

Los retos de las políticas de ciencia y tecnología en Guatemala

Challenges of Guatemalan Science and Technology Policies

Fernando Cajas

Centro Universitario de Occidente, Universidad de San Carlos de Guatemala.

RESUMEN

En el presente trabajo se reflexiona sobre el papel de la ciencia y tecnología en países en desarrollo. Se recurre al estudio de un problema referido a las inundaciones urbanas en el Occidente de Guatemala. Asimismo se discute la importancia de generar políticas de desarrollo que consideren a las comunidades y se analiza el papel de la universidad pública en el desarrollo de políticas de ciencia y tecnología, no solo para la universidad, sino también para el desarrollo del país. Los temas tratados ratifican que el aprendizaje de la ciencia y la tecnología requiere tanta atención como su realización.

PALABRAS CLAVE: aprendizaje, políticas de desarrollo, universidad pública.

ABSTRACT

The present work goes over the role of science and technology in developing countries. A study is carried out regarding urban flooding in Western Guatemala. Likewise, the paper debates on the importance of generating development policies that take communities into account, and analyzes the role of the public university in the development of science and technology policies, not only for the university, but also for the country's development. The studied topics confirm that the learning of science and technology requires as much attention as its realization.

KEYWORDS: learning, development policies, public university.

Introducción

La ciencia y la tecnología afectan la vida cotidiana, tanto de las personas que viven en los países que se autodenominan desarrollados, como la vida de los habitantes de los países llamados en desarrollo. Ya iniciado el siglo XXI, vivimos en un mundo globalizado que depende cada vez más de sus avances científicos y tecnológicos. En el Sur «avanzar» no tiene el mismo significado que para las personas que viven en los países del Norte. Tenemos diferentes problemas. Por este motivo, la ciencia y la tecnología que se construye en el Sur debe mejorar las condiciones de los individuos que aquí viven, en especial de aquellos grupos históricamente excluidos como indígenas, mujeres, sujetos que viven en áreas rurales o urbanas sin servicios básicos, personas desnutridas y en total pobreza.

Por mucho tiempo se ha mantenido una concepción de ciencia y de tecnología asociada al conocimiento, que produce una distorsión en sus correlatos escolares y las separa de las necesidades sociales. Sin embargo, durante las últimas décadas del siglo pasado emergieron estudios sociales de la ciencia y la tecnología –antropologías de trabajo de laboratorio científico, actividades matemáticas y tecnológicas– que desmitificaron viejas y negativas concepciones, tales como que la ciencia es la actividad de genios o que la tecnología es la aplicación de la ciencia.¹

Junto al nacimiento de la sociología de la ciencia y la tecnología, a finales del siglo pasado, se da un intenso movimiento global a favor del entendimiento público de la ciencia y la tecnología, movimiento que tiene disímiles nombres en diferentes países. Así en América del Norte, Alemania y Australia, entre otros países, emerge el movimiento llamado *Scientific Literacy*; en Inglaterra, *Public Understanding of Science*; en España, Alfabetización Científica; en Francia, *l'alphabétisation scientifique*; y en América Latina, Popularización de la Ciencia. Paralelamente nace el estudio científico del aprendizaje de la ciencia, la matemática y la tecnología. Por primera vez en la historia de la humanidad disponemos de herramientas conceptuales para el diseño de sus programas de aprendizaje, anclados en investigación científica con potencial de transformación social.

En este ensayo se presenta evidencia de que estas nuevas concepciones y prácticas de ciencia y tecnología, junto al nacimiento de las ciencias del aprendizaje y los movimientos de alfabetización científica y tecnológica, permiten crear ciencia y tecnología para el desarrollo humano. Es evidente que tanto la ciencia y la tecnología como la educación científica y tecnológica de nuestro país se pueden y deben enfocar en la mejoría de la calidad de vida de los guatemaltecos y las guatemaltecas.

Para la elaboración de este artículo, primeramente se tomó en consideración el estudio de un problema de inundaciones urbanas en la Ciudad de Quetzaltenango, Guatemala. Este problema fue el contexto de una investigación en que la universidad pública participó, y ejemplifica una forma de interacción entre la creación de ciencia y tecnología, universidad y sociedad.

