cultura contra la naturaleza o más allá de sus límites es sembrar la muerte de la misma cultura” (Ángel y Ángel 2002, 20). Además, la división entre “naturaleza” y “cultura” es ambigua. El historiador del medio ambiente, Guillermo Castro, de Panamá, nos recuerda que:

La naturaleza es en una importante medida el resultado de antiguas y prolongadas intervenciones humanas en los ecosistemas que integran. Enseguida, está el hecho de que nuestras ideas acerca

de la naturaleza y de las formas en que debe ser puesta al servicio de nuestras necesidades están socialmente determinadas de maneras a la vez evidentes y sutiles. Y, por último, debemos recordar que los problemas ambientales que enfrentamos hoy tienen su origen en las formas en que hemos venido haciendo uso de los ecosistemas en el pasado: esto es, que esos problemas tienen un origen histórico. (2006, ix)

Esto propone, entonces, que la crisis ambiental es radicalmente crisis ética. Por esta razón, la ética ambiental quiere señalar o proponer los valores fontanales, una axiología, como también las opciones y actitudes, adecuados para un modo de relación saludable entre la humanidad y la naturaleza, al mismo tiempo que critica el modo de relación que predomina. Su tarea es tanto “denunciar” como “anunciar.” La ética ambiental ha de tener una función crítica frente a la relación ser humano-naturaleza.

El ser humano, como ser social que es parte de la naturaleza, es totalmente dependiente de la naturaleza y de la sociedad. Su supervivencia depende de ellas. Es una relación metabólica que posibilita las necesidades básicas, que sostiene la vida misma. Esta relación está mediada por el trabajo y la tecnología, y estos están determinados por las políticas económicas y sociales que rigen una sociedad. En este sentido, la tecnología nunca es neutral. No solamente tiene implicaciones sociales-culturales y para la configuración de poder, afecta, en mayor o menor grado, la naturaleza. Una nueva tecnología provoca adaptaciones culturales y nuevas relaciones con la naturaleza. Los cambios pueden ser positivos o negativos; siempre aceleran el cambio; y siempre afectan al medio ambiente. Cuando estos cambios implican la enajenación de los seres humanos de la naturaleza y de entre ellos, causa una “ruptura metabólica” que afecta las posibilidades de vida. Nuevamente vemos cómo el problema ambiental está ligado al problema social. Eduardo Gudynas, ambientalista uruguayo, afirma que “los sistemas humanos [existen] en una continua y estrecha interrelación con los sistemas ambientales” (1995, 141). Los “dos” problemas “son ante todo una consecuencia de una visión de la sociedad y del entorno” (1995, 146). Las dos luchas convergen en una sola.

El propio sistema subvierte la vida sostenible

Hay un elemento trágico en la relación humano-naturaleza: para sobrevivir, los humanos tenemos que intervenir en la naturaleza. Como todo ser viviente, tenemos que sacar a la naturaleza nuestras necesidades de supervivencia. Como dicen los filósofos colombianos A. y F. Ángel, “El hombre (sic) tiene que transformar el ecosistema para poder vivir y progresar como especie, pero sus transformaciones tienen características muy distintas a las que inducen las otras especies” (2002, 16). Nuestras intervenciones tienden de ser destructivas y amplias, a diferencia de las de las otras especies. Es trágico: tenemos que destruir para

sobrevivir. Como dicen los colombianos, “La evolución arrojó a esa especie del paraíso ecosistémico y no ha podido ni puede regresar a él” (Ángel y Ángel 2002, 13)...¡la “Caída” en términos religiosos! “La técnica es la condición de vida humana.” (Ángel y Ángel 2002, 21)

Pero la técnica es inevitablemente ligada a la política y las estructuras de poder que configuran una sociedad. Nuestras intervenciones están tanto impulsadas como su tipo determinado por estructuras más allá de la persona individual. “Cualquier que sea la posición que se tome en este debate,—dicen los colombianos— lo que queda claro es que una ética ambiental no puede reducirse a fórmulas de comportamiento individual, sino que tiene que construir una normativa del comportamiento social y político. Para ello habría que partir del principio de que es la cultura como un todo la que modifica el medio natural adecuada o inadecuadamente. “Los problemas ambientales rara vez se deben a actitudes individuales, desligadas de un contexto social... el único que actúa es el individuo... [pero] el individual no actúa independientemente del cuerpo social.” (Ángel y Ángel 2002, 13) Esta es una clave para comprender la crisis ambiental y orientar el análisis ético.

Es decir, el problema no es solo de actitudes personales, sino estructural, parte del sistema. Bajo el industrialismo, organizado por el capitalismo, el sistema que separa al trabajador del fruto de su propio trabajo, también se basa en el voraz consumo de recursos naturales. Subvierte las bases de su propia vida para poder sobrevivir. La ruptura metabólica se convierte en la lógica que impulsa al sistema.

La consecuencia es una separación o alienación cada vez más profunda entre el ser humano y la naturaleza. El estilo de vida moderna nos da poco contacto y menos dependencia directa en la naturaleza. Nuestro mundo es la realidad urbana; el bosque es foráneo. No tenemos tiempo, ni mucho menos la necesidad, de escuchar las aves.

Vemos un contraste grande con los pueblos indígenas: su modo de relación con la naturaleza no es el industrialismo capitalista, sino fundamentalmente agrario-cazador en lo cual la conservación de las relaciones metabólicas con la naturaleza son imprescindibles para el bienestar humano. Esta es una de las razones que subraya la importancia de la conservación de los pueblos originarios: nos ofrece otras formas de percibir el mundo natural. Rozzi afirma la importancia del “ethos” ancestral y los paisajes bioculturales amerindios...Ninguna filosofía ambiental genuinamente latinoamericana podría concebirse sin incorporar a las culturas amerindias.” (2010, 434). En el mismo sentido, otro chileno, Fernando Mires, insiste que es “preciso reconstruir” el saber ecológico de los pueblos indígenas “si es que pensamos en una segunda crítica a la economía política” (1990, 83) pues, “establecieron con la naturaleza una verdadera relación de intercambio recíproco” (1990, 90). Estos pueblos, que tienen todo derecho de existir por sí mismos, tienen mucho a enseñarnos sobre modos de relación humanos-naturaleza.

Ahora bien, si las causas últimas de la crisis ambiental se encuentran en el modelo de economía política, las causas inmediatas frecuentemente se ubican en la administración del sistema, lo que se puede llamar "gobernación ambiental". Esta tiene que ver con las políticas y regulaciones referentes a la relación con la naturaleza y al uso y la conservación de los recursos naturales. Tanto bajo gobiernos democráticos como no democráticos, la gobernación ambiental se determina en gran medida por relaciones de poder que obstaculizan la regulación y los controles ambientales o que permiten que se los ignore impunemente.

Al no tomar como factor clave el medio ambiente y las enseñanzas de la ecología, tanto el sistema como la sociedad, se autodestruyen.

La crisis ambiental latinoamericana y caribeña es una crisis estructural: su origen y causa se encuentra en la economía política fundamentada en el modelo industrial y organizada por el capitalismo dependiente y neoliberal. Involucra intereses poderosos, nacionales y transnacionales, que se imponen en vista del crecimiento de la rentabilidad inmediata. En el proceso, tanto la naturaleza como la sociedad humana son víctimas: el propio sistema subvierte la vida sostenible.

No obstante, a pesar de "la Caída", no estamos sin esperanza. Podemos tomar conciencia de nuestras formas de intervenir en la naturaleza; podemos cambiarlas. La capacidad crítica y racional permite la creación de nuevas técnicas, menos dañinas y más acordes a las exigencias ecológicas. Podemos emprender las luchas políticas que desemboquen en nuevas configuraciones de poder. No estamos condenados pero, sí, tenemos que tomar decisiones y movernos en nuevas direcciones.

La ética

En términos formales, la ética se refiere a la conducta que contribuye positiva y responsablemente a la construcción de la convivencia y a la plena realización del potencial de aquellos que en ella viven. Se trata de relaciones y funciones, de contextos y ambientes, siempre conscientes del futuro y de las consecuencias de las acciones realizadas en el presente. Sin problema, se afirma esto en cuanto a la comunidad humana; hasta ahora la idea de obligaciones éticas se ha limitado exclusivamente a la convivencia humana.

No obstante, no somos los únicos seres vivos y de hecho convivimos con otros seres vivos: su vida y la nuestra está afectada en muchas maneras por el intercambio entre ellos y nosotros, nuestro "modo de relación." En verdad, no podemos limitar la idea de convivencia y la ética a los seres humanos. Como dice Ricardo Rozzi, "Un camino promisorio para una ética ambiental latinoamericana se podría abrir al incluir todas las formas de vida en una concepción pluriversa, que aborde integralmente a los pueblos, los ecosistemas y

el conjunto de seres con quienes cohabitamos." (2010, 436) Tenemos que incluir los otros seres vivos como también ciudadanos de la comunidad y sujetos de nuestra conducta moral. Al hacer esto tendríamos que ampliar significativamente nuestro concepto de la ética. Tendremos que tomar en cuenta no solamente el impacto de una tecnología o proyecto económico u otra actividad en la convivencia humana sino también en la de los animales y sus necesidades materiales.

El fundamento de una ética ambiental

Aldo Leopold (m. 1948), uno de los primeros que visualizó una "ética de la tierra", nos recuerda que tal idea "consiste tan sólo en ampliar las fronteras de la comunidad para incluir el suelo, el agua, las plantas y los animales o bien, colectivamente: la tierra" (1996, 228). Éticamente, cada "ciudadano" demanda aprecio como parte de una sola comunidad pues todas se requieren para la vida. Esto significa una nueva ética para los seres humanos porque, como dice Leopold, "transforma el papel del Homo sapiens, de conquistador de la comunidad de la tierra a miembro y ciudadano ordinario de ella. Esto implica respeto hacia los miembros y también a toda la comunidad como tal" (1996, 228). Esta idea de comunidad o convivencia une "cultura" y "naturaleza". Las dos son inseparables e interdependientes, y cada una afecta a la otra. El ser humano pertenece a la naturaleza y a la cultura, de la misma manera como los otros seres vivos pertenecen tanto a la cultura como a la naturaleza. Estamos juntos en una sola convivencia.

¿Cómo replantear la cuestión ambiental para que incluyera la ética? Leopold contesta diciendo, "dejar de pensar en el uso apropiado de la tierra como un problema exclusivamente económico. Examinar cada cuestión para averiguar si es correcto en los aspectos ético y estético, además que sea económicamente productiva" (1996, 249). Y propone una "regla" para orientar ese pensamiento: "Una cosa es correcta cuando tiende a preservar la integridad, estabilidad y belleza de la comunidad biótica. No es correcta cuando no tiende a eso fines" (1996, 249).

Una ética en perspectiva de la alteridad

Esto significa que la alteridad--el reconocimiento del los "socios" o "ciudadanos" de la convivencia--es el marco que debería organizar la ética ambiental. El filósofo colombiano, Luis José González Álvarez, uno de los primeros en proponer una filosofía de la liberación, ya hace tiempo buscaba una ética ecológica "en perspectiva de alteridad", es decir, "plantear la defensa del ecosistema y de los recursos naturales, desde los intereses de los otros seres vivos, humanos y no humanos, que sufren las consecuencias de la destrucción ecológica". (González Álvarez 1991, 35, 44)

La alteridad no es posible sin conocer el otro; solamente mediante el “encuentro” es posible una reconciliación con el otro, la superación de la enajenación entre “ellos” y “nosotros”. El saneamiento pasa por el acercamiento entre el ser humano y la naturaleza, pero no es posible “volver” al “paraíso ecosistémico” que mencionan los filósofos Ángel. No obstante, nuestro anhelo por él puede llevarnos hacia al re-encuentro o la re-ligación con la naturaleza.

Este re-encuentro puede suceder mediante varias maneras: podemos sembrar árboles, pero mejor observar aves. Sugiero que la observación de las aves nos ofrece una forma excepcionalmente graciosa. La belleza de ellas, sus cantos y formas de vida, su presencia por toda parte y su capacidad de estimular la imaginación, nos dan alegría y entonan la vida con gozo. Despierta la sensibilidad al medio ambiente y a las otras criaturas. Le da una interacción íntima que contribuye a la reconstrucción de la religación con la naturaleza.

Sobre todo, las aves tocan nuestra alma. Son regalos, pura gracia inmerecida. El soterré que saluda en la mañana, el yigüiro que llama la lluvia y el guardabarranco que conversa con nosotros, todo es pura gracia. A estar con las aves, hay una reconciliación—la religación--, quizás momentánea, tal vez incompleta, pero reconciliación de todas formas. Alexander Skutch afirmó:

Para más y más personas, las aves constituyen el vínculo más fuerte con el mundo viviente de la naturaleza. Nos deleitan con su bello plumaje y sus melodiosos cantos. En su búsqueda, las aves nos llevan a los mejores parajes. Para encontrarlos y descubrir sus bien guardados secretos tenemos que esforzarnos muchísimo y vivir intensamente. En la medida en que apreciemos, entendamos y agradezcamos nuestra coexistencia con las aves, así lograremos el disfrute del duro trabajo que a través de los siglos resultara en la creación de ellas y de nosotros. Estoy convencido de que este es el sublime significado de nuestra relación con las aves. (citado en May 2011, 6)

Aunque la observación –y defensa-- de las aves parecería actividad inocente, no lo es, pues luchar por cambios orientados hacia la justicia y el bienestar de las mayorías humanas y “los otros seres vivos” será conflictivo y político y social. No obstante, emprender la lucha es una exigencia ética, parte del proceso de reconciliación o religación. González Álvarez lo pone en forma bien clara: “El valor de la vida no sólo nos obliga a respetar las relaciones de equilibrio entre los elementos de un [eco] sistema sino que nos exige también impedir que otros las destruyan y reconstruirlas cuando ya han sido destruidas”. (1991, 28) Es necesario impedir la acción de los que lo están destruyendo.

La alteridad subraya que, fuera de la convivencia no hay posibilidad de vida. Franz Hinkelammert encuentra en la vida solidaria “el circuito natural de toda la vida” (1996, 270). Como circuito, hay que respetar la integridad de cada dimensión, al mismo tiempo que se la toma en cuenta. Leonardo Boff apunta de manera acertada al problema cuando argumenta que la raíz de la crisis ecológica es “la ruptura de la

religación universal" (1996, 106). Esta ruptura solamente puede desembocar en la muerte, ya que entorpece el funcionamiento del circuito que facilita el intercambio metabólico que sostiene la vida.

La justicia, entonces, es el fundamento de la ética ambiental, porque sin la justicia la convivencia no funciona como "el circuito natural de toda la vida". "La lucha por la justicia en términos concretos de relaciones humanas-- dice Ivone Gebara --implica una práctica de la justicia respecto al ecosistema. No habrá vida humana sin la integridad de la vida del planeta, con sus innumerables expresiones" (1998, 53). Nuestro bienestar está ligado al de los otros seres vivos...como también su bienestar está ligado a nosotros.

Conclusión

La naturaleza humana es crear ambientes; modificamos la naturaleza y tenemos que hacerlo para sobrevivir. Todo depende de cómo hagamos las modificaciones. Podemos ser "conquistadores" para imponernos sobre la naturaleza, o podemos ser "ciudadanos/as" y buscar formas de colaboración con ella. Esto último exige no solamente nuevos conocimientos, sino una nueva conciencia de nuestra pertenencia a la naturaleza. En fin, el medio ambiente es nuestra "casa" y tenemos que arreglarla en tal forma que no solo cuide y proteja, sino también cree espacios que permitan el desenvolvimiento de las relaciones positivas, y que nutra los potenciales creativos de todos los que en ella vivan. En este sentido, la crisis ambiental es una crisis de la casa, y por esto es una preocupación radicalmente ética.

Tensiones filosóficas a resolver:

1. De las bases teóricas, ¿cuál sería la adecuada para la ética ambiental desde América Latina... antropocentrismo, biocentrismo o ecocentrismo?
2. ¿Qué tipo de ética ambiental corresponde mejor a las realidades ambientales latinoamericanas... ecología convencional, ecología profunda o ecología social?
3. ¿Cómo poner en práctica valores que corresponden al modo de relación con la naturaleza de los pueblos originarios, al modo de relación con la naturaleza de los pueblos industrializados y científicos?
4. ¿Cuál es el origen de los valores y qué significado tiene la respuesta para el medio ambiente?
5. ¿Cuáles son algunas formas de fomentar el re-encuentro entre seres humanos y la naturaleza?

Bibliografía

Ángel A. y F. Ángel. 2002. "La ética de la Tierra. Ética y medio ambiente." E. Leff, coord. 2002. Ética, vida, sustentabilidad. México D.F.: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Boff, L. 1996. Ecología: grito de la Tierra, grito de los pobres. Madrid: Trotta.

Castro, G. 2006. "Donald Worster y la historia ambiental". D. Worster, 2006. Transformaciones de la Tierra. Ensayos de historia ambiental. San José: EUNED.

Gebara, I. 1998. Intuiciones ecofeministas. Ensayo para repensar el conocimiento y la religión. Montevideo: Dobleclíc Soluciones Editoriales.

González Álvarez, L. J. 1991. *Ética ecológica para América Latina*. Bogotá: Editorial El Buho.

Gudynas, E. 1995. "Ecología social desde la perspectiva de los pobres." *Concilium* 261 (octubre) 139-141.

Hinkelammert, F. 1996. *El mapa del emperador. Determinismo, caos, sujeto*. San José: DEI.

Leopold, A. 1996. "La ética de la Tierra." *Equilibrio ecológico. Almanaque de un condado arenoso y ensayos sobre conservación tomados de Round River*. Traducción de Ángel Carlos González Ruíz. México, D.F.: Ediciones Gernika.

May, R. H., ed. 2011. *Alexander F. Skutch, ornitólogo, naturalista, filósofo*. San José: Asociación Ornitológica de Costa Rica.

Mires, F. 1990. *El discurso de la naturaleza, ecología y política en América Latina*. San José: DEI.

Rozzi, R. 2001. "Ética ambiental: raíces y ramas latinoamericanas." R. Primack, et al. 2001. *Fundamentos de conservación biológica. Perspectivas latinoamericanas*. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.

_____. 2010. "La filosofía ambiental." E. Dussel, E. Medieta y C. Bohórquez, eds. 2010. *El pensamiento filosófico latinoamericano, del Caribe y "Latino" (1300-2000)*. Historia, corrientes, temas y filósofos. México, D.F.: Editorial Siglo XXI.



Trama. Revista de Tecnología, cultura y desarrollo
Escuela de Ciencias Sociales
vol. III, #1, junio 2012
ISSN 1659-343-X

Reflexiones sobre Centroamérica a partir
del IV Informe Estado de la Región

Por: J. Álvaro Cáliz R. ¹

Abstract

This article condenses the main contributions of the Report on the State of the Region (2011). It describes how the Central American region experienced in the period 2008-2011 dangerous convergence of vulnerabilities and threats, that even though contrasts between countries, provoke various setbacks and the increase of the gaps within the region and countries, with the risk of unleashing processes of fracture regional if the relevant corrective measures are not taken. The article highlights that despite the bad times the region continued showing progress, although limited, which demonstrates it is not another loss decade as in the 80s, but the risk remains and requires a combination of national task forces (strengthening the capacity of States) and enhance regional collaboration (to assume pressing common challenges). Plurals and long lasting political agreements are required to significantly reduce the social exclusion that affects four out of ten Central Americans.

Resumen

El presente artículo sintetiza los principales aportes del IV Informe Estado de la Región (2011). Describe como la región centroamericana experimentó en el período 2008-2011 una peligrosa convergencia de vulnerabilidades y amenazas que, aunque con contrastes entre países, dio lugar a un conjunto de retrocesos y al aumento de las brechas al interior de la región y de los países, con el riesgo de desatar procesos de fractura regional si no se toman los correctivos pertinentes. El artículo destaca que pese a los malos tiempos la región continuó exhibiendo avances, si bien limitados, que muestran que no se reeditó una nueva década pérdida como la de los años 80, pero que el riesgo continúa y exige una combinación de tareas nacionales (fortalecer la capacidad de los Estados) y potenciar la colaboración regional (para enfrentar asumir apremiantes desafíos comunes). Acuerdos políticos plurales y duraderos son requeridos para reducir significativamente la exclusión social que aqueja a cuatro de cada diez centroamericanos.

Palabras clave: Centroamérica. Desarrollo Humano. Exclusión social. Democracia. Estado. Poder Infraestructural. Acuerdos políticos.

Desde 2009 a la fecha, Centroamérica vive su momento más peligroso en los últimos veinte años. Se ha distanciado, es cierto, de aquellas sociedades conmocionadas por las guerras civiles y sometidas

¹ Investigador del Proyecto Estado de la Región. Doctor en Ciencias Sociales por el Programa Latinoamericano de Trabajo Social de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

por los regímenes militares; tampoco es la misma de la etapa de las economías cautivas. Pero, continúa muy rezagada en la tarea de construir Estados democráticos capaces de garantizar inclusión política, predominio de la ley y justicia social. Lejos se encuentra también de ser una zona que asiente economías altamente productivas, con adecuada intensidad tecnológica, ambientalmente responsable, diversificada y susceptible de una distribución justa de la riqueza.

El rápido paso hacia sociedades más urbanas, el lento pero consistente aumento de la participación laboral femenina y el avance en la transición demográfica ha contribuido en algunos países a potenciar los progresos, pero estas transiciones, a su vez, plantean nuevos retos que de no asumirse pueden provocar, como en efecto está sucediendo, nuevos problemas que se añaden a los rezagos históricos. Sin una amplia y profunda estructura de oportunidades y un cúmulo de capacidades acumuladas, las brechas no cederán de modo espontáneo ni por algún efecto derrame.

En ese contexto, el IV Informe Estado de la Región analiza el periodo 2008-2011, un trienio convulso en el que se presentaron involuciones en varios frentes. Destaca sin embargo, que ningún país centroamericano ni el área en su conjunto revivió los escenarios de crisis política y económica experimentados en los años ochenta, aunque el golpe de Estado en Honduras es un aviso a considerar. La evidencia permite señalar que en el istmo se continuaron observando progresos, pese a los tiempos difíciles, pero también se registraron preocupantes involuciones que han estirado las brechas inter e intrarregionales. Estos retrocesos no fueron incidentes aislados, puesto que derivan de una peligrosa amalgama de amenazas y vulnerabilidades.

Desde la conclusión del Tercer Estado de la Región (2008), Centroamérica experimentó preocupantes retrocesos económicos, ambientales, sociales y políticos, y la ampliación de las brechas socioeconómicas y políticas dentro del istmo, en especial entre los países del sur (Costa Rica y Panamá) y los del centro-norte. También, el proceso de integración regional sufrió fuertes presiones como consecuencia de las crisis políticas dentro y entre países, que limitaron aún más su alcance. Este desempeño ha propiciado una peligrosa convergencia de riesgos de intensidad considerable que amenazan fracturar el Istmo.

Afortunadamente, caer al abismo no es un destino infalible; en efecto, tal como lo advierten los distintos capítulos del Informe, las fracturas -entendida ésta como la insuficiente disposición de los Estados para actuar en forma coordinada ante retos comunes- puede ser evitada si se profundiza la acción conjunta en áreas estratégicas y, a la vez, se robustece la cohesión al interior de los países. Para ambas tareas es esencial el fortalecimiento de los Estados, en tanto plataformas insustituibles para articular procesos incluyentes de desarrollo.

Durante el trienio analizado, resaltan hechos que revelan la exposición de la región a amenazas globales que se conjugan con vulnerabilidades construidas a lo largo de décadas. Mientras aún se arrastran déficits históricos -como los altos niveles de exclusión social y desigualdad- el Istmo se ha convertido en el territorio más violento de América Latina y en una de las zonas más inseguras del mundo, con actores del crimen organizado cada vez más fuertes, diversificados y amenazadores; también es la región más

expuesta a la incidencia del cambio climático. Asimismo, el derrocamiento de un gobierno en Honduras, los cuestionamientos a las elecciones municipales de Nicaragua (2008) y los episodios incertidumbre política que se vieron en Guatemala, cuestionan el supuesto de que la democratización electoral conduce sin desvío a la democratización del Estado. Por último, la alta sensibilidad de la región a los shocks económicos externos consumió esfuerzos e, incluso, varios logros alcanzados en años previos y, como saldo, ha quedado en entredicho la solvencia de las arcas públicas.

Los magros resultados del período 2008 a 2011, sin embargo, no revirtieron del todo el progreso registrado en la región durante la primera década del siglo. A pesar de los tiempos difíciles, no se reditó otra “década perdida” como la de los ochenta del siglo XX. Incluso en medio de fuertes presiones, se reportaron mejoras en la expectativa de vida y siguió bajando la incidencia de la mortalidad infantil, a la vez que creció la cobertura educativa (aunque desde puntos de partida muy disímiles). Si bien quedó en evidencia el ritmo lento y la fragilidad de los progresos -así como la vulnerabilidad de amplios grupos sociales ante la recesión económica-, la región mostró cierta capacidad de respuesta ante amenazas que hacían prever impactos más dramáticos. De igual manera se puede afirmar que aún se cuenta con márgenes de maniobra para la acción nacional y regional en pro del desarrollo humano.

Preocupa en todo caso que, pese a las severas dificultades que retan a Centroamérica, ésta ha perdido importancia relativa en el escenario global. Ciertamente es que en 2009 se firmó el Acuerdo de Asociación con la Unión Europea, una ventana para afianzar vínculos con esa región. Empero, la crisis económica en Europa y EE.UU. ha afectado flujos de cooperación históricamente claves para la inversión social en los países más rezagados. Por otra parte, a diferencia de Sudamérica, la región no tiene vínculos consistentes con el sudeste Asiático, la región más dinámica del mundo, al no ser productora de commodities de alta cotización en el mercado internacional. Esta situación obliga al istmo a buscar soluciones desde la región para contrarrestar las amenazas y, a la vez, complementar esfuerzos con la, ahora más escasa, cooperación externa.

En ese sentido, el hecho de que, pese a estas circunstancias, la institucionalidad de integración regional siguiera funcionando y exhibiera algunos logros en este trienio es una importante noticia². Si los Estados se disciplinan, honran sus compromisos y propician una modernización de estas instituciones, la integración es sin lugar a dudas una valiosa herramienta para atender desafíos regionales.

La peligrosa concurrencia de tres riesgos estratégicos

El IV Informe Estado de la Región advierte la concurrencia de tres riesgos estratégicos, a los cuales dedica atención especial por su importancia para el presente y futuro de Centroamérica. El primer

2 Para la integración centroamericana se trató de un trienio complicado en el que los retrocesos políticos del proceso de integración recrearon un escenario más hostil para las acciones conjuntas entre los países del Istmo. Los conflictos que irrumpieron en los Estados de la región, tanto internos (Honduras y Nicaragua) como externos (Nicaragua- Costa Rica), redujeron sensiblemente el alcance y ritmo de ejecución de los programas de la institucionalidad de integración, paralizaron la toma de decisiones en los órganos superiores, marginaron a las instituciones regionales como mediadoras de conflictos y han dificultado nuevos acuerdos en áreas de interés común. Destaca el hecho de que en 2011 se hayan comenzado a normalizar varias de las instancias de reunión y colaboración dentro del SICA, aunque todavía a un ritmo menor que el anterior a 2009.

riesgo es el institucional: hay un tipo de Estado en varios países de la región, marcadamente hostil a la democracia. Son Estados con aparatos institucionales pequeños, redes institucionales precarias, Ejecutivos dominantes, sin contrapesos, ajenos a la transparencia y atrapados por grupos de poder. Este perfil se traslapa con una notable debilidad infraestructural: limitada base fiscal, que impide sufragar el coste de garantizar derechos humanos básicos, y una endeble dotación de recursos y personal que les dificulta una presencia regular en el territorios. Estos Estados pequeños y débiles no son solo incapaces de fortalecer la democracia, sino que desde su seno atentan contra ella.

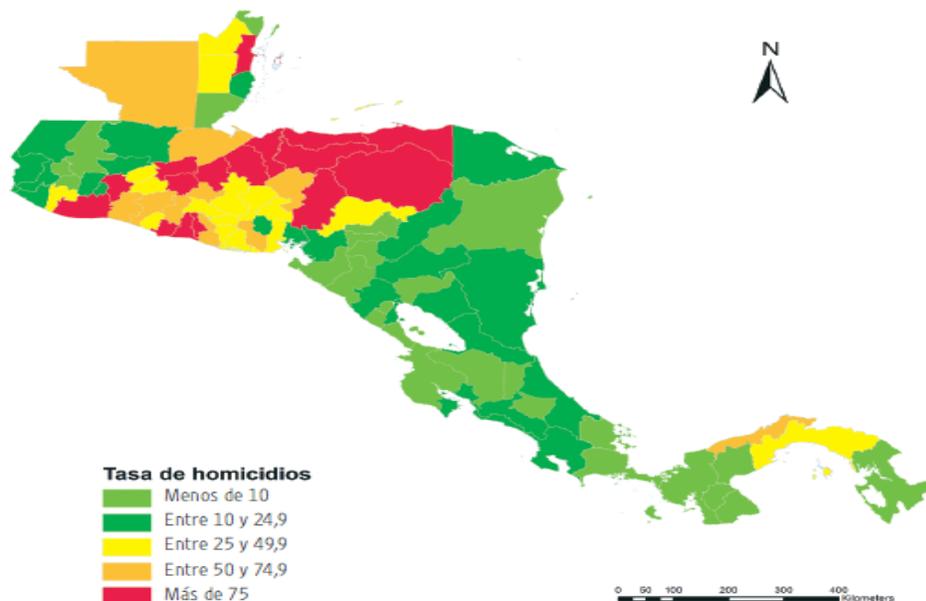
El segundo riesgo es el del cambio climático. Incluso las proyecciones más optimistas -con importantes variaciones entre subregiones y países- señalan que el Istmo tendrá que afrontar el aumento de temperaturas y una mayor frecuencia e intensidad de fenómenos hidrometeorológicos, circunstancia que agravará los problemas que ya sufre la región. Estas nuevas condiciones, aparejadas con la vulnerabilidad social y el aumento de la huella ecológica, se convierten en disparadores del riesgo para la infraestructura, producción y sobrevivencia misma de las personas y especies, en especial de las que habitan los ecosistemas más frágiles. De ahí que la gestión ambiental, orientada con preferencia hacia la adaptación, se convierta en una exigencia de primer orden.

Si bien se constata una mayor deliberación política regional sobre el tema, una posición común en el contexto global, así como estrategias, planes y adecuaciones normativas e institucionales, queda largo trecho para la aplicación efectiva de la gestión del riesgo para afrontar el cambio climático.

El tercer riesgo es el del bloqueo político para combatir la exclusión social. El Informe documenta que más de una tercera parte de las y los centroamericanos son víctimas de la exclusión social, en tanto padecen una inserción laboral precaria y sin acceso a programas sociales. Este fenómeno es más pronunciado en los países del centro y norte del Istmo que, a su vez, son los que presentan mayores bloqueos a políticas públicas redistributivas. El bloqueo a la inclusión social, al interactuar con otras variables como la alta violencia social (mapa 1), la debilidad de las instituciones, la transición demográfica y el estilo de desarrollo, ponen en grave riesgo la estabilidad futura de la región.

Mapa 1

Tasas de homicidios a nivel departamental^{a/}. 2010
(por cien mil habitantes)



a/ Basado en Banco Mundial, 2011, con base en Cuevas y Demombynes, 2009.

Fuente: Alfaro, 2011 con datos de Mendoza, 2011

A estos riesgos estratégicos se agrega la incertidumbre ocasionada por las secuelas de la volátil situación económica internacional. Las economías centroamericanas, en diverso grado, están muy abiertas a la economía mundial y son importadoras de petróleo y alimentos básicos. Durante el período de la fuerte expansión internacional (2004-2007), la región fue muy impactada por el deterioro de los términos de intercambio, debido al alza en 2006-2007 de los precios internacionales de esos productos. Estas incrementos de precios causaron presiones inflacionarias y afectaron las balanzas de pagos.

La crisis financiera mundial, con epicentro en el 2009, provocó una contracción económica debido a la disminución de los flujos de capital, la caída de las exportaciones y de sectores como el turismo y la construcción (gráfico 1 y cuadro 1). Si bien los efectos fueron diferenciados según las condiciones particulares de cada país, ello marcó el curso de las políticas económicas y sociales de los últimos tres años. En el 2010, al pasar la etapa más crítica, casi todos los países del istmo, salvo Panamá, mostraron indicadores macroeconómicos comprometidos. Hoy día la lenta y volátil recuperación económica internacional ha generado nuevos incrementos en la cotización del petróleo y de los alimentos, que podrían recrear el difícil escenario de 2007, con el agravante de que, salvo Panamá, los países con los cuales Centroamérica concentra sus intercambios comerciales y financieros no manifiestan un panorama halagüeño.

Gráfico 1

Centroamérica: Crecimiento promedio del PIB real por país. 2000-2010

Fuente: Rosales, 2010, con base en cifras de los bancos centrales de los países.

Cuadro 1

Centroamérica: Crecimiento real de los principales sectores en Centroamérica. 2009

	BE	CR	ES	GU	HO	NI	PA
Agricultura	-5,1	-2,5	-2,2	3,8	-1,7	0,0	-8,6
Industria	6,9	-2,6	-3,4	-0,9	-7,1	-2,7	-0,3
Construcción	18,8	-5,0	-0,7	-11,8	-9,8	-4,1	4,6
Comercio y Turismo	-6,7	-5,2	-5,2	-2,1	-8,0	-2,7	-2,8
Comercio	-7,1	-2,8	-4,8	n.d	-9,5	n.d	-3,7
Turismo	-4,5	-11,3	-7,5	n.d	-1,0	n.d	2,0
Sector financiero	n.d	3,9	-5,3	3,8	0,4	-4,3	-2,2
Transporte y Comunicaciones	-2,7	3,3	-3,9	2,8	-4,5	1,8	8,3
Electricidad y Agua	17,1	-1,3	-1,4	1,1	-1,5	2,0	7,1
Administración Pública	4,1	4,3	1,3	12,8	7,0	3,3	n.d
Servicios prestados a Empresas	n.d	7,1	-3,9	1,0	1,9	-0,7	-4,6
PIB	0,0	-1,1	-3,5	0,5	-1,9	-1,5	2,4

Fuente: Rosales, 2010, con base en cifras de los bancos centrales de los países y la CEPAL.