Inundaciones en Quetzaltenango: causas y consecuencias

Entre los primeros diez días de octubre de 2005 el Occidente de Guatemala fue azotado por la depresión tropical *Stan*, la que –a pesar de su poca intensidad– alcanzó a convertirse en un desastre natural por sus intensas y continuas lluvias.

La Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) reportó el hecho, y la universidad pública de Quetzaltenango –Centro Universitario de Occidente (CUNOC)– realizó un diagnóstico relevante del evento. Esta última evaluó el impacto humano, económico y de infraestructura de la tormenta en 22 municipios de Quetzaltenango; el 15 de octubre presentó los resultados de su diagnóstico a todos los alcaldes de dichos municipios; el 19 de octubre, al Consejo Superior Universitario de la Universidad de San Carlos y al Congreso de la República. A pesar de ese esfuerzo, resultado del trabajo de 1 100 estudiantes universitarios guiados por 120 profesores del CUNOC, no se llegaron a comprender los problemas básicos para valorar cómo un fenómeno natural de esta magnitud se convierte en un desastre social.

El conflicto no era *Stan*, como tampoco lo había sido *Mitch* unos años antes. Los problemas eran, y siguen siendo: el hecho de sesenta años de deforestación; la adopción de un modelo de ocupación de territorio que impermeabiliza cualquier opción de recarga hídrica; y el desconocimiento de cómo nuestras prácticas económicas, políticas y culturales son incompatibles con el desarrollo humano. Esto derivó en la concepción de un sistema de problemas científicos. Uno de los más inmediatos fue: ¿por qué se inunda la zona 2 de la Ciudad de Quetzaltenango? Pronto esto nos llevó a cambiar la unidad de análisis de «ciudad»² por «cuenca»³ y estudiar la dinámica del recurso hídrico en la cuenca del río Samalá.

Pasada la emergencia, se inicia un proceso de construcción de capacidades científicas y tecnológicas. Un primer problema era el poco conocimiento científico de la hidrogeología del lugar, por lo que se genera el primer modelo hidrogeológico de Quetzaltenango.⁴ El balance hídrico del valle de Quetzaltenango refleja participaciones de aguas superficiales y principalmente de aguas subterráneas. Esto se suma al estudio de construcción histórica de la red de alcantarillado, que evidencia dos formas antagónicas de manejar el agua residual y pluvial:

1. La visión de nuestros bisabuelos, quienes ya habían construido los llamados zanjones, canales abiertos ya tapados en la actualidad.
2. Una red de drenaje que lleva el agua residual y pluvial y produce inundaciones en las zonas bajas de la Ciudad de Quetzaltenango.

Para entonces ya existía un grupo de investigación y nuestro trabajo se dirigió al diagnóstico de la gobernabilidad del recurso hídrico, no solo en Quetzaltenango, sino también en la cuenca del río Samalá. Al interior de nuestra unidad académica se generaron grupos multidisciplinarios que, con apoyo de la NUFFIC (institución holandesa para la mejora de la educación superior), el Instituto del Agua de Holanda, la Universidad de Missouri y, principalmente, la Universidad del Valle de Cali de Colombia, sistematizaron un conjunto de problemas relacionados con el agua y las comunidades del lugar. Se comprobó que el problema básico, asociado al mal uso de los recursos hídricos es su falta de gobernabilidad. Esto se refleja en problemas visibles como:

- El uso de ríos y fuentes como vertederos de basura y drenajes o el taponamiento de zanjones.
- La inexistencia de sistemas de tratamiento de agua.
- El 60 % del agua potable en la Ciudad de Quetzaltenango depende de agua subterránea, sin que se tenga un sistema de recarga hídrica para asegurar agua para el futuro.
- El 40 % del agua que utiliza Quetzaltenango se toma del área rural, en particular de municipios de San Juan Ostuncalco, comunidades en extrema pobreza que no tienen agua potable para ellos mismos.
- A pesar del uso que hacen los habitantes del municipio de Quetzaltenango de estos recursos, no existe conciencia de pago de servicios ambientales para las comunidades en donde se encuentra originalmente el agua. Esto se repite en diferentes municipios y departamentos.