En suma, Centroamérica ha pasado por un período muy difícil entre 2008 y 2011, que la obligan a plantearse cambios profundos. Insistir con las mismas respuestas improvisadas o excluyentes solo llevará a escenarios más inciertos y dramáticos. La buena noticia, dentro de todo, es que aún hay tiempo para hacer algo distinto. Huelga enfatizar que contrario a otros episodios de crisis económica internacional, esta vez los gobiernos centroamericanos tuvieron mayor capacidad de maniobra para paliar ciertos efectos del ciclo recesivo. En lo sustancial, se reitera, hay márgenes para la acción política nacional y regional.

La doble y complementaria tarea de fortalecer la capacidad de los Estados y la acción regional Según el análisis del Informe Estado de la Región, un progreso continuo en los niveles de desarrollo humano requiere articular tareas nacionales -como el fortalecimiento de las capacidades institucionales de los Estados y la reversión de la captura del Estado por grupos de poder- y la habilitación de mecanismos que favorezcan la acción conjunta entre los países. A escala nacional, acuerdos duraderos e inclusivos ayudarían a dar saltos significativos en la reducción de la exclusión social. En el nivel regional, es preciso identificar y aprovechar espacios para la acción colectiva interestatal. Se presentan cuando menos tres campos de oportunidad para la coordinación de esfuerzos: la reversión de los climas de inseguridad ciudadana, la gestión del riesgo ante el cambio climático y la construcción de una plataforma en infraestructura y logística que facilite la interconexión regional.

Pero debe apostillarse que, sin cambios internos en los países, la acción conjunta y el sistema de integración enfrentan límites sustanciales. La probabilidad de contar con procesos e instituciones de integración eficientes y sostenibles se ve afectada por la existencia, en la mayoría de los países, de Estados endebles y asimétricos.

En Centroamérica el problema estratégico de la integración obedece a que varios de sus Estados, los de los países más grandes y poblados, son institucional y económicamente muy débiles, incapaces de asegurar la vigencia de un Estado democrático de derecho y de suplir bienes como la seguridad ciudadana, la educación y la salud a la mayoría de la población. Sin Estados que cumplan con estos mínimos, con sociedades desarticuladas en su interior, saltos cualitativos en la integración regional no son posibles. En estas condiciones es factible perfeccionar el abordaje conjunto de ciertos temas, pero no lograr cambios fundamentales en el curso y la profundidad de la integración.

Por esa razón el Informe Estado de la Región señala que, en aras de enfrentar los desafíos comunes, los países del istmo tendrán que fortalecer tanto la capacidad de los Estados como la acción conjunta regional. Una lección incontestable es que las soluciones deben hacerse con el Estado y no sin él. Empero, ese es el punto neurálgico: los Estados, en su mayoría ineficientes y con escasos recursos, no solo son cada vez más cooptados por grupos particulares, sino que están estancando o revirtiendo su penetración territorial. En el campo de la seguridad, el Estado está perdiendo parcialmente la disputa por el control territorial por el avance de las mafias y grupos irregulares que, principalmente, desde las redes del narcotráfico y actividades conexas, están legitimando una economía subterránea y un clima de violencia en alza. En la medida que el Estado siga perdiendo la capacidad de ejercer el monopolio de la fuerza legítima, y de desplegar su presencia mediante la provisión de bienes y servicios públicos, las sociedades van construyendo estructuras paralelas que, en algunos casos, no solo compiten con el Estado sino que incluso intentan, si se les permite, reducirlo a su mínima expresión. En Centroamérica se constatan problemas de esa índole y, peor aún, el fenómeno tiende a expandirse con rapidez.

En lo que atañe a la acción regional, a pesar de algunos esfuerzos, es preocupante no poder reducir las brechas entre discurso, planes y acciones. Grave también es la posición acomodaticia que parece guiar la actuación de los gobiernos nacionales, en el sentido de que estos prefieren una integración a la carta, según convenga o no a sus intereses, con escaso compromiso hacia la región como conjunto. Como resultado, los gobiernos no terminan de impulsar y llevar al terreno una estrategia que, desde una lógica solidaria pero a la vez pragmática, se concentre en los principales desafíos regionales en los que la integración puede aportar un valor agregado, mediante la producción de bienes públicos regionales.

Aun así, El Informe Estado de la Región documenta que bajo circunstancias difíciles, la acción regional conjunta es posible y necesaria. En efecto, en el período 2008- 2011, cuando imperaron condiciones adversas para la integración, siguieron desarrollándose esfuerzos conjuntos en áreas de interés para todos los países. Es decir, se redujo pero no se anuló el margen de maniobra. A pesar de las condiciones adversas, la acción centroamericana logró resultados tales como como la suscripción del Acuerdo de Asociación entre Centroamérica y la Unión Europea, la compra conjunta de medicamentos (y su

consiguiente ahorro) de los países centroamericanos y República Dominicana, ciertos avances en el Sistema de Interconexión Eléctrica y en la Red Internacional de Carreteras Mesoamericanas (RICAM), la adopción de medidas más efectivas para el control de armas pequeñas y ligeras por medio del Programa Centroamericano de Control de Armas Pequeñas y Ligeras (CASAC), y una mayor y mejor regulación del sector pesquero y acuícola del istmo centroamericano.

La democracia electoral no lleva automáticamente a consolidar Estados de derecho

Las sociedades centroamericanas han transitado por dos décadas de estabilidad política, lo cual ha permitido la creación de marcos normativos institucionales más densos que en cualquier otra época anterior. El régimen político es el área en la que más se ha avanzado y la regularización de elecciones libres y competidas es la característica más notable.

Esta regularidad sin embargo no debe pasar por alto a los partidos políticos, que aunque siguen siendo vistos como el vehículo privilegiado para obtener representación política, exhiben los niveles más bajos de confianza ciudadana si se les compara con otras instituciones. Como tampoco debe descuidarse el análisis de las implicaciones presentes y futuras de las irregularidades que tuvieron lugar con el golpe de Estado en Honduras (2009) y los múltiples cuestionamientos a las elecciones municipales de Nicaragua (2008).

Tampoco puede dejar de señalarse que subsisten problemas para garantizar un acceso más horizontal al poder formal, sobre todo por las barreras de entrada que supone el alto costo económico de la actividad política y las barreras que marginan a las mujeres y a los jóvenes de una mejor representación en los órganos de gobierno y legislativos.

Al enfocar el lente para observar el conjunto de los Estados de derecho, las valoraciones cambian sustancialmente, y las buenas noticias se convierten en excepción. Son frecuentes los signos de politización partidaria, de cooptación institucional por grupos extra estatales, de escasa transparencia y rendición de cuentas, junto a presupuestos insuficientes y burocracias con serios problemas para impulsar políticas públicas inclusivas. La esperanza de que la democratización del régimen iba a remolcar la democratización de los Estados no se ha cumplido, ni parece que va a concretarse, entre tanto no se redefine la matriz distributiva del poder -que no se reduce a las reglas de juego para la alternancia electoral-, sino que implica la limitación de las elites a la hora de ostentar el poder público.

Los propios avances en el régimen político están en riesgo si no se enfilan los esfuerzos hacia el núcleo estatal. Sin Estados que puedan garantizar un piso mínimo e inclusivo de seguridad jurídica, seguridad ciudadana y seguridad social, la democracia como proceso se ve obstruida y corre el riesgo de descarrilarse. Y en el peor de los casos, Estados a la deriva, impotentes, pueden ceder mayor control a grupos particulares que disputan la hegemonía sobre diversas porciones del territorio.

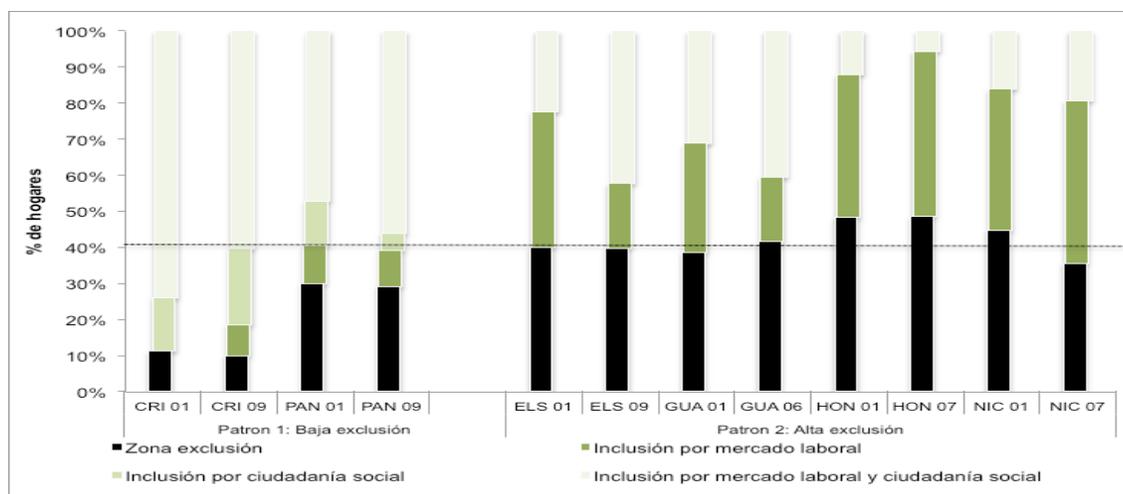
Las condiciones requeridas para acuerdos nacionales plurales y duraderos

A finales de la primera década del siglo XXI, cerca de 3,3 millones de hogares (17,2 millones de personas)

en el Istmo subsisten en condiciones miserables, con accesos nulos o precarios a los mercados de trabajo y bajísimos niveles de instrucción pública. Esta situación les impide a esas personas -y les impedirá a sus hijos- optar por mejores empleos y acceder a la seguridad social, condenándolos a vivir con exiguos patrimonios, expuestas a muertes prematuras y a elevados y crónicos riesgos a su integridad. Estos hogares han sido doble y simultáneamente abandonados: por el mercado y por el Estado, una situación que el Informe denomina exclusión social. Existen notables diferencias en la prevalencia de la exclusión entre y dentro de las naciones centroamericanas. Es claramente menor en los países del sur del Istmo, los de mayor desarrollo humano, y muy extendida en los del centro y el norte: Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua (el grupo llamado CA4). Panamá presenta una situación dual: la exclusión es baja en sus zonas urbanas, pero muy alta en las rurales. En los países del CA4, donde reside alrededor del 80% de la población centroamericana, en promedio, cerca de cuatro de cada diez hogares viven en situación de exclusión social (gráfico 2). El problema es más grave en las áreas rurales que en las urbanas.

Gráfico 2

Centroamérica: Magnitud de la exclusión y zonas de inclusión social durante primera década del siglo XXI



Fuente: Estado de la Región con base en Pérez-Sáinz, Segura y Fernández, 2010.

La reversión de los altos niveles de exclusión no sería posible recurriendo a más de lo mismo. Es impostergable que la mayoría de los países centroamericanos completen la tarea de construir Estados robustos dotados de poder infraestructural para cumplir sus funciones, facilitar las iniciativas privadas y, con ello, obtener también cuotas altas de legitimidad social. Los actores sociales y políticos tendrían que ser más conscientes de los escenarios por los que podría atravesar la región -que incluye la posibilidad de una nueva factura regional- y asumir el difícil pero ineludible cometido de generar condiciones para que las elites, interpeladas por los movimientos sociales y la opinión pública en general, asuman e impulsen un proceso transaccional que, desde lógicas distintas a la de suma cero, haga viable un Estado que esté por encima del interés de cualquier grupo en particular, pero que a la vez pueda ser interpelado y exigido en cuanto al curso de sus políticas públicas.

Al respecto, el IV Informe Estado de la Región indaga ¿bajo que condiciones es probable un acuerdo político duradero para disminuir la exclusión social en sociedades muy desiguales, con Estados no democratizados y que sufren una intensa y extendida violencia social?

Para que se dé un acuerdo de esa naturaleza hace falta de que los ciudadanos demanden, que los partidos quieran, que el Estado pueda y que los poderosos no lo impidan. En el análisis prospectivo planteado en el Informe, las probabilidades actuales de un acuerdo político duradero son muy bajas, por lo que el problema de acción colectiva de las elites es un enigma a resolver. Estas parecen aferrarse al viejo orden, pero cada vez ese orden es más incierto y costoso. Tampoco están muy dispuestas a permitir la creación de Estados más autónomos a los grupos de mayor influencia. De manera que prevalecen pactos subóptimos que perpetúan la exclusión y la segmentación social, sin que el Estado tenga voluntad y recursos para corregir las desigualdades extremas socialmente construidas.

Obtener una disminución significativa y sostenible de los niveles de exclusión social, lo que el Informe llama el “salto a la inclusión”, no es posible sin una colaboración entre fuerzas políticas que abra el paso a acciones públicas que amplíen las garantías sociales y fomenten mercados de trabajo más dinámicos. A esta colaboración se denomina “acuerdo político duradero”. Un acuerdo político duradero es una coalición incluyente y horizontal de actores políticos (partidos, movimientos sociales y organizaciones gremiales) configurada a partir de un convenio que establece objetivos, conductas aceptables o al menos toleradas, sanciones para incumplimientos y una distribución equitativa de los costos y beneficios de las acciones convenidas.

El IV Informe argumenta que los acuerdos nacionales no serán fáciles ni estarán libres de costos, pero también señala que no son imposibles. Constituyen una alternativa frente al deterioro político e institucional que experimentan varios países del Istmo. Asimismo, estos acuerdos resultan necesarios para lograr avances en el manejo integrado de bienes públicos regionales, como el patrimonio natural, la estabilidad y la seguridad. En lugar de la inmovilidad, las acciones aisladas o las falsas salidas, en la actual encrucijada parece más sensato reforzar los lazos recíprocos entre la acción política nacional y la regional.

Bibliografía

Pérez-Sáinz, J. et al. 2010. Sociedades fracturadas: la exclusión social en Centroamérica. Ponencia preparada para el Cuarto Informe Estado de la Región. San José, Programa Estado de la Nación.

Programa Estado de la Nación. 2011. Cuarto Informe Estado de la Región. San José, Programa Estado de la Nación.

Rosales, J. 2010. América Central: principales rasgos y tendencias del desempeño productivo y del sector externo en la última década. Ponencia preparada para el Cuarto Informe Estado de la Región. San José, Programa Estado de la Nación.



Trama. Revista de Tecnología, cultura y desarrollo
Escuela de Ciencias Sociales
vol. III, #1, junio 2012
ISSN 1659-343-X

¿El trabajo dignifica al hombre o la persona humana dignifica al trabajo?

Por: M.Sc. Martha Calderón Ferrey¹

Abstract

This article is a reflexion about the concept of decent work, coined by the International Labor Organization in 1999. This concept could also be defined as dignified work. The concept of decent work has the intention of protecting the rights of the working human person. These rights are newly threatened by the currents of thought that back globalized markets, efficient production at low labor costs, and abolition of warranties for workers. Furthermore, the latter are currently seen as hurdles for free commercial competitiveness.

Resumen

Reflexión entorno al concepto de Trabajo Decente que ha sido acuñado a partir de 1999, por la OIT y, que bien podría definirse como trabajo digno. El Trabajo Decente procura salvaguardar los derechos de la persona humana trabajadora, amenazados nuevamente, ahora por las corrientes de pensamiento que impulsan la globalización de mercados, la producción más eficiente con bajos costes laborales y la abolición de garantías laborales que son vistas como obstáculos a la libre competencia comercial.

Palabras Claves

Trabajo decente, trabajo digno, discriminación, derechos humanos, dignidad humana, garantías laborales.

¹ Máster en Derecho Laboral y de la Seguridad Social por la UNED, candidata a doctora en derecho por la UNED. Imparte los cursos de Desarrollo Tecnológico y Sostenibilidad y de Derecho Laboral en el ITCR y es Directora de la Escuela de Ciencias Sociales del ITCR.

INTRODUCCIÓN

La naturaleza de la persona humana le impulsa al desarrollo en múltiples y variados ámbitos, todos ellos fundamentales para su salud física y mental, pero las fuentes de financiamiento para promover el desarrollo de sus actividades provienen casi exclusivamente de su salario. Así pues, su desarrollo integral y el su familia depende de su trabajo, lo cual explica el por qué, el concepto de trabajo decente se fundamenta en el reconocimiento de la dignidad humana y procura la justicia social.

El concepto de trabajo decente no es novedoso para la OIT. Desde 1919 su misión ha sido velar porque las relaciones laborales, -que se desarrollan en el mundo entero y particularmente dentro de los países miembros,- procuren la armonía entre el crecimiento económico de los Estados y de los sectores productivos, con la garantía de mejores condiciones laborales para las y los trabajadores, que les aseguren el anhelado desarrollo integral.

La propuesta de trabajo decente que lanza la OIT en 1999, reconoce el derecho fundamental del ser humano a contar con un trabajo...con un trabajo de calidad. Con ello se pretende indicar que el concepto de trabajo decente está referido a criterios de justicia en las relaciones económicas, sociales y laborales que se dan entre los actores sociales, y no a criterios éticos de bondad y maldad. Así pues, al hablar de Trabajo Decente, hacemos referencia no solo al acceso a puestos de trabajo sino a la exigencia de que dichos puestos sean justamente remunerados; es decir que el salario que se perciba sea, además de equitativo, proporcional a la función desempeñada, y que se dé bajo condiciones de libertad, equidad, seguridad y dignidad.

1.- DIMENSIONES DEL CONCEPTO “TRABAJO DECENTE”

Con la Declaración de Filadelfia, la OIT asume la misión de abogar por un trabajo que reúna condiciones de libertad, de dignidad, de seguridad económica y en igualdad de oportunidades para todos los seres humanos, sin distinción de raza, credo o género, en reconocimiento de su derecho a perseguir el bienestar material y su desarrollo espiritual; es decir, su desarrollo integral.

En el contexto de la globalización de mercados, donde algunos consideran que las leyes del mercado son capaces por sí solas de promover el crecimiento, y son casi suficientes para asegurar la estabilidad social

y la democracia política (GRUMIAU, 2001), promoviendo la transferencia al mercado mismo, de las funciones del Estado en materia de su regulación, -con todas las consecuencias de carácter social que esta liberalización acarrea- la realidad ha sido muy distinta. Los beneficios, de carácter económico, no se han distribuido de manera equitativa entre los Estados partícipes de este proceso y esta inequidad también ha sido la tónica a lo interno de cada país. "Los beneficiados han sido los sectores que están en mejores condiciones de adaptarse a las nuevas reglas que imponen los procesos de apertura de las economías. En resumen, las expectativas se han cumplido a medias. Se han creado oportunidades pero, lamentablemente, no se han distribuido en forma adecuada." (BRU, 2004)

La nueva arquitectura financiera, a que hacía referencia el Director General de la OIT en su Informe Anual de 1999, debe ir más allá del crecimiento económico de manera que, a partir del estado actual del desarrollo social de cada país dentro del contexto regional en que está imbuido, considerando su entorno social y político y, el fortalecimiento de las políticas de protección social y de diálogo social, se procuren las medidas compensatorias que permitan contrarrestar o minimizar los efectos negativos de la globalización y potenciar sus efectos positivos, mediante políticas de redistribución que faciliten el crecimiento económico con desarrollo social, es decir que garanticen la justicia social.

Estas políticas de crecimiento económico con desarrollo social no pueden configurarse, si no es a partir de la garantía del trabajo decente para todos los trabajadores. Según lo definiera el Director General de la OIT, (OIT, 1999) "el trabajo decente es el punto de convergencia de sus cuatro objetivos estratégicos: la promoción de los derechos fundamentales en el trabajo; el empleo; la protección social y el dialogo social." La promoción del trabajo decente no está referida como algunos pretenden a la creación únicamente de puestos de trabajo, se busca además, que éstos tengan condiciones aceptables para el desarrollo integral del trabajador en su dimensión de ser humano, digno y sujeto de derechos individuales y colectivos fundamentados en esa misma dignidad.

Más aun, el compromiso de la OIT con el trabajo decente, está referido a las condiciones que deben prevalecer en cualquier relación en la cual un individuo preste sus servicios a otro, con independencia de que entre estos exista una relación laboral. Esto quiere decir que el concepto de trabajo decente no está referido exclusivamente al empleo, sino que abarca también a la ocupación. Esta idea es claramente expuesta por Brú (2004) cuando, en relación al concepto de trabajo decente expone: "aquella ocupación productiva que es justamente remunerada y que se ejerce en condiciones de libertad, equidad, seguridad, estabilidad y respeto a la dignidad humana".

Los puestos de trabajo, en el mundo entero, han dejado de reunir las condiciones adecuadas para

el desarrollo integral del trabajador y nos encontramos como, la misma legislación proteccionista de otros tiempos, ha empezado a sufrir modificaciones que atienden las demandas de eficiencia y competitividad que exigen los sectores patronales de los diferentes Estados. Sabemos que el modelo globalizante que predomina hoy, predica la reducción del Estado, la privatización de las actividades económicas y la apertura a la inversión extranjera. Las consecuencias de éste se han hecho sentir en los sectores más vulnerables de la sociedad, reduciendo su capacidad de consumo y excluyéndolos de los procesos de crecimiento económico, con la reducción del mercado laboral y el incremento del sector productivo informal.

El deterioro del nivel de vida de las sociedades, debe revertirse mediante el fortalecimiento de programas o infraestructura que atienda las necesidades esenciales de los sectores más golpeados por la distribución de la riqueza, solo así podremos hablar de desarrollo; ya que desarrollo implica no solamente el crecimiento económico, el ingreso per cápita de un Estado, sino además, el desarrollo social. En ese entendido, la garantía de un trabajo decente para todos los trabajadores es además, una garantía de justicia social, toda vez que el trabajo, es la fuente de riqueza, -o de subsistencia en la mayoría de los casos,- del ser humano y como tal debe permitirle al trabajador su desarrollo integral. En este sentido el concepto de trabajo decente puede identificarse con el concepto de trabajo digno, en el tanto garantiza el respeto a la dignidad de la persona humana trabajadora y cada una de sus dimensiones se concatena estrechamente con los derechos fundamentales que le son propios.

El o la trabajadora manual o intelectual, es productora de bienes o de servicios y, en muchos casos es además, generadora de conocimiento e impulsora del desarrollo científico y tecnológico, sin dejar nunca de ser persona humana, única condición que le acompaña desde la cuna hasta la tumba. Así entonces, la presencia de remuneración justa, bajo condiciones de libertad, equidad, seguridad y respeto a la condición humana, por sí solas no configuran el Trabajo Decente, es preciso además que las condiciones de trabajo sean capaces de satisfacer las necesidades intrínsecas al ser humano, potenciando su superación personal, la felicidad, garantizando tiempo para la recreación, el esparcimiento, la vida familiar, etc.; es decir, permitiéndole su desarrollo integral como ser humano.

En el concepto de Trabajo Decente se distinguen varias dimensiones entrelazadas alrededor del principio general de la dignidad humana y que son reflejo del respeto a los derechos fundamentales del ser humano.

a.- La igualdad.- La lucha contra la discriminación social que sufren algunos grupos dentro del colectivo social, parte del principio de la igualdad esencial de todas las personas humanas, sin distinciones de ninguna naturaleza y de la injusticia que entraña su segregación o exclusión en virtud de prejuicios sociales que atienden a elementos de diferente naturaleza.

A través de la historia de la humanidad, los distintos grupos sociales han segregado y discriminado a algunos de sus integrantes, partiendo de que los elementos que los diferencian del colectivo discriminador les aseguran a estos últimos la superioridad justificando así, la discriminación y la exclusión. Ejemplo de ello encontramos en el Imperio Romano donde los ciudadanos eran considerados superiores a los individuos de los pueblos conquistados, al punto que existía el *ius civilis* y el *ius gentium*. Esto no significa que los criterios de discriminación sean naturales, sino que -por el contrario,- lleva a concluir que las personas humanas tenemos muchas diferencias entre nosotros y que a pesar de éstas somos esencialmente iguales. Por lo tanto, cualquier tipo de discriminación no solo deja traslucir los prejuicios que cultiva una sociedad en particular, sino que la perjudica al desaprovechar la riqueza que proviene de los individuos excluidos o discriminados.

b.- La Seguridad.- Es una condición esencial del trabajo decente que le permite al trabajador el desarrollo integral con respeto a su dignidad humana, por cuanto persigue proveerle de seguridad desde tres ángulos distintos:

Estabilidad: la urgencia de contar con un trabajo estable obedece a la necesidad de las y los trabajadores de garantizarse los recursos y condiciones para su propio desarrollo económico social y el de su familia. Los Estados deben abrir opciones de capacitación, que permitan a sus ciudadanos actualizar, fortalecer o adquirir los conocimientos necesarios para colocarse en puestos de trabajo adecuados para impulsar su desarrollo individual y social, ya que bajo el modelo económico prevaleciente, la capacitación se convierte en un elemento indispensable para que el trabajador pueda acceder y mantener su puesto de trabajo. En ese sentido vale destacar que "Los esfuerzos que realizan los Estados para alcanzar el trabajo decente, no pueden agotarse en la promulgación de normativa que prohíba y sancione las prácticas discriminatorias, sino que se deben impulsar políticas económicas y sociales que le permitan a todos los individuos, contar con herramientas apropiadas para vincularse al mundo del trabajo teniendo efectivo acceso a mejores puestos de trabajo. Por otra parte, la importancia de la formación profesional viene siendo reconocida crecientemente. Por un lado se la proclama como derecho fundamental de los trabajadores; por

otro, se genera un fuerte consenso en torno a la idea de que la vía alta de la competitividad económica se basa en el valor agregado, la calidad y el denominado “capital humano”; al mismo tiempo, la capacitación es reconocida como un factor de empleabilidad y en cuanto tal, se erige en elemento central de las políticas de empleo. Todo lo cual se incrementa aún más con la difusión de las tecnologías informáticas y el advenimiento de la denominada sociedad del conocimiento” (CINTERFOR, 200---

Seguridad Ocupacional: el entorno en el cual el trabajador presta sus servicios debe proveerle condiciones mínimas de seguridad y protección a su salud, de tal suerte que su integridad física sea garantizada mediante la minimización de riesgos. La capacitación en el manejo seguro de los productos o herramientas propias de su desempeño laboral, el equipo de protección, la señalización de las zonas riesgosas del lugar de trabajo, el acceso a planes de contingencia, la capacitación para el manejo del estrés, espacios para la ingesta de alimentos higiénicos y adecuados, la atención médico-hospitalaria son, entre otras, medidas indispensables para garantizar la calidad de vida de las y los trabajadores. Dentro de esta idea debe quedar contenida la licencia de maternidad, que permite a la madre trabajadora un fuero particular de estabilidad laboral e indemnización y cobertura de costos de salud, durante un período antes y después del parto.

Seguridad Social: Los mecanismos que permitan a los ex trabajadores, vivir dignamente una vez que su edad o su estado de salud no les permita servirse de su propio trabajo para financiar su mantenimiento, son esenciales para garantizar la justicia social. En este sentido, los sistemas de pensiones adecuados a la infraestructura social provista por el Estado, a la expectativa de vida de cada sociedad concreta, al ciclo productivo del ser humano y a la masa de los trabajadores activos, que está relacionada con los índices de natalidad, tiene su verdadero impacto en los trabajadores activos, pero son indispensables para lograr la justicia social.

c.- La Dignidad Humana.- Es un atributo de toda persona y su reconocimiento es condición previa para el reconocimiento de los derechos humanos que al igual que la dignidad son inherentes a la naturaleza humana. La persona humana nace con ellos, no es la sociedad quien se los otorga, pero sí depende de la sociedad el reconocimiento y el respeto a la dignidad del ser humano, por ello han sido preceptuados en la Declaración Universal de los Derechos Humanos y en las distintas normas constitucionales de los Estados modernos. Toda forma de discriminación o trato inequitativo constituye una negación de los derechos

humanos y de la dignidad, por ser un acto de incivildad. Los actos que, justificados en los prejuicios sociales, promueven la exclusión de los miembros de determinados colectivos sociales, violan la dignidad humana y entrañan injusticia social. (ARAMAYO, 2004)

d) La Libertad.- El respeto a la libertad del ser humano trabajador es otro de los requisitos indispensables del concepto de trabajo decente. Esta se refiere no solo a la libertad física de que debe gozar el individuo, la garantía de poder externar sus pensamientos y creencias sin censuras, dentro de los límites de respeto a que también tienen derecho otros miembros del colectivo social y, la posibilidad de autodefinir su propio comportamiento, libre de condiciones esclavizantes en el desempeño de sus labores; sino que está referido a su posibilidad de negociación efectiva, a la posibilidad de acceso a desempeñarse en uno u otro sector productivo, al ejercicio de su libertad de afiliación sindical y al reconocimiento del sindicato como una organización negociadora de mejores condiciones sociales y económicas para los trabajadores.

La libertad sindical, además de ser reflejo de la libertad de asociación del trabajador, garantiza a los trabajadores la unidad en la búsqueda de garantías laborales que den satisfacción a sus intereses particulares y constituye un reconocimiento al mecanismo legal con que cuentan los trabajadores para reivindicar sus derechos. Desde esta perspectiva, la garantía de la libertad sindical y los procesos de negociación colectiva son instrumentos adecuados, en manos de los trabajadores, para alcanzar garantías y obtener el reconocimiento de derechos laborales que vengan a mejorar las condiciones de trabajo, fortaleciendo las condiciones propicias para el trabajo decente, y alcanzando de esta manera la justicia social a través de la redistribución de los recursos que la empresa obtiene en el proceso productivo.

Pero además, la libertad sindical fortalece el diálogo social, ya que permite el fortalecimiento de los sindicatos, representantes por antonomasia de los trabajadores, a través de los cuales se logran discusiones y pactos, respetuosos de las necesidades y aspiraciones de los trabajadores y consecuentes con los intereses de los productores y del Estado, representante del interés de la colectividad.

e) La Empleabilidad.- La capacidad de la persona humana trabajadora, de mantener su puesto de empleo y en caso de perderlo, encontrar a corto plazo un nuevo empleo bajo condiciones similares; es decir, en condiciones que garanticen el desarrollo integral del trabajador, se denomina empleabilidad. Esta capacidad es mucho más amplia que la continuidad de la relación de trabajo, garantizada por las

leyes laborales en algunos países. Está relacionada con la capacitación necesaria de las y los trabajadores, para optar por mejores puestos de trabajo, con la generación de nuevas plazas de trabajo, e incluso con políticas crediticias que alienten el desarrollo empresarial. Mientras los trabajadores no tengan garantía de empleabilidad, no podemos interpretar que se hayan alcanzado condiciones de trabajo decente.

La productividad y la competitividad de las empresas, son factores indispensables para elevar el nivel de vida de una sociedad, siempre y cuando junto a estos se creen condiciones de trabajo decente para todas las personas. Comenta el Profesor Bru, (2004) que el incremento de la productividad contribuye a impulsar el crecimiento económico y favorece el aumento de la competitividad de las empresas, incrementando a su vez, la cantidad y la calidad de los puestos de trabajo. Cuando por el contrario, la reestructuración de las empresas busca aumentar la productividad y la competitividad, reduciendo los costes laborales, se producen efectos contrarios, pues se desencadenan climas de inestabilidad social producto de la injusticia cimentada en la inequitativa distribución de la riqueza generada.

Dentro del pensamiento empresarial y comercial imperante, el sector informal ha venido en aumento debido a la exclusión de muchos trabajadores de los puestos de trabajo, en razón a su falta de capacitación, la disminución de puestos de trabajo producto de la tecnificación del sistema productivo, que desplaza mano de obra y, por último, las empresas en su búsqueda de consolidarse en el mercado, destinan su capital a las actividades esenciales de la empresa, dejando actividades secundarias o suplementarias a la contratación externa, ya sea a través de la figura del subcontrato o del outsourcing.

2.- ERRADICACIÓN DE LAS FORMAS DE EXPLOTACIÓN LABORAL

La experiencia laboral de la humanidad se encuentra colmada de ejemplos de explotación del hombre por el hombre, en procura de acrecentar su poder económico. Actualmente, la OIT lucha tenazmente por erradicar dos formas particulares de explotación laboral, sin obviar otras que aun subsisten en distintos Estados: el trabajo infantil y el trabajo forzoso. Se trata éstas y, particularmente la primera, de las formas más aberrantes en que el hombre viola los derechos fundamentales de otros seres humanos, en la búsqueda de aumentar sus ingresos sobre la reducción de los costos laborales.

Trabajo Infantil: En la defensa del Trabajo Decente, resulta inaceptable el trabajo infantil, no

solamente por las condiciones desmejoradas en que se da éste, sino porque resta a los menores trabajadores la posibilidad de estudiar, de desarrollarse socialmente como tales, aprendiendo paso a paso a transformarse en adulto, lo que a la postre les significa llegar a la edad adulta careciendo de los conocimientos, aptitudes y actitudes necesarios para insertarse exitosamente dentro del campo laboral y condenándolos a acceder a puestos de trabajo mal remunerados y poco estimulantes.

El deterioro de las condiciones económicas y sociales impulsa a muchos menores, tanto en los países desarrollados como en los no desarrollados a incorporarse al trabajo, aun antes de cumplir la edad mínima para trabajar. Su realidad laboral es inferior a la de otros trabajadores adultos que realizan un trabajo similar, pero que reciben una paga mayor, su exposición a los riesgos laborales es mucho mayor, por el uso de herramientas que no fueron diseñadas para ser accionadas por niños y, por su propia inexperiencia que los hace ser incautos en la valoración de los riesgos.