En efecto, los problemas del agua son problemas muy complejos y mancomunados. En este caso en particular, lo que haga San Juan Ostuncalco le afectará a La Esperanza, municipio que está entre las fuentes de agua y Quetzaltenango; así también a aquellos que están río abajo como son Cantel y Zunil, puesto que todos estos municipios están unidos por la cuenca de los ríos Xequijel y Samalá. Estos problemas deben ser resueltos de forma sistémica y solidaria.

Nuestros grupos de trabajo han propuesto soluciones desde la ciencia y la tecnología a la problemática del agua en el Occidente de Guatemala, proposiciones que no han sido atendidas por las autoridades municipales. Si bien se ha incrementado notablemente la relación entre universidad y municipalidad, debido a proyectos de investigación-acción, la ciencia y la tecnología por sí mismas no son suficientes para la solución de problemas sociales. Se requiere de un replanteamiento de la concepción del aprendizaje para que la ciencia y la tecnología tengan implicaciones reales y positivas en la mejoría de la vida de las personas.

Concepciones de aprendizaje sobre los recursos hídricos

La solución de los problemas sociales requiere un mejor entendimiento de los procesos de aprendizaje asociados a la ciencia y la tecnología, dentro y fuera de comunidades académicas. No solo se necesita que los académicos hagan ciencia y tecnología, sino que los mismos comunitarios también la hagan. Se afronta con dificultad, a nivel mundial y local, una concepción de aprendizaje conductista, donde aprender es repetir y enseñar es hablar; esta idea no reconoce que aprender es tener la capacidad de participar en una comunidad. El aprendizaje (o sociocognición) es entonces situado a esa comunidad. Visto como un fenómeno social, es un proceso por medio del cual la cultura provee herramientas y contextos para que se dé la participación; así se comprueba que aprender es la capacidad de participar dentro de una comunidad de práctica.⁵

Las concepciones de aprendizaje que subyacen, tanto en comunidades científicas como en comunidades en la vida cotidiana, determinan la pertinencia o

no de la ciencia y la tecnología. En este trabajo se ilustra cómo estas concepciones influyen en el uso de la ciencia y la tecnología, para lo que se recurrirá al referido caso del agua. Para eso hay que reconocer la emergencia de los nuevos «gestores de recursos hídricos», quienes si bien asumen los conocimientos generados sobre el agua en las ciencias naturales, conforman nuevos marcos teóricos con novedosas prácticas. El agua se conceptualiza no solo como sustancia química formada por átomos, sino también como el conector que une los subsistemas vivos y los que soportan la vida biológica y social de las comunidades.

Si se desea que la ciencia y la tecnología sean pertinentes, se tienen que abandonar viejas concepciones de aprendizaje conductista y hasta cognitivista, para dar cabida a una concepción de ciencia y tecnología como práctica social, cuyos aprendizajes se dan en la participación comunitaria, modulados por teorías de aprendizaje y de desarrollo humano. Tome por ejemplo el análisis siguiente, que incorpora la investigación en aprendizaje para diseño de programas sobre recursos hídricos. Para ello se documenta lo que es llamado «Aprendizajes en agua», los cuales responden a problemas reales. Si bien se separan en A_1 , A_2 , A_3 hay que aclarar que todos forman parte de un sistema complejo indisoluble y de un programa llamado de «Alfabetización en agua», cuyo objetivo es el mejoramiento de la calidad de vida de las personas que viven en la cuenca alta del río Samalá. Estos aprendizajes son:

A_1 : Capacidad para relacionar el ciclo del agua con sus experiencias personales y comunitarias, de tal forma que puedan reconocer las interacciones del agua en los diferentes subsistemas humano-ecológicos y actuar para mejorar su calidad de vida.

A_2 : Capacidad para dar soluciones a problemáticas de agua, soluciones que requieren la integración de entendimientos técnicos y políticos, los que deben combinarse con un reconocimiento del carácter sistémico de las problemática hídrica, ambiental, territorial y económica.

A_3 : Capacidad de actuar de forma racional y respetuosa para proponer y participar en soluciones de problemáticas del agua en sus comunidades.

La investigación en aprendizaje del agua reporta que no es posible reconocer el carácter sistémico de los problemas del agua sin entendimientos científicos y tecnológicos. Si no se domina claramente –a nivel de conocimientos relevantes en la vida cotidiana de las personas y sus prácticas asociadas– la forma en que el agua se transporta en los diferentes subsistemas, y el modo en que se usa, re-usa, mal-usa y contamina, no podrán entenderse mecanismos de mejor uso. La investigación proveniente de las ciencias del aprendizaje expone que las soluciones técnicas son plausibles si se introducen en una visión de participación que reconozca las relaciones de inequidad existentes en la forma en que se tiene acceso o no a los recursos hídricos.⁶

Los primeros dos aprendizajes podrían asumir que antes de tener capacidades sociales o aún actitudes individuales de cambio hacia la mejora del uso del agua, se requiere tener un entendimiento científico sobre ella, su ciclo, su constitución y transformación dentro los subsistemas ecológicos y los subsistemas de ingeniería. La diferenciación entre subsistemas ecológicos y subsistemas de

ingeniería del agua no es total; con el incremento de la población humana, la intersección entre esos subsistemas casi nunca es vacía.

Ciencia y tecnología para el desarrollo

Hasta aquí se ha documentado el papel de la ciencia y la tecnología en la mejora de la calidad de vida de las personas utilizando ejemplos de agua. En esta parte del ensayo se propone extender el argumento, no sin antes aclarar la noción de desarrollo que se utiliza: es la capacidad que tienen grupos organizados en sociedad de determinar su futuro. Si bien los diferentes informes de desarrollo humano del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo han popularizado el término y con ello nos han llevado a crear la ilusión de que es posible construir una sociedad más justa –aun dentro de un modelo capitalista injusto–, la realidad dice lo contrario. Por esa razón cuando hablo de desarrollo humano no hablo de las concepciones europeas o norteamericanas de desarrollo, ni de la imposición de un modelo económico, político y cultural a nuestras comunidades. Más bien, aquí comparto el trabajo del Amartya Sen al conceptualizar desarrollo como la expansión de libertades.⁷

Investigación del problema: aplicación de escalas espaciales y temporales

Los primeros estudios de inundaciones en la Ciudad de Quetzaltenango se hicieron en territorios de unidades de hectáreas (ha) que fueron producto de eventos extremos y tormentas de semanas de duración. En este espacio y tiempo solo identificamos efectos. Para conocer causas se debió expandir estas escalas y cambiar la unidad territorial de análisis a cuenca y los tiempos de días a décadas, de tal forma que las inundaciones fueron entendidas como una construcción social de la ingeniería hidráulica asociada de cien años de destrucción de la cuenca.

Si bien los estudios se informan uno del otro, las escalas de tiempo y espacio son diferentes; ellos pueden aumentarse y con su incremento se entiende nuestra existencia en el mundo como parte de un proceso de construcción social, terrenal, solar y universal. Así, los cambios en la disponibilidad del agua para los mayas fue afectada por factores externos (erupción del volcán Chichón en el año 1300), cuyos efectos duraron cientos de años. Las comunidades nativas asentadas en lo que hoy es Mesoamérica sufrieron efectos secundarios en sus ecosistemas.⁸

Si se extiende aún más el análisis en el tiempo, hay que reconocer que la agricultura moderna fue inventada aproximadamente hace diez mil años y que durante este tiempo ha gozado de una relativa estabilidad climática, de tal forma que los ecosistemas mundiales han sido relativamente estables. Esta situación cambia abruptamente debido a la emisión de CO₂ –entre otros gases–, lo que ha producido un incremento de temperatura promedio de la Tierra en las últimas décadas. Al extender aún más el análisis en el tiempo a cien mil años se observa el nacimiento del lago Atitlán, en la zona occidental de Guatemala (figura 1), fenómeno que en términos geológicos reconstruyó todos los ecosistemas de lo que actualmente es Guatemala.