Pero además, pagan a largo plazo su culpa de ser pobres y explotados, ya que el acceso a la educación se ve restringido y en muchos casos imposibilitado, debiendo abandonar sus estudios antes de concluir el ciclo educativo, para destinar su tiempo y esfuerzo al trabajo; lo que les asegura para el resto de sus vidas la negación a los mejores puestos de trabajo, debiendo conformarse con aquellos peor remunerados y que requieren un mínimo de calificación. Esta realidad viene a perpetuar la pobreza, no solo de los individuos, sino de la sociedad misma, que se ve condenada a contar con "mano de obra barata", desperdiciando la oportunidad de lograr el crecimiento económico con desarrollo social.

El trabajo infantil es parte del círculo vicioso de la pobreza: ésta impulsa a los menores a trabajar y el trabajo infantil, al impedir al niño el acceso a la educación, le condena a la pobreza, pues le niega herramientas fundamentales para acceder a mejores puestos de empleo, herramientas que el conocimiento le puede proveer.

Trabajo Forzoso: En ese mismo sentido podemos referirnos al trabajo forzoso, el cual atenta contra la libertad de elección del trabajo y contra la dignidad humana que implica el respeto a la persona humana en su integridad física, moral, mental y espiritual. Toda forma de imposición a la voluntad legítima del ser humano, es violatoria de sus derechos fundamentales e irrespetuosa la dignidad del ser humano trabajador, pues desconoce su capacidad cognitiva y volitiva. En ese sentido, la trata de personas es una de las formas

más aberrantes del trabajo forzoso.

En el año 2001 la OIT creó el programa Especial de Acción para combatir el Trabajo Forzoso, que se conoce como SAP-FL. Este Programa analiza distintos aspectos relacionados con el trabajo forzoso, que incluyen desde la falta de empleos de calidad, bajo condiciones de trabajo decente en las comunidades de origen de quienes sufren este flagelo, el apoyo a los trabajadores recién liberados y el impulso a organizaciones que a lo interno de los Estados, promuevan legislaciones eficaces para erradicar el trabajo forzoso.

Vale la pena destacar que son las poblaciones de inmigrantes indocumentados o ilegales, los más vulnerables a sufrir de trabajo forzoso, lo que obliga a los distintos sectores sociales a estar alerta para erradicar del seno de sus sociedades, este tipo de violación a los derechos humanos, ya que ningún Estado que tolere o soslaye la problemática del trabajo forzoso, puede llamarse a si mismo, respetuoso de los derechos humanos.

La discriminación: Para garantizar el trabajo decente a todas y todos los trabajadores, es preciso luchar por establecer igualdad de oportunidades entre ellos. En este sentido, no basta con la sola pretensión de la remuneración igual para igual trabajo, sino procurar además, igualdad de acceso a las fuentes de empleo, y un trato equitativo al trabajador, en razón del puesto que desempeña, sin distinciones de ninguna naturaleza.

Las sociedades se han encargado de predeterminar roles específicos a sus miembros y, generalmente, a las mujeres las han excluido de las posiciones de poder, les han negado derechos fundamentales que como personas humanas les corresponden y les han obstaculizado o minimizado las oportunidades de desarrollo integral, partiendo de que la función social que les corresponde es la crianza de los niños y la atención del hogar. Este tipo de prejuicios son los que sostienen, justifican y recrean las condiciones de desigualdad a pesar de que innegablemente atentan contra la dignidad de la persona humana y se alejan de cualquier parámetro de justicia social. Sin embargo, no han sido exclusivamente las mujeres quienes han sufrido discriminación laboral. También la padecen otros colectivos sociales en razón de su raza, de su nacionalidad, de su preferencia sexual o de su condición socioeconómica. En síntesis, la persona humana siempre ha encontrado en las diferencias que tiene con sus congéneres, motivo de discriminación.

En razón de lo dicho, las condiciones equitativas a los trabajadores deben partir del principio de

justicia, y tal como dijera Aristóteles, no hay peor injusticia que tratar a los iguales como desiguales o como iguales a los desiguales. Así entonces, siendo que la interpretación adecuada del trabajo decente tiende a la garantía de la justicia social, la lucha contra la discriminación en el empleo es una parte del bienestar común que se busca, la cual repercute activamente sobre el conglomerado social e impacta de manera directa la paz social.

3.- EL TRABAJO DECENTE EN COSTA RICA

Ciertamente la legislación laboral costarricense, conserva normas proteccionistas para los trabajadores, pero estas se circunscriben a las relaciones laborales típicas. Es decir a aquella relación jurídica en la cual una persona física presta sus servicios de manera subordinada y remunerada a un empleador.

Sin embargo, según lo reveló la encuesta de hogares (INEC, 2002) la reciente experiencia de Costa Rica no es ajena a la vivida por el resto de Latinoamérica. La mayoría de los nuevos puestos de trabajo se crean en las pequeñas y medianas empresas (PYMES), lo que compromete al Estado a tutelar el aumento de la productividad y la competitividad, mediante estrategias de capacitación y acompañamiento. Sin embargo, el compromiso prioritario del Estado debe dirigirse a promover el Trabajo Decente mediante el respeto a los derechos y principios fundamentales en la relación de trabajo y a la aplicación efectiva de la legislación laboral conforme a las normas internacionales del trabajo.

El surgimiento de pequeñas empresas en muchos casos y en otros “empresas unipersonales o familiares”, no es un fenómeno casual, muy por el contrario, constituyen la respuesta ofrecida por los trabajadores desplazados a la nueva situación del mercado de manera que, ahora venden los servicios a su antiguo patrono, así como a otros empresarios que requieran de éstos, pero desde una perspectiva diferente: como trabajadores independientes. Esta nueva relación entraña injusticias sociales, ya que si bien desde una perspectiva jurídico-comercial, se trata de relaciones mercantiles sujetas al derecho civil, en la mayoría de los casos continua dándose una relación de subordinación entre el comprador del servicio o del producto de éste y quien lo realiza, amén de la dependencia económica que se mantiene entre estos.

Precisamente, es esta realidad la que ha llevado a prestigiosos laboristas a la discusión entorno a

las zonas grises de la relación laboral (ERMIDIA, 2002) y al nuevo dimensionamiento del concepto de relación laboral. Y es, a su vez lo que justifica el clamor del sector informal de ser cubierto, al menos, por la seguridad social.

Otra de las consecuencias que vive la sociedad a raíz del desplazamiento de trabajadores es el empleo parcial o subempleo que obliga a los trabajadores a desempeñarse por fracciones de una jornada plena, algunas veces en varios empleos diferentes, como manera de lograr un salario que les permita enfrentar la satisfacción de sus necesidades básicas, toda vez que se ven imposibilitados a lograr un empleo pleno por las características de los servicios que ofrecen y las necesidades del mercado.

Asimismo, y siempre entorno al acceso al empleo pleno, no podemos dejar de lado la necesidad de muchos trabajadores de emplearse en actividades, algunas veces afines, pero en muchos casos, ni siquiera similares, a aquellas en las que se han formado, debido a la escasez de puestos de trabajo vacantes en su área del conocimiento, lo cual, por supuesto trunca sus expectativas y proyectos de vida.

Si al trabajo infantil nos referimos, debemos reconocer que la historia de Costa Rica abunda en casos de trabajo infantil, desde los niños que en edad escolar acompañaban a sus padres a los cafetales para contribuir, con la recolecta del grano de oro, a la economía familiar, hasta las niñas que venían desde pueblos aledaños a las cabeceras de provincia para servir en las casas. Esta realidad fue consentida y justificada por la sociedad costarricense, siendo hasta época relativamente reciente que se alzan voces airadas en contra de la explotación laboral de nuestros menores en las calles.

El caso de la inequidad en contra de las mujeres amerita una reflexión aparte, pero baste llamar la atención en relación con el acceso a los puestos de mayor jerarquía en las empresas y organizaciones. Su trabajo y su aporte es tan evidente que ya no puede ser negado, pero aun existe resistencia en quienes no están satisfechos siendo dirigidos por una mujer. De esa forma, debe la mujer esforzarse el doble y producir aun más para que su desempeño sea valorado, siquiera de manera similar a la valoración del trabajo del varón. Ello por tomar en cuenta tan solo uno de los aspectos en que la mujer sufre discriminación, pero sabemos que va mucho más allá. Junto a su desempeño laboral están sus deberes como esposa y madre y, la obligación de la casa, que por inexplicable razón no está inscrita a su nombre pero en ellas recaen todos los quehaceres que el hogar demanda.

CONCLUSIONES

El trabajo decente es un concepto que debe estar intrínseco en toda tipo de relación laboral o disfrazada de mercantil, en la cual una persona humana brinde servicios a otra. Está relacionado con una remuneración justa, que permita al trabajador o prestador de servicios, sufragar sus necesidades y las de su familia, pero va allá de la remuneración misma. Exige fundamentalmente, la exigencia de que el servicio se preste bajo condiciones de libertad y para hablar de libertad, debemos considerar además el concepto de personalidad jurídica.

Solo aquel que ha adquirido la mayoría y que goza de capacidad cognitiva y volitiva para obligarse, puede entenderse que opta libremente por una actividad laboral. La subordinación propia de las relaciones laborales se limita a la prestación del servicio y a la jornada laboral, pues de lo contrario no podría desprenderse de ella el respeto por la libertad de la persona humana trabajadora.

La permanencia en el empleo, tutelada en los ordenamientos jurídicos bajo la figura de la continuidad o de la estabilidad en el empleo; las medidas de salud y seguridad ocupacional, la seguridad social (vejez, enfermedad y accidentes laborales) y la capacitación o actualización de conocimientos que permite a la persona trabajadora mantener la empleabilidad son elementos propios del concepto de trabajo decente y por tanto constituyen una premisa del desarrollo económico y social de los Estados.

El subempleo, el outsourcing y el fenómeno de los trabajadores independientes son figuras que cobran auge bajo los criterios de eficiencia y productividad de las empresas, pero ponen en riesgo las condiciones de tutela legal que a través de la legislación laboral se ha garantizado por varias décadas en Costa Rica.

BIBLIOGRAFIA

Brú Bautista, Enrique (2004). Globalización y trabajo decente: una estrategia productiva para más y mejores y empleos. UNED. Costa Rica.

Brú Bautista, Enrique (2004). Trabajo Decente en una economía globalizada: Indicadores para su

operacionalización. UNED. Costa Rica

Organización Internacional del Trabajo (1999). Memoria del Director General de la OIT: Trabajo Decente. 87ª. Reunión de la Conferencia Internacional del Trabajo. Ginebra.

Ermidia Uriarte, Oscar (2002). Las zonas grises de la relación laboral. Antología de Lecturas. Programa de Maestría en Derecho del Trabajo y la Seguridad Social. UNED. Costa Rica.

INTERNET

Aramayo Guerrero, Blas (2004) Dignidad: Fundamento de los Derechos Humanos.

Consultado el 14 de agosto del 2008. Monografias.com

<http://www.monografias.com/trabajos10/dignid/dignid.shtml?relacionados>

Grumiau, Samuel. (2001). Las Instituciones de Bretton Woods y los sindicatos: el construir un diálogo. Revista TRABAJO Núm. 41, diciembre de 2001.

Consultado el 12 de diciembre del 2004.OIT

<http://www.ilo.org/public/spanish/bureau/inf/magazine/41/bretton.htm>.

CINTERFOR/OIT (2004). Formación para el Trabajo Decente.

Consultado el 12 de junio del 2008. OIT

http://www.ilo.org/public/spanish/region/ampro/cinterfor/publ/f_td/.

Organización Internacional del Trabajo (1998) Declaración relativa a los principios y derechos fundamentales en el trabajo y su seguimiento.

Consultado 21 de julio de 2008. OIT

http://web.oit.or.cr/index.php?Itemid=59&id=4&option=com_content&task=blogsection



Trama. Revista de Tecnología, cultura y desarrollo
Escuela de Ciencias Sociales
vol. III, #1, junio 2012
ISSN 1659-343-X

El Hecho Científico y la Computación: e-Science como agente de transformación en lo científico y lo social¹

Ing. Santiago Núñez Corrales²

Abstract

Scientific discovery is a complex process in the contemporary world as proposed by Karl Popper in his general notion of science. The appearance of Information and Communication Technology for the general public, as well as of its advanced versions in the realm of research, has modified the traditional dynamics in the genesis of scientific facts, accelerating it and forcing a close and heterogeneous disciplinary integration. This article discusses the nature of the scientific fact on the light of the concept of e-Science or Computational Science: the application of the most advanced technologies at disposal of academia and industry to the resolution of the most relevant problems in Society. The development process of the e-Science research program at the Costa Rica Institute of Technology is described in detail as well as perspectives of its pertinence to institutional and national research scientists.

Resumen

El descubrimiento científico es un proceso complejo en la contemporaneidad, tal como lo propone Karl Popper en una noción general de la ciencia. El advenimiento de las Tecnologías de la Información y Comunicación para el público general, así como sus versiones avanzadas para el ámbito de la investigación han modificado la dinámica tradicional de la gestación de los hechos científicos, acelerándolos y forzando a una integración disciplinaria cercana y heterogénea. Este artículo discute la naturaleza del hecho científico a la luz del concepto de e-Science o Ciencia Computacional: la aplicación de las tecnologías más avanzadas a disposición de la academia y la industria para la resolución de los problemas más relevantes para la Sociedad. Se describe en detalle el proceso de desarrollo del programa de investigación e-Science en el Instituto Tecnológico de Costa Rica y las perspectivas de impacto sobre la pertinencia del trabajo de los investigadores institucionales y nacionales.

1. Introducción

El hecho científico es el objeto del quehacer de la Ciencia. El proceso de descubrimiento, análisis y verificación se ha fundamentado en la interrelación entre lo teórico y lo experimental: la realidad se

1 El autor desea agradecer a la M.A. Roxana Reyes Rivas por su invitación a escribir en TRAMA, a los investigadores y estudiantes asistentes del programa de investigación e-Science, a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión por el financiamiento para el programa de investigación e-Science y al Ministerio de Ciencia y Tecnología en la figura del Ministro M.Sc. Alejandro Cruz Molina por su anuencia a continuar con este esfuerzo y el respaldo personal e institucional para con el programa.

2 Coordinador, Programa de Investigación e-Science, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Director, Tecnologías Digitales, Ministerio de Ciencia y Tecnología.

contrasta contra las mejores explicaciones disponibles para los datos que se observan, datos producidos a su vez por artefactos tecnológicos producto de descubrimientos anteriores. Como proceso, la dinámica científica presenta dos momentos complementarios y recurrentes a lo largo de la historia: uno de homeostasis (presión por mantener un estado estable) y uno de transistasis (presión por cambiar de estado ante nuevas condiciones). La distancia relativa entre ambos eventos, si bien no puede delimitarse con claridad absoluta, es lo que define la rapidez en el avance del conocimiento humano.

Históricamente, dos factores han sido limitantes a la rapidez con que ocurre el descubrimiento científico. El primero es de origen antrópico, enraizado en las limitaciones humanas de llevar a cabo los cálculos que permitan determinar el resultado predicho por una teoría. El segundo es de comunicación: la socialización del descubrimiento científico previo a la Internet y las tecnologías digitales dependía de medios analógicos y de canales de distribución lentos. La tecnología ha cambiado el panorama contemporáneo en ambos aspectos, pues tanto la capacidad de efectuar un alto número de operaciones aritméticas por unidad de tiempo y la velocidad de las comunicaciones electrónicas se han encargado de disminuir el tiempo necesario para diseminar y obtener resultados concluyentes.

Un importante reto de la brecha digital es brindar a la comunidad académica las herramientas que le permitan subsanar las limitaciones materiales en los países en vías de desarrollo (Warschauer, 2003). Si bien la necesidad suele ser madre de la invención, también lo es frecuentemente de la desigualdad. Como país, Costa Rica se encuentra en un punto medio de capacidades y recursos, uno que debe superar si desea mantener un equilibrio social y económico. Las barreras económicas a su vez se convierten en barreras de entrada para que investigadores en países en vías de desarrollo contribuyan sustantivamente al desarrollo científico y tecnológico. La retroalimentación en el sistema también se filtra en el proceso educativo, uno que dista más y más de la realidad que los educandos deberán enfrentar, en especial en la educación superior. Sin una formación integral de profesionales y acceso a oportunidades que produzcan inspiración y sentido de propósito –los dos productos más importantes de largo plazo del aprendizaje– la innovación no es factible.

El argumento central de este artículo es que las tecnologías digitales permiten recontextualizar el hecho científico como uno de carácter computacional, habilitando a los investigadores por medio de nuevas

herramientas y nuevos usos de las existentes a ser competitivos internacionalmente en sus actividades. En el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), el programa de investigación e-Science es una propuesta institucional de mejoramiento de las capacidades de investigación por medio de la aplicación de simulación, supercómputo, redes avanzadas y visualización. A sus 40 años de existencia, es imperativo definir rumbos claros de investigación que con un enfoque tanto científico como tecnológico permita a la institución un crecimiento sustantivo en su impacto social, local y globalmente.