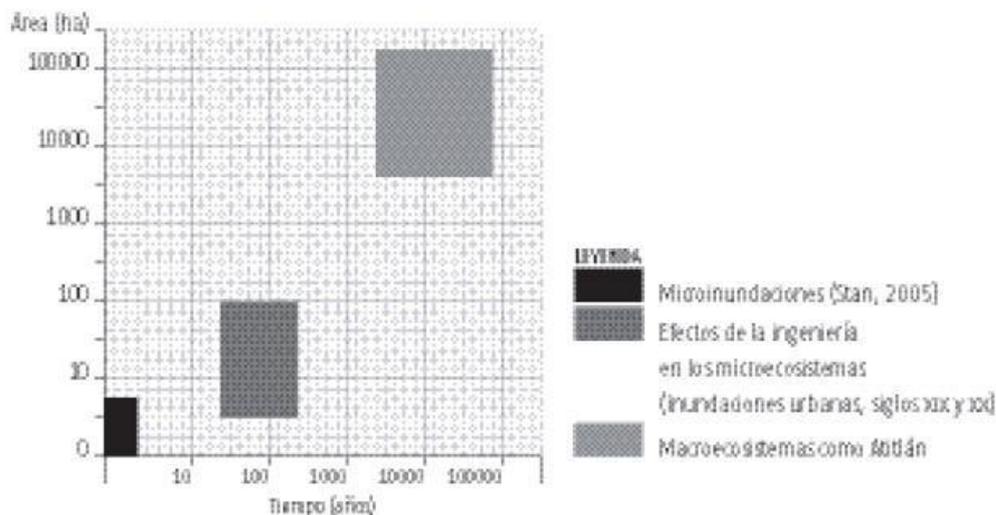


Figura 1. Diferentes escalas espaciales y temporales de los estudios de agua en el occidente de Guatemala

Los estudios de ciencia y tecnología realizados entre los años 2005 y 2013 son muy pequeños en espacio y tiempo, comparados con las grandes transformaciones que han ocurrido en nuestros ecosistemas en los últimos cien mil años, de los cuales los diez mil años últimos han sido de estabilidad termodinámica; sin embargo, estos ecosistemas se han desequilibrado irreversiblemente en los cien años recientes

La ciencia y tecnología y sus políticas asociadas deben considerar las escalas de espacio y tiempo como relevantes. Los problemas científicos son construcciones humanas y forman parte de prácticas sociales híbridas matizadas de elementos económicos, políticos y culturales. Las prácticas científicas básicas de evaluación, descripción, explicación o predicción tienen sentido para mejorar la calidad de vida de las personas, si se reconoce la escala espacial y temporal pertinente. Teniendo esto en cuenta se hacen diagnósticos basados en ciencia y tecnología, para conocer las realidades de nuestro territorio. Así el análisis de microorganismos e insectos podrá hacerse en unos cuantos cm^3 de tierra y en minutos, mientras que el análisis de un ecosistema complejo, como la cuenca de un río, requiere escalas diferentes.

Políticas y pertinencias

Los problemas documentados sobre el agua son similares a los sociales como: la carencia de vivienda, desnutrición, falta de seguridad, mala educación y falta de producción científica, entre otros. En el caso de la educación, como en los demás se carece de políticas de investigación: no hay una agenda de investigación ni en el Ministerio de Educación ni en las universidades. Se hace lo que se puede, más siguiendo la costumbre que guiando el trabajo educativo hacia y desde una ciencia y tecnología relevantes. Hay ausencia de políticas de acceso, porque no se conoce ninguna sobre la estrategia de ingreso de estudiantes al sistema educativo. En el caso de la Universidad Nacional entran los que pueden ganar los exámenes y en las privadas quienes pueden pagar la matrícula. A todo nivel se detecta una ausencia de políticas de calidad educativa. Si bien existen proyectos de mejora tanto en escuelas públicas o particulares como en uni-

versidades, no hay una política de calidad que dirija los cambios, ni existe una estrategia de gobernabilidad en educación que permita la existencia de un sistema educativo, encauzado a conquistar en las próximas décadas un futuro deseable.

La carencia de investigación científica y tecnológica en educación es alarmante. Aunque se han echado a andar algunas reformas, existe toda una cultura de indiferencia hacia ella, asociada a los procesos de aprendizaje. Mejorar la educación guatemalteca sin investigación es similar a afrontar los problemas de agua sin siquiera haber hecho un mapeo de sus fuentes superficiales y subterráneas, sin tener pruebas de calidad, sin conocer la forma en que el sistema se gobierna. Esto es como tratar de mejorar el sistema sin conocerlo. Estos problemas no solo se dan para el caso del agua o educación; se dan igualmente, una y otra vez, en cualquier área. Pasa lo mismo si se piensa en nutrición, salud, energía, violencia, vivienda, investigación científica e innovación tecnológica.