Este artículo intenta recopilar el contexto científico, histórico y tecnológico detrás del uso de la computación como vehículo de descubrimiento. Se hace un análisis del hecho científico como un hecho computacional y sus implicaciones desde teoría de la computación. Posteriormente se hace una visita al concepto de simulación y modelado como formas de representación del mundo. Luego, se describe la relación entre la aleatoriedad de los procesos involucrados en los hechos científicos y su repercusión en la computabilidad de las teorías científicas. El supercómputo, las redes avanzadas y la visualización científica se describen y proponen como los nuevos catalizadores del proceso de aceleración de la Ciencia. Se describen los esfuerzos institucionales del programa de investigación e-Science desde la perspectiva tanto institucional como histórica, debido a que el desarrollo de la Ciencia es sin lugar a dudas un proceso eminentemente humano. La sección de conclusiones y agradecimientos converge en los siguientes pasos en esta iniciativa.

2. Los hechos científicos como hechos computacionales

Al hablar de lo computable, deben examinarse de manera fenomenológica las dos vertientes que conforman su origen, sus dos tradiciones tecnológico-científicas (Ibrahim, 2002). Una parte de la historia la conforma el origen de la automatización de procesos desde Jacquard hasta Babbage, donde el cómputo se consideraba de forma general como una transformación de un estado físico en otro mediante mecanismos de diversa índole, con una expresión directa en los artefactos tecnológicos (e.g. tela, manómetros, etc.). Era fundamentalmente mecánico, limitado por la complejidad física (limitaciones impuestas por leyes físicas relacionadas a materia y energía) y la capacidad de distinguir con una medida del error los valores finales obtenidas en la transformación. Otra alternativa distinta -pero bajo el mismo

esquema transformacional- lo fue el cómputo analógico: un sistema físico que, sujeto a una operación (frecuentemente) unitaria, es capaz de aproximar una función con un grado conocido de error estadístico.

Esta línea de trabajo fue de corte netamente ingenieril: aparatos de dificultad incremental de integración de sus partes y alta falibilidad, uso de sistemas numéricos decimales, un fuerte enraizamiento en la implementación directa de métodos numéricos. Si bien es cierto que una parte significativa de los sistemas electrónicos de potencia y procesamiento analógico le deben su origen, esta versión del cómputo no fue eficiente en su momento histórico en términos de construcción: la implementación de sistemas de cómputo era un arte oscuro, desprovisto de una teoría de lo computable que fácilmente proveyera eficiencia, escalabilidad y tolerancia a errores.

Paralelamente al desarrollo de artefactos de cómputo mecánico-analógicos de propósito específico, otra comunidad distinta inició su proceso de automatización en la línea que conforma la segunda vertiente histórica. El siglo diecinueve vio el nacimiento y fortalecimiento de una rama nueva de la matemática, una que más que buscar aplicación directa de axiomas y teoremas busca establecer su veracidad o falsedad a partir de un conjunto de principios y reglas mínimo, semejante a la reducción pre-socrática de Leucipo y Demócrito al átomo (Taylor, 2010): la meta-matemática busca construir, a partir de fundamentos simples y elegantes, todo el edificio de la matemática de manera consistente y sólida. Estos fundamentos son conocidos como axiomas y reglas de inferencia. Los únicos valores significativos en este mundo meta-matemático son los de verdadero y falso: un teorema, que es una expresión que describe un hecho en un universo posible, es sometida a validación para determinar su veracidad o falsedad (Tarski, 1983).

El interés en el desarrollo de la meta-matemática y en la construcción de lógicas adquirió importancia bajo la suposición de que la matemática, para cumplir con los criterios de ser auto-contenida y por tanto elegante -un criterio estético- debía justificarse a sí misma. George Boole en su obra *An Investigation of the Laws of Thought* (Boole, 2010) definió de manera clara y sucinta un álgebra capaz de reducir a un procedimiento mecánico gran parte de los procesos de demostración de teoremas. El problema número 10 dentro de los 23 problemas de Hilbert constituye el pináculo de las intenciones detrás de un ambicioso programa: el tratar de construir la matemática a partir de un sistema deductivo autoconsistente y sólido. Gödel (Gödel, 1931), y posteriormente Church (Church, 1936) y Turing (Turing, 1936), se encargaron

de destruir las esperanzas de determinar si todas las proposiciones acerca de un sistema formal son decidibles con sus trabajos, indudablemente lapidarios.

De éste periodo turbulento, la computabilidad tuvo su nacimiento para la comunidad matemática como una rama especializada: lo calculable es equivalente a lo expresable y demostrable en un sistema formal, o la pertenencia de un par ordenado representado como una cadena de símbolos en un lenguaje formal. Así, la tesis central de la computación es la tesis Church-Turing: todo lo recursivo-computable (i.e. calculable bajo una lógica sujeta a automatización de manera discreta utilizando funciones recursivas) puede ser resuelto por una Máquina Universal de Turing (MUT); de forma complementaria, todo lo calculable por una MUT se considera recursivo-computable (Davis, 1994). La conveniencia del formalismo de Turing radicó desde el punto de vista tecnológico en ser puramente constructiva: una máquina de operación discreta cuyas partes son sencillas y representables mediante sistemas físicos variados en la forma de circuitos digitales. A ésto se le debe la extensiva apropiación del concepto en las formas modernas del cómputo.

Como uno de los efectos poco visibles hasta la contemporaneidad, la formalización del cómputo como un proceso lógico en vez de uno mecánico invisibilizó su carácter netamente físico como se explicará más abajo. El desarrollo de hardware ha demostrado una serie de dificultades provenientes de la relación del cómputo con la materia y la energía. Para efectuar cómputo, se requiere de un sistema físico que efectúe transformaciones así como de energía para el establecimiento inicial de los estados que, bajo un etiquetado conveniente, son manipulados para obtener información. Los estudios de Shannon acerca de la entropía (Shannon, 1951), así como la formalización de la información como un fenómeno perteneciente al dominio de la física cuántica (von Neumann, 1955), llevaron a considerar la información como una propiedad de la Naturaleza. Más aún, Rolf Landauer en 1961 encontró que el borrar información es un proceso irreversible, por tanto, disipado en forma de calor (Landauer, 1961).

Si la información es entonces un fenómeno de la realidad física, ¿cuál realidad física? Una interpretación netamente newtoniana es incompatible con la naturaleza de la MUT debido a la contradicción entre la continuidad inherente de la materia, la energía, el tiempo y el espacio de dicha interpretación y el carácter discreto de una computadora. Esto implica inmediatamente que, bajo esta representación del

mundo, suponer que lo efectivamente computable (lógica) es equivalente a lo universalmente computable (física) es erróneo. Si la Naturaleza fuese efectivamente continua, las computadoras modernas estarían imposibilitados de manera permanente de dar más que una aproximación dependiente del grado de avance tecnológico del momento; más aún, las teorías científicas estarían sujetas a los abismos de lo infinito y del retorno sin fin. La habilidad de calcular resultados de predicciones y contrastarlos contra la realidad física constituye un hecho científico per se.

El siglo XX, además del revuelo en la comunidad matemática, trajo consigo una redefinición de la física a través del desarrollo de la mecánica cuántica. Sucintamente, la naturaleza no aparenta ser continua en sus escalas más fundamentales, sino discreta. A pesar de lo contraintuitivo de las interpretaciones que surgen de las descripciones cuánticas de la realidad, David Deutsch en 1985 (Deutsch, 1985) hizo una afirmación que revivió de una forma inesperada afirmaciones de Richard Feynman efectuadas en 1969 y 1980 (Feynman-Hay, 2000: la evolución de un sistema físico puede abstraerse como un cambio en la superposición de estados de un sistema descrito mediante una transformación unitaria donde, si se abstrae el tiempo, tiene un paralelo notable con la operación de una máquina de Turing no determinista probabilística, únicamente que en vez de probabilidades se tiene amplitudes de onda complejas. Así, un sistema cuántico es capaz de efectuar cálculos y los observables del sistema pueden hacerse corresponder a etiquetas convenientes³. Esta es la base moderna de la computación cuántica.

Hay una ventaja inmediata con respecto a la visión newtoniana. Un universo cuyos elementos constituyentes son discretos es calculable de forma exacta independiente de la cantidad de objetos y la complejidad de las relaciones entre ellos; la tratabilidad del problema no es la preocupación central en este caso. La tesis fuerte Church-Turing –llamada de esta forma al extender la noción de aquello lógicamente computable a lo que las leyes de la física permiten calcular mediante un artefacto en este universo- tiene cabida en el seno de la física cuántica, aun cuando ésta sea dependiente de las probabilidades de sus observables durante el proceso de medición. Lo efectivamente computable

3 A diferencia de la concepción continua del tiempo en la física, para la máquina de Turing el tiempo transcurre de manera discreta o cuantizada. Esto es, el proceso de leer o escribir un símbolo y moverse en la cinta se considera atómico, y el tiempo es una medida del cambio de la cinta en el tiempo por estas operaciones. Si, para cada posible resultado final que la MUT produce al interpretar un programa se le asocia un referente en otro contexto, el número binario es una etiqueta para un objeto particular. La mecánica cuántica formaliza el estado de un sistema físico por medio de operadores que, análogamente a la MUT, transforman los estados de manera discreta.

se convierte en universalmente computable, redefiniendo además una cota superior a la cantidad de información adquirible del mismo que depende tanto de la interacción entre el sistema de interés y otros sistemas, como de la distribución de probabilidad. Existe una alta probabilidad de que a las escalas más pequeñas de la Naturaleza, inferiores a la escala de Planck, el espacio-tiempo sea cuantizado (Greene, 2000).

A partir de lo anterior, el cómputo es fundamentalmente un hecho científico de carácter físico. Otra conclusión aún más sorprendente acecha tras la esquina. Si todo sistema físico efectúa cómputo, y todo hecho científico referente a la naturaleza puede reducirse de alguna forma a la Física, entonces para cada proceso físico existe un programa computacional. Todo programa computacional es una descripción de un cómputo. Todo hecho científico acerca de la realidad física es a su vez un hecho computacional.

3. La simulación como representación del mundo

La existencia de diferentes disciplinas científicas evidencia la necesidad de crear ontologías de los objetos para hacer la realidad cognoscible. Cuando dos disciplinas convergen en un punto que cambia transcendentalmente la comprensión de la realidad, ésta se simplifica y permite formular cuestionamientos más profundos. Cada ontología a su vez genera un conjunto de modelos que permiten clasificar y generar conocimiento por medio de reglas y procesos de decisión (Pearl, 2009). ¡Cómputo otra vez! Un modelo es una representación que contiene información suficiente para decidir sobre categorías de objetos, o de sus estados pasados, presentes o futuros. Todo modelo es una aproximación del comportamiento de variables medibles que exhibe un fenómeno particular, y por tanto, es distinto de él (Bender, 2000; Conee-Sider, 2007).

Un hecho salta a la vista inmediatamente. Si los modelos deben aproximar el comportamiento de variables, éstos deben describir reglas de transformación que sean efectivamente calculables. Por tanto, los modelos son especificaciones matemáticas, formalismos cuantitativos y no cualitativos. Como aproximaciones también, están sujetos a comparación con datos experimentales y entonces a métricas de error. Los modelos asimismo pueden variar en la calidad de la aproximación. Un modelo de un fenómeno natural de interés es mejor que (o más refinado que) otro si es capaz de minimizar el error

relativo entre resultados calculados y mediciones experimentales. Ambos aspectos, el de aproximación y el transformacional corresponden al mecanismo de evolución de la Ciencia: una dinámica de construcción de representaciones de precisión creciente cuyo objetivo es hacer el mundo comprensible.

Los modelos suponen condiciones iniciales para generar resultados, así como condiciones de frontera. Representar toda la realidad es impráctico, por lo tanto una demarcación correcta del problema de interés es esencial. Las condiciones iniciales y las condiciones de frontera son la delimitación del trozo del mundo del cual es de interés conocer su dinámica. Para ello, cada una de las fórmulas (i.e. reglas) que indican la transición de un estado hacia otro a través del tiempo deben seguirse de forma exacta, de acuerdo a la especificación rigurosa obtenida por el proceso de abstracción a partir de los hechos. El proceso de calcular resultados de un modelo se conoce como simulación, y puede verse como el espacio de valores que toma cada variable, generado a partir de las condiciones iniciales y de frontera a lo largo del tiempo. Al ser una aproximación, existirán casos en donde los resultados de una simulación son matemáticamente correctos, pero la divergencia entre estos y la naturaleza es tan abismal que deben considerarse como extraños, y sin valor para el descubrimiento científico.

Si la labor de la ciencia es obtener una comprensión lo más completa posible de la realidad, ¿por qué sacrificar precisión (es decir, aproximar) si la mecánica cuántica garantiza que es posible tener simulaciones fidedignas, al menos en lo referente a lo discreto? La respuesta es material: representar de manera exacta el comportamiento de la realidad requiere un sistema físico al menos tan complejo como el original, y más extenso aun considerando que adicionalmente debe almacenarse el conocimiento (información con estructura y un contexto de interpretación) acerca de este (Shasha-Lazere, 2010). ¿Puede deducirse de lo anterior que cualquier sistema arbitrario no es por tanto representable en términos de reglas y condiciones iniciales más simples que una enumeración de todos sus elementos? Ciertamente para muchas configuraciones de un sistema físico, la complejidad de su descripción aparente es mucho mayor que la complejidad de las reglas que lo pueden generar; esto implica que su representación puede ser sujeta a expresarse por medio de reglas de manera más compacta. Nótese sin embargo que se está efectuando un intercambio de espacio por tiempo: en vez de que las posiciones de todos los elementos constituyentes sean una descripción enumerativa (por extensión), su descripción generativa (por comprensión) requiere tiempo para calcular de manera procedimental (i.e. algorítmica) cada una

de las posiciones originales. El mismo argumento puede aplicarse exitosamente para el caso de las transformaciones entre estados: por extensión o comprensión, la representación en reglas de menor complejidad que una enumeración total del sistema físico es posible. Hay un vacío en el argumento que se debe atacar.

¿Qué limita entonces a los modelos en su capacidad para describir el mundo? Tres factores son responsables de diluir el conocimiento más preciso acerca de la Naturaleza. Primero, en general para todo sistema físico se desconoce el conjunto de condiciones iniciales de manera exacta. Aun cuando se tome un singular cuidado en garantizar que las condiciones previas a un experimento son controladas, es imposible aislar un segundo factor: las simplificaciones de los modelos relacionadas a la demarcación de interés del problema producirán errores al tomar en cuenta las interacciones entre lo que se dará en llamar el sistema y lo que se considerará como su ambiente. La complejidad de las relaciones sistema-ambiente suele ser alta debido a que precisamente la Naturaleza no presenta una estructura modular per se: toda traza de modularidad es un artefacto de la necesidad de representación humana. Aun construyendo un gedanken-experiment⁴ en donde la relación sistema-ambiente pueda modelarse sin ambigüedades ni errores, las variaciones aleatorias producto de los diferentes efectos de escala garantizan que existirá un sesgo aleatorio inevitable. La aleatoriedad es el origen de la irreductibilidad de una representación de un sistema a reglas compactas (Chaitin, 2006).

Desde el punto de vista de la ciencia, existen cuatro propósitos para desarrollar modelos de simulación: predicción de comportamientos futuros, reconstrucción de eventos pasados, selección entre teorías candidatas y análisis de fenómenos (Sokolowski-Banks, 2009). El enfoque popperiano de la ciencia moderna requiere los cuatro componentes para garantizar un proceso semejante a la evolución por selección natural: teorías incapaces de tomar cada uno de los roles anteriormente mencionados a lo largo de su gestación, desarrollo y transformación no son candidatas exitosas para explicar la realidad (Popper, 1934).

4 Un gendaken-experiment es una técnica para definir experimentos hipotéticos cuyo fin es llevar teorías científicas al límite, más allá de lo que el régimen experimental permite en un momento particular. Se idea un escenario realista y a este se le aplican metódicamente todas las restricciones y reglas que se deducen a partir de un marco teórico. El ejemplo más notable lo constituye el gedanken-experiment de Albert Einstein de imaginar la realidad mientras se viaja en un rayo de luz.

Es de interés simular un comportamiento futuro cuando existe una validación experimental de un modelo para preparación hacia un acontecimiento significativo. Un caso particular es la predicción de desastres naturales, en donde, una vez que se comprenden las limitaciones de los modelos y sus simulaciones y se ha calibrado el modelo con datos que representan condiciones realistas, los resultados pueden utilizarse para cuantificar amenaza y riesgo (Barrantes et al., 2007). Otra aplicación directa es en economía y predicción de comportamiento de mercados, uno en donde la simulación es un componente central de la predicción en transacciones cuyos periodos de interés van desde días hasta microsegundos (Hellström-Holmström, 1998).

La reconstrucción de eventos pasados también es un propósito de interés en modelos de simulación. Un ejemplo claro lo constituye el reto de cambio climático en la contemporaneidad, en el cual es indispensable contar con modelos que puedan reproducir los comportamientos observados en los registros históricos de las concentraciones de carbono y azufre por ejemplo (Houghton, 2001). Matemáticamente, el problema corresponde a uno de inversión: dado un modelo paramétrico y un conjunto de eventos previos, debe encontrarse el valor de los parámetros que mejor aproxime el comportamiento observado con anterioridad.

La labor de la Ciencia de elegir la mejor de las explicaciones entre un conjunto de teorías candidatas se ejemplifica en uno de los fundamentos de programación lógica: resolución por refutación (Doets, 1994). Las teorías, construidas a partir de un conjunto de datos observados, se someten posteriormente a ataques en sus puntos más débiles. La mejor teoría es la que sobrevive la mayor cantidad de cuestionamientos dependiendo de la calidad de los datos experimentales existentes en el momento. Datos experimentales posteriores pueden constituir un nuevo ataque a la teoría que fuerce a repensarla en el mejor caso, o abandonarla en el más extremo. Los modelos son el corazón del proceso de validación, pues son la representación del mundo en las teorías. La simulación es lo que permite el proceso de refutación, pues el resultado de aplicar el modelo en escenarios conocidos es lo que provee información acerca de su validez.

Finalmente, el análisis fenomenológico de la naturaleza⁵ es una de las tareas donde los modelos son más efectivos. Existen situaciones en donde las limitaciones impuestas por la escala, el riesgo o la observabilidad de los fenómenos hacen prohibitivo el efectuar experimentos fácilmente o con suficiente pertinencia con respecto a prioridades humanas. Una simulación es entonces una ventana privilegiada en donde todas las condiciones están bajo control del científico experimental, sea en Ciencias Naturales o Sociales.

4. De lo científico hacia lo computacional

La limitación más importante para desarrollar modelos perfectos de un sistema físico estaba constituida por la necesidad de tener un sistema similar al menos con la misma cantidad de materia y energía. Aun siendo esto posible, el desconocimiento de las condiciones iniciales y los posibles efectos aleatorios sobre el estado de un sistema hacen que incremente su complejidad de descripción. Este hecho en sí es un hecho científico, debido a que en diferentes escalas de la Naturaleza se observa el mismo comportamiento: los fenómenos en una escala producen comportamiento emergente cualitativamente distinto en otra.

Albert Einstein en su artículo de 1905 acerca del movimiento browniano (Einstein, 1905) comentó que las partículas dentro del conjunto podían modelarse como un caminante aleatorio con sesgo (biased random walker). Una distribución de probabilidad particular era la responsable de influir en el comportamiento aparentemente aleatorio, en el cual las reglas de transición producen efectos claramente identificables, pero cuya probabilidad es difícil de calcular. De esta forma, los observables de un nivel de interés, o nivel de teoría, son resultado de un comportamiento de un nivel fenomenológico inferior en términos de escala y donde ocurre alguna forma de difusión y fricción (Núñez-Jakobsson, 2011).

Lo anterior apunta a que es indispensable considerar modelos de tipo estocástico: las entradas y salidas son bien conocidas, lo que se aleatoriza son las reglas de transición que se aplican a lo largo del tiempo.

⁵ En este contexto, se hace referencia a la fenomenología en tanto la naturaleza se presenta tal cual a los sentidos para ser interpretada por el entendimiento humano, no percibida directamente por este. De esta forma, una ironía sutil en la ciencia es que a pesar de que su fin es conocer la realidad última, siempre lucha por romper el velo de los sentidos. Un hecho científico entonces es que una parte de la realidad física (i.e. la cognición humana) sea capaz de crear modelos de sí misma que se refinan de forma incremental.

Como resultado inmediato de estas consideraciones, el área de sistemas complejos dedicada al estudio del caos pierde un soporte importante: el caos en sistemas complejos determinísticos se debe a la sensibilidad de condiciones iniciales; si para cada punto en la trayectoria del espacio de fase del sistema existe probabilidad de una variación aleatoria (sesgada), no existen puntos privilegiados que generen caos en forma exacta (William, 1997). Más aún, el caos supone continuidad. Si la naturaleza en sus niveles más fundamentales aparenta ser particulada y discreta, el efecto mariposa es un artefacto del formalismo continuo y por tanto no constitutivo de su esencia (Núñez-Jakobsson, 2011).

Aparte de las implicaciones referentes a una posible visión integrada de la realidad física, existe un impacto sobre los requerimientos de precisión aritmética impuestos sobre las simulaciones. La precisión aritmética es uno de los puntos más sensibles del desarrollo científico, pues influye cuantitativamente en la medida de calidad de los modelos (Hamming, 1987). Históricamente, a finales del siglo XIX varios miembros de la Royal Society consideraban que el rol de la ciencia sería el de agregar una cifra significativa más a las constantes cada cierto tiempo (Sprat, 2010). El avance de las teorías científicas ha demostrado lo contrario, sin restar mérito a la importancia de mediciones precisas e instrumentación correspondiente. Sin embargo, la presencia de estocasticidad⁶ relaja de manera significativa la precisión requerida, siempre y cuando el modelo esté construido apropiadamente.

Como un corolario interesante, la estocasticidad provee una nueva ventana de oportunidad para el diseño de hardware orientado a cómputo científico. Un menor requerimiento de precisión implica menos cantidad de compuertas y probablemente mecanismos novedosos que requieran menos potencia eléctrica de operación. El reto más reciente en el desarrollo de arquitecturas computacionales se encuentra en ser compatibles con políticas de reducción de emisiones de carbono, en particular en infraestructuras de grandes volúmenes de procesamiento de datos (Argawal et al., 2009). Así, la ciencia por medio del rol de la probabilidad tiene un impacto en la computación del mañana.

Incidentalmente, es indispensable que los modelos educativos consideren lo antes posible el estudio de la probabilidad, vinculada al desarrollo del cálculo. Las definiciones de probabilidad pueden ser reescritas

⁶ Un sistema se considera estocástico cuando sus estados y las reglas de transición entre sus estados son bien conocidas, pero la elección de cuál regla se aplica para el cambio de estado se rige por una distribución de probabilidad. El mercado bursátil es un ejemplo de un sistema estocástico.

en términos de cálculo diferencial para posteriormente identificar el sentido de la definición de límite en cada escala natural. La probabilidad y estadística son las herramientas más cercanas a la estructura de la realidad en lo referente a las relaciones entre materia y energía en distintas escalas. ¿Cuál es entonces el rol de los modelos continuos? Como todo modelo, son aproximaciones con validez dependiente del nivel de detalle necesario. Además, cumplen con un propósito didáctico: son ficciones que al refinarse se aproximan a una representación precisa del mundo.

5. Supercomputadoras, redes avanzadas y visualización

Mientras el desarrollo de computadoras estocásticas⁷ u otra tecnología similar no ocurra, las arquitecturas disponibles deben cumplir con el propósito de ser el instrumental apto para procesos de simulación. La gran mayoría de problemas que deben atacarse ocurren en la intersección de múltiples disciplinas y por ende en múltiples niveles de teoría. Los modelos resultantes serán algorítmica y estructuralmente complejos. El desarrollo de aplicaciones científicas desde la perspectiva de software debe seguir lineamientos estrictos, pero para efectos de esta discusión, no será el foco central de interés.

La tratabilidad algorítmica⁸ de los problemas es el reto más importante a atacar en computación científica. Un problema se considera intratable en general si su tiempo de ejecución es proporcional a una función exponencial de variable N . Para adquirir una noción de la diferencia entre un algoritmo polinomial y uno exponencial se tiene el siguiente caso hipotético. Un proceso de simulación A toma tiempo estrictamente lineal. Un proceso de simulación B toma tiempo cúbico. Un proceso de simulación C toma tiempo exponencial. Una computadora hipotética puede procesar cualquier operación aritmética en un tiempo estándar de un microsegundo. Se desean procesar $N = 100$ datos. El tiempo de ejecución para cada problema varía de manera violenta: 0.001 segundos para A, 1 segundo para B y 4 millones de veces la

⁷ De forma similar, una computadora se considera estocástica si se construye de tal forma que las reglas de procesamiento de datos incluyan aleatoriedad como uno de los elementos principales. Por ejemplo, la simulación de la dinámica molecular de proteínas requiere agregar la aleatoriedad inducida por los movimientos térmicos de la colectividad de los átomos en el sistema que se estudia.

⁸ En términos técnicos, un problema es tratable si la cantidad de operaciones a ejecutar por la computadora para obtener una respuesta puede expresarse como un polinomio de grado arbitrario en función de la cantidad de datos (N) que debe procesar. Así, un algoritmo de complejidad lineal tendrá un tiempo de ejecución proporcional a N . Un algoritmo de complejidad cúbica tendrá un tiempo de ejecución cúbico en N , y así sucesivamente. Muchos de los algoritmos más útiles conocidos son polinomiales, precisamente por su eficiencia.

edad estimada del Universo para C. Definitivamente una diferencia sustancial.

La Naturaleza no es bondadosa en este aspecto. La mayor parte de fenómenos de interés al ser modelados tienden a resultar en algoritmos intratables o poco eficientes, una reafirmación de la relación entre los modelos y la realidad. Por tanto, se deben buscar mecanismos de aproximación. Complejidad en este sentido –es decir, en la semántica asociada a los dominios científicos- puede definirse como la resistencia de un sistema de interés a ser abstraído de manera eficiente. Afortunadamente, el ritmo de avance de las tecnologías digitales se ha mantenido creciente, y sigue una tendencia conocida como la Ley de Moore: cada 18 meses la cantidad de transistores y la velocidad de un microprocesador se duplica (Moore, 1965). Además, existen esfuerzos por construir arquitecturas computacionales especializadas que facilitan la codificación de ciertos tipos de algoritmos numéricos.

El desarrollo de infraestructuras computacionales capaces de resolver los problemas científicos más complejos es el área de la supercomputación. Una supercomputadora es un sistema computacional cuya capacidad excede en al menos dos órdenes de magnitud la capacidad en términos de memoria y espacio las capacidades de una computadora de escritorio; una supercomputadora está compuesta por un gran número de elementos de procesamiento organizados en conglomerados o clusters (Dongarra et al., 2002). Un cluster a su vez es un sistema de alto rendimiento computacional destinado al procesamiento de datos fuertemente acoplado desde el punto de vista de la infraestructura de red y las aplicaciones que en él se ejecutan. La cantidad de datos que puede procesarse en una arquitectura de supercómputo también excede las capacidades de una computadora tradicional.

Una vez que un modelo se ha ejecutado y se han obtenido datos, los resultados corresponden a tablas numéricas de difícil interpretación. El rol de una simulación es proveer una ayuda a la intuición, no ahogarla en un mar de datos. La visualización científica tiene la labor de convertir los datos de simulaciones en información y conocimiento (Steele-Illinsky, 2010). Información en el sentido de una estructura lógica de los datos. Conocimiento en términos de la semántica relacionada al dominio científico particular. El área de visualización es también multidisciplinaria, en donde las áreas de Diseño, Psicología, Matemática y Ciencias Cognoscitivas tienen un aporte vital. Se puede considerar que una visualización exitosa es aquella que hace que la tecnología subyacente al conocimiento presentado de manera gráfica sea transparente y minimiza el tiempo que un experto de dominio requiere para comprender el significado de

la representación.

La Ciencia, al ser una empresa humana, depende la habilidad de comunicar los resultados y compartir el esfuerzo (Shrum et al., 2007). El volumen de la información científica es distinto de otras aplicaciones, pues incluye datos experimentales, anotaciones, resultados de la visualización, aplicaciones computacionales y datos detallados de simulaciones. Las redes avanzadas son el mecanismo desarrollado por la comunidad científica para transmitir eficientemente cantidades masivas de datos de forma segura en el entorno de investigación. Estas redes se han difundido a través del globo y proveen acceso a un instrumental cuya magnitud es superior a las capacidades de equipamiento de cualquier institución o país por separado (Internet2, 2011). La naturaleza de esta tecnología habla de lo inherente de la colaboración y la interdisciplinariedad de los proyectos en esta área.

6. e-Science y RedCONARE: esfuerzos en el TEC

La ciencia y la tecnología se han visto transformadas en el siglo veintiuno a través del rol de la computación como un vehículo fundamental del descubrimiento, y a la vez como un instrumento científico equivalente al telescopio de Galileo y al microscopio de van Leewenhoek. Mundialmente, las universidades e institutos de investigación se han apropiado de los muchos aspectos de la supercomputación y de la ciencia computacional como valores esenciales para el proceso de redescubrir una ecología humana del conocimiento. En este escenario, las instituciones académicas se ven en la necesidad de proveer un ambiente en donde los esfuerzos multi, trans e interdisciplinarios se integren mediante el factor común del descubrimiento basado en cómputo y datos.

La National Science Foundation a través del reporte Atkins de Cyberinfraestructure (Atkins, 2003), el reporte Towards 2020 Science de Microsoft Research (Emmot, 2005) y el mundo en general reconocen que en la actualidad ningún científico puede ser productivo o eficiente en términos de los estándares de investigación globales si no es capaz de integrar en sus procesos descubrimiento el cómputo como un factor aglutinante. Además, los tipos de problemas que la humanidad enfrenta requieren de una gran cantidad de herramientas, desde sensores remotos hasta registro de microtransacciones en redes sociales para generar una visión integral, y más aún, útil.

e-Science, ciencia computacional o cyberinfraestructura se define como el estudio y aplicación de la computación a problemas de interés científico, utilizando para ello supercómputo, visualización avanzada, redes de sensores y redes avanzadas de comunicación. El trabajo generalmente interdisciplinario resulta en un proceso de transferencia de conocimiento. Bajo una interpretación Lacaniana, esta transferencia es lo que converge en definir un lenguaje común entre disciplinas y es el valor más alto en iniciativas de e-Science: unificación de conocimientos especializados en un todo más general, más simple.

La ciencia computacional hace referencia así al proceso de aplicar métodos, técnicas y conocimientos del área de la computación a las necesidades del descubrimiento científico. Esto implica directamente modelos matemáticos complejos, requerimientos de software y hardware de alto rendimiento y en particular colaboración científica donde el acceso eficiente a datos es esencial. Los tipos de datos pueden variar en cantidad y tipos desde datos de sensores de actualización frecuente hasta datos de simulaciones de decenas de terabytes. Como una respuesta dentro de cómputo de alto rendimiento a las necesidades de federación, acceso y análisis de volúmenes de datos potencialmente masivos, el concepto de grid computing convierte múltiples recursos computacionales en una sola infraestructura integrada, transparente y conveniente.

Como ejemplo particular, el Large Hadron Collider es el mayor instrumento científico construido hasta el momento (Ananthaswamy, 2011). Está constituido de 29Kms de túneles donde 10^9 sensores generan datos a alta frecuencia. Cada experimento efectuado genera semanalmente 10PB de datos crudos⁹ que deben ser replicados, analizados y transmitidos a otros laboratorios computacionales alrededor del mundo. Las velocidades disponibles de Internet comercial hacen prohibitivo el transporte pertinente de datos experimentales, por lo cual un conjunto de enlaces de alta velocidad han sido planificados detalladamente con el fin de proveer comunicaciones eficientes.

El ejemplo anterior no solamente coloca requerimientos de datos propiamente del objeto de estudio, sino de colaboraciones. El uso extensivo e incremental de videoconferencias en formato de alta definición, el

⁹ La unidad de almacenamiento de memoria más pequeña en una computadora es un bit (binary digit) y es equivalente a responder una pregunta de verdadero o falso. Un byte corresponde a una secuencia de 8 bits, donde el orden posicional es importante. Un petabyte (PB) es igual a 1,000,000,000,000,000 bytes. Para tener una idea de la cantidad de información que se puede almacenar en 1PB se puede hacer esta comparación: para codificar todo el genoma humano (cerca de 3,500 millones de nucleótidos) se requiere cerca de 1GB (1,000,000,000 de bytes). En 1PB se puede almacenar un millón de copias del genoma.

envío de imágenes tomadas por sensores e instrumentos científicos de alta definición y las capacidades de simulación y control interactivos remotos son esenciales en la carrera tecnológica que el siglo 21 impone sobre los sistemas de construcción de conocimiento. Invertir en Cómputo de Alto Rendimiento, Redes Avanzadas y Sistemas Colaborativos es un pre-requisito para toda institución que desee estar activa dentro del proceso de Ciencia y Tecnología. El contar con estas herramientas no implica estar a la vanguardia, pero sí aspirar a lograr una posición de realce al combinar estos recursos con una estrategia apropiada.

El Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) ha desarrollado fuertes capacidades en la región referentes a Ciencia Computacional y supercómputo. En 2007 mediante el proyecto FEES Cluster Interuniversitario, dirigido por el Dr. José Castro Mora desde el Centro de Investigaciones en Computación, logró durante tres años crear una infraestructura compartida por las cuatro universidades del sistema estatal. La experiencia en este proceso permitió identificar los puntos fuertes y débiles en el camino hacia una madurez en el desarrollo de proyectos de e-Science. Durante este periodo, el TEC se ha encargado de crear lazos de colaboración internacionales con diversas instituciones alrededor del mundo y representa el país en el Pacific Rim Applications and Grid Middleware Assembly que reúne a los centros de investigación en e-Science y computación científica más importantes del Pacífico y Estados Unidos (PRAGMA, 2011).

Como un siguiente paso, en 2010 un equipo de profesores de distintos programas académicos a lo interno del TEC (Computación, Diseño, Electrónica, Matemática, Forestal, Construcción) conformaron el grupo e-Science. La premisa de trabajo fue simple: integrar un equipo interdisciplinario capaz de proponer proyectos de alto impacto para el país donde las diferentes áreas tuviesen su punto de convergencia en la computación como vehículo de descubrimiento. Dos propuestas de la ronda VIE 2011 y una propuesta a Fondos Especiales para la Educación Superior, junto a experiencia previa de investigadores en la Escuela de Matemática dieron origen a la consolidación como programa.

La misión de e-Science en el TEC es integrar la ciencia computacional en el TEC y en Costa Rica con el fin de mejorar las capacidades científicas existentes y generar nuevas sinergias que permitan a los investigadores locales ser efectivos y competitivos a escala mundial. Desde la creación del programa, se han integrado cerca de 20 investigadores de distintas escuelas a lo interno, con temas de investigación desde aplicaciones de razonamiento basado en casos para detección de fallas en motores de inducción,

identificación de especies de árboles por medio de dispositivos móviles hasta preservación de la herencia cultural costarricense precolombina. La dinámica interna es de apertura a ideas novedosas, de discusión desde todos los ángulos posibles y de integrar nuevos miembros que fortalezcan la investigación en toda la institución. Se ha dado apoyo asimismo al proyecto de investigación en Plasmas y se efectúa investigación conjunta con otras universidades nacionales.

Adicionalmente a las Ciencias Naturales e Ingenierías, es de alto interés para el programa el integrar a profesionales de las Ciencias Sociales con ideas novedosas en investigación. Parte de estos esfuerzos se han concretado en actividades como el taller desarrollado con Marcell Antúnez, un destacado artista digital español con el que se puso en escena *Mitótica* en el Teatro de la Aduana en conjunto con el Ministerio de Cultura y Juventud y la Embajada de España. La gama de posibilidades de investigación en e-Social science es amplia, y apenas se está desarrollando a nivel global. El TEC está en posición y capacidad de liderar propuestas de clase internacional, y para ello el programa de investigación se encuentra en una fuerte fase de equipamiento y reforzamiento de sus capacidades de investigación, desarrollo e innovación.

La visión de e-Science es convertirse en un programa de referencia en ciencias computacionales a nivel regional y una institución de referencia mundial en Supercómputo Verde, o e-Science compatible con el ambiente.

El TEC busca estar a la vanguardia en Ciencia y Tecnología en Costa Rica y la Región en redes avanzadas también. En el contexto nacional, la Estrategia Siglo XXI describe cuatro grandes áreas de conocimiento claves para posicionar al país en condiciones similares a las de Dinamarca, Finlandia y Noruega (Estrategia, 2006). Estas áreas son:

1. biotecnología, que permite alcanzar productividad agrícola de alta calidad y estándares de exportación, así como abrir fronteras en medicina e investigación en biodiversidad y biología en general
2. nanotecnología, esencial en la producciones y servicios con un alto valor agregado donde la aplicación de tecnologías a escala nanométrica permiten mejorar sustancialmente la relación costo beneficio de procesos y artefactos tecnológicos;

3. infotecnología, un componente dominante en la sociedad de la información del presente en la cual el activo más importante está dada en términos de datos, que si bien son intangibles, se han convertido en fuente de riqueza y oportunidades sociales;
4. cognotecnología, que a partir de la riqueza de los sistemas de información permiten convertir datos en información (indicadores) y posteriormente en conocimiento (decisiones a partir de indicadores), y así obtener mayor precisión y pertinencia en la construcción colectiva de la sociedad.

Todas las áreas previamente mencionadas se encuentran vinculadas de manera directa con el concepto de información, que se puede medir en términos de su producción, consumo y transmisión. Como información se entenderá todo aquel conjunto de datos que bajo una codificación computacional apropiada para procesamiento eficiente, es una representación de objetos, procesos o fenómenos en la realidad que son de interés y cuyos costos totales de producción, consumo y transmisión son inferiores a la ganancia que directa o indirectamente puede derivarse de ellos. Es decir, la información tiene una utilidad intrínseca y cuantificable que guarda una relación exacta con el desarrollo de la sociedad en donde se circunscribe su existencia, siendo un indicador fuerte del impacto de una nación dentro de un mundo globalizado.

El interés en la oferta y demanda de información necesariamente requiere canales de comunicación eficientes. El ancho de banda, entendido como la cantidad de datos que codifican información transmitidos por unidad de tiempo es una métrica que indica cuál es el requerimiento esperado para transferencias de información para un periodo definido. El cambio en las tasas de transferencia máxima y el tiempo establecido para incremento de las mismas es una medida de la cantidad de información (Newman, 2010). Internet comercial ha sido por un largo tiempo la medida con que se compara el crecimiento económico con respecto a los aspectos demográficos, sociales y productivos de una nación.

Las tasas de transferencia, medidas en bits por segundo (bps) han variado significativamente en la conexión del usuario promedio desde la incursión de Internet en Costa Rica. De 1998 (56Kbps) a la actualidad (4Mbps), el país evidencia un aumento aproximado del 6400% en transmisión de datos con respecto a la máxima conexión comercialmente disponible. Sin embargo, en comparación con países tales como Estados Unidos donde existen planes para el desarrollo de ciudades totalmente integradas,

de 1998 (128Kbps) a la actualidad (100Mbps) ha ocurrido un aumento aproximado del 10000% en transmisión de datos con respecto a la máxima conexión comercialmente disponible (DATA360, 2011).

Los sistemas de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I), al ser productores y consumidores de conocimiento, también se encuentran sujetos a evaluación por medio de métricas de éste tipo. Sin embargo, el tipo de conocimiento generado es de naturaleza distinta al contenido más general que la Internet comercial por sí misma supone. Dentro de los tipos de contenido en el flujo de información de un sistema de I+D+I se encuentran datos experimentales, streams de video y audio para sesiones de trabajo colaborativo, secuencias de instrucciones remotas para control de experimentos, código fuente en formato texto o binario de aplicaciones de interés científico, entre otros. En el caso de métricas tales como cantidad de archivos por unidad de tiempo, tiempo de respuesta y similares, no son aplicables directamente debido a la naturaleza del contenido en tales organizaciones. Un solo archivo de datos de simulación puede alcanzar tamaños desde decenas de megabytes (MB) hasta decenas de terabytes (TB), mientras que un stream de video para colaboración remota puede llegar hasta 949.21Mbps por segundo utilizando el formato 1080p codificación YUV con 30 frames por segundo (fps).

La presión que la investigación científica ejerce sobre las redes de comunicaciones se ha traducido en implementaciones especializadas orientadas a altos volúmenes de datos. Internet2 fue un primer esfuerzo de integración de redes de alta velocidad. Posteriormente, la implementación de redes de fibra óptica de alta velocidad ha permitido aumentar al menos veinte a cien veces la capacidad de tráfico de información, base para la implementación de la red europea GEANT2 (GEANT2, 2011). Más adelante, las redes Lambda se han convertido en la mejor infraestructura de redes para (GLIF, 2011).

El crecimiento de las redes de alta velocidad para uso académico es una métrica relevante y precisa del grado de madurez de un país en Ciencia y Tecnología, pues evidencia la cantidad de trabajo con colaboración de alto nivel, así como los tipos y cantidad de datos transmitidos. Con respecto al tipo de enlace, éste se convierte en indicador del grado de actualidad tecnológica así como de los presupuestos dedicados a investigación y sus objetivos. De esta manera, las Redes Avanzadas y sus implementaciones se convierten en un elemento primordial y su promoción y organización en tarea obligatoria dentro de las comunidades científicas y tecnológicas.

Costa Rica ha tenido en su historia dos eventos de conexión a redes avanzadas. El primero, impulsado a través de CONARE y con éste, el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS) como socios contribuyentes fue llamado CR2NET y consistió en un enlace de 45Mbps a la Red CLARA. A partir de nuevos esfuerzos realizados entre 2007 y 2008, Costa Rica estuvo en capacidad de negociar un nuevo enlace, ésta vez de 155Mbps, con la Red CLARA y apoyo de la Florida International University. Esta fue finalmente instalada en esta segunda etapa en Noviembre de 2008 bajo el nombre de RedCONARE. Es un recurso de valor importante a disposición de los académicos del país, uno que requiere de fortalecimiento y difusión.

El TEC bajo su misión institucional de estar a la vanguardia tecnológica, máxime en la era de las Tecnologías de Información y Comunicación, está llamado a ser un usuario fundamental de esta arquitectura. Los programas de Bachillerato, Licenciatura y Maestría se encuentran en una posición ventajosa desde la perspectiva de casos de uso, máxime con la disponibilidad de materiales acopiados por diferentes instituciones universitarias a lo largo de CLARA y redes Asociadas (e.g. Internet2, GEANT2) para los procesos de actualización docente, renovación de programas de estudio y colaboración para proyectos inter, trans y multidisciplinarios. En la actualidad, el TEC se encuentra conectado a la infraestructura de RedCONARE. Desde la red interna del TEC es posible acceder a cualquier dirección en CLARA mediante redirección interna a través de políticas de ruteo.

Como parte de la estrategia se busca conectar a los centros de investigación internos, escuelas e investigadores capaces de proveer tráfico desde el TEC hacia puntos en RedCONARE. En este momento, los programas y proyectos activos en la institución son la prioridad central en el plan de conexión a redes avanzadas, y posteriormente la institución completa. Un reto queda por resolver para iniciar el proceso: es necesario repavimentar digitalmente el TEC con el fin de aprovechar al máximo las capacidades de la red académica. Como institución que busca ser líder en investigación, desarrollo e innovación en tecnologías, el TEC debe avanzar en materia de infraestructura de forma estratégica para ser pertinente con respecto a las necesidades de sus estudiantes e investigadores.

7. Conclusiones

La transformación de la Ciencia a partir del advenimiento de la computación y de la supercomputación es un hecho incontrovertible. Si se desea participar en la construcción colectiva del conocimiento se

debe tener acceso a los recursos que maximicen el impacto de las investigaciones en la Sociedad. En particular, Costa Rica y otras naciones en vías de desarrollo se encuentran en un punto crítico en donde la limitación de recursos financieros ha evitado un crecimiento efectivo en Investigación, Desarrollo e Innovación.

No obstante, e-Science representa una alternativa para las Ciencias Naturales y Sociales que permite mitigar los efectos de las carencias materiales. Si bien deben hacerse inversiones de alguna cuantía, son menores a aquellas que serían necesarias en casos de equipamiento completo. El requerimiento de fondo más importante fuera de lo material es en lo humano: apertura intelectual y emocional de quienes se dispongan a participar en estas iniciativas para explorar en conjunto terreno desconocido, para definir ese lenguaje común que será el distintivo de este siglo en las Ciencias.

Se requiere a veces la valentía del capitán de navíos del pasado: se navega a través de las pocas islas de conocimiento en un creciente mar de ignorancia, pero si se navega bien, se completa la ruta en menos tiempo de lo imaginado.

8. Referencias

Ananthaswamy, A. (2011). *The Edge of Physics: A Journey to Earth's Extremes to Unlock the Secrets of the Universe*. Mariner Books.

Argawal, Y., Weng, T., Gupta, R. (2009). *The Energy Dashboard: Improving the Visibility of Energy Consumption at a Campus-Wide Scale*. Proceedings of the ACM Workshop on Embedded Sensing Systems For Energy-Efficiency In Buildings.

Atkins, D. E. (2003). *Report of the National Science Foundation Blue-Ribbon Advisory Panel on Cyberinfrastructure*. National Science Foundation.

Barrantes, G., Garita, C., Núñez, S., Castro, J. (2007). *Aplicación de Sistemas de Información Geográfica en la Creación de Escenarios de Riesgo por Caída de Tefra*. Ponencia presentada en la Conferencia Latinoamericana de Informática. 9-12 octubre. San José, Costa Rica.

Bender, E. A. (2000). *An Introduction to Mathematical Modeling*. Dover Publications.

Boole, G. (1854). *An Investigation of the Laws of Thought*. Watchmaker Publishing.

Chaitin, G. (2006). *Meta Math!: The Quest for Omega*. Vintage Books.

Church, A. (1936). *An unsolvable problem of elementary number theory*. *American Journal of Mathematics*, 58, pp. 345–363.

Conee, E., Sider, T. (2007). Riddles of Existence: A Guided Tour of Metaphysics. Oxford University Press.

DATA 360. (2011). Internet Usage Growth Rate by Region. Website: http://www.data360.org/dsg.aspx?Data_Set_Group_Id=645

Davis M., Sigal, R., Weyuker. E. J. (1994). Computability, Complexity, and Languages, Second Edition: Fundamentals of Theoretical Computer Science. Morgan Kaufmann.

David, D. (1985). Quantum theory, the Church-Turing principle and the universal quantum computer. Proceedings of the Royal Society of London; Series A, Mathematical and Physical Sciences 400 (1818): pp. 97–117.

Doets, K. (1994). From Logic to Logic Programming. The MIT Press.

Dongarra, J., Foster, I., Fox, G., Gropp, W. (2002). The Sourcebook of Parallel Computing. Morgan Kaufmann.

Einstein, A. (1905). Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen. Annalen der Physik 17: 549–560.

Emmot, S. et al. (2005). Towards 2020 Science Report. Microsoft Research.

Estrategia Siglo XXI. (2006). Visión de la ciencia y tecnología en Costa Rica: una construcción colectiva. Vol II. Estrategia Siglo XXI.

Feynman, R., Hay, A. (2000). Feynman Lectures on Computation. Westview Press.

GEANT2. (2011). Página de inicio. Website: <http://www.geant2.net/>

GLIF. (2011). Global Lambda Integrated Facility. Página de inicio. Website: <http://www.glif.is/>

Greene, B. (2000). The Elegant Universe: Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory. Vintage Series, Random House Inc.

Gödel, K. (1931). On Formally Undecidable Propositions of Principia Mathematica and Related Systems. Dover Publications.

Hamming, R. (1987). Numerical Methods for Scientists and Engineers. Dover.

Hellström, T., Holmström, K. (1998). Predicting the Stock Market. Technical Report Series IMA- TOM-1997-07.

Houghton, J.T. (2001). Appendix I – Glossary. Climate change 2001: the scientific basis: contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Ifrah, G. (2002). The Universal History of Computing: From the Abacus to the Quantum Computer. Wiley.

Internet2. (2011). About. Website: <http://www.internet2.edu/>.

Landauer, R. (1961). Irreversibility and heat generation in the computing process. IBM Journal of Research and Development, vol. 5, pp. 183-191.

MINAET. (2009). Plan Nacional de Desarrollo de Telecomunicaciones. Viceministerio de Telecomunicaciones, Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. Website: <http://www.telecom.go.cr/>

Moore, G.E. (1965). Cramming more components onto integrated circuits. Electronics.

Newman, M.E.J. (2010). Networks: An Introduction. Oxford University Press.

Núñez, S., Jakobsson, E. (2011). Hierarchical Modularity: The Description of Multi-Level Complex Systems as Nested Coupled Fokker-Planck Equations. Proceedings of the International Conference on Complex Systems. June 26 - July 1, Quincy Ma, USA. Springer.

PRAGMA (2011). Pacific Rim Applications and Grid Middleware Assembly Website. URL: <http://www.pragma-grid.net/>

Pearl, J. (2009). Causality: Models, Reasoning and Inference. Cambridge University Press.

Popper, K. (1934). Logik der Forschung, Springer. Vienna.

Risken, H., Frank, T. (1996). The Fokker-Planck Equation: Methods of Solutions and Applications. Springer.

Shasha, D., Lazere, C. (2010). Natural Computing: DNA, Quantum Bits, and the Future of Smart Machines. W. W. Norton & Company.

Shannon, C. E. (1951). Prediction and entropy of printed English. The Bell System Technical Journal, 30:50-64.

Shrum, W., Genuth, J., Chompalov, I. (2007). Structures of Scientific Collaboration. The MIT Press.

Sokolowski, J.A., Banks, C.M. (2009). Principles of Modeling and Simulation: A Multidisciplinary Approach. Wiley.

Sprat, T. (2010). The history of the Royal Society of London, for the improving of natural knowledge. Gale ECCO, Print Editions.

Steele, J., Iliinsky, N. (2010). Beautiful Visualization: Looking at Data through the Eyes of Experts. O'Reilly Media.

Tarski, A. (1983). Logic, Semantics, Metamathematics: Papers from 1923 to 1938. Hackett Pub Co Inc.

Taylor, C.C.W. (2010). The Atomists: Leucippus and Democritus: Fragments. University of Toronto Press, Scholarly Publishing Division.

Turing, A. (1936), On Computable Numbers, With an Application to the Entscheidungsproblem, Proceedings of the London Mathematical Society 42 (2)

Von Neumann, J. (1955). Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik (Mathematical Foundations of Quantum Mechanics). Berlin: Springer. ISBN 3540592075.

Warschauer, M. (2003). *Technology and Social Inclusion: Rethinking the Digital Divide*. The MIT Press.

William, G.P. (1997). *Chaos Theory Tamed*. Joseph Henry Press.