En ninguno de los casos anteriores existe una alianza entre los sistemas de producción de ciencia y tecnología, públicos o privados, que permita a la sociedad guatemalteca mejorar el acceso al agua de buena calidad; desarrollar los sistemas agrícolas; solucionar el problema del hambre; aumentar el acceso a vivienda; crear fuentes alternativas de energía limpia; mejorar la salud de las personas, las plantas, los animales y los ecosistemas; perfeccionar el aprendizaje de la ciencia y la tecnología para todos y todas; en fin, construir vidas dignas.

Para lograr esto en Guatemala hay que deshacerse y liberarse de concepciones erradas, profundamente ancladas en nuestras prácticas culturales. La primera creencia errónea es que los seres humanos nos hemos creído una especie exclusiva, ontológicamente independiente de la naturaleza. La segunda, es que hemos construido nociones de conocimiento platónico, de tal forma que creemos que las ideas –conceptos, teorías, conocimientos– son independientes de las prácticas sociales que les dan origen. La tercera suposición, es que las mujeres son objetos de propiedad. Esto ha llevado a una mezcla fatal entre dependencia femenina y machismo, y ha bloqueado procesos de desarrollo endógeno. No se desarrollan las mujeres sin libertad, ni los hombres que las explotan; la familia se hunde en el «oscuro pozo» de la esclavitud; y la sociedad que ambos forman no crece ni económica, ni política, ni cultural; menos, emocionalmente. La quinta, casi un resultado de todas las anteriores, es la creencia generalizada de que las sociedades cambian con represión y miedo. Todas estas tesis son falsas y están en el corazón de las sociedades que esclavizan y que por ende, no se desarrollan.

Nuevos retos en la investigación científica y tecnológica guatemalteca

En este ensayo se ha documentado que sí es posible crear ciencia y tecnología pertinente en Guatemala. Si bien se ha enfocado en un caso (agua), nuestra unidad académica, el Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en cinco años –de 2005 al 2009– mejoró en parte sus capacidades en ciencia y tecnología, debido a la gestión de 3 millones de dólares fuera del presupuesto ordinario. Esto permitió formar investigadores, nuevos laboratorios científicos y tecnológicos, nuevos programas académicos en ciencia, agronomía, salud pública, derecho y tecnología, así como un intenso intercambio de profesores a nivel mundial. Este financiamiento externo al presupuesto de la

Universidad de San Carlos provino fundamentalmente de agencias europeas de cooperación, aunque en este monto se incluyen aportes de agencias centroamericanas, mexicanas, norteamericanas y nacionales. El problema es que el conjunto de nuevos investigadores vive en una alarmante realidad nacional y latinoamericana.

El diagnóstico de la región latinoamericana muestra debilidades estructurales que afectan gravemente al desarrollo de la ciencia y la tecnología. Una primera debilidad es que solo el 20 % de la población de la edad correspondiente accede a la educación superior en América Latina, mientras que en los países desarrollados esta proporción alcanza un promedio del 50 % y particularmente en Estados Unidos es del 80 %. Guatemala tiene una de las tasas más pequeñas en el mundo con solo el 10 %. Junto a eso, el porcentaje de PIB dedicado a I+D en América Latina es del 0,5 %, a su vez en los países desarrollados es aproximado al 3 %, ⁹ sin embargo, en Guatemala no alcanza el 0,04 %. ¹⁰

Este panorama es desalentador, no obstante los ejemplos dados al inicio de este ensayo muestran que sí es posible crear ciencia y tecnología pertinente en Guatemala. Entre otros casos esperanzadores de investigación científica y tecnológica en la Universidad de San Carlos está documentado el Laboratorio de Entomología Aplicada y Parasitología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. ¹¹ Para ello se requieren realizar cambios, algunos no tan profundos, que pueden llevar un par de años; otros más complejos que llevarían una decena de años; y otros que requerirán de una nueva generación.

Los cambios inmediatos están en el financiamiento de la investigación científica y tecnológica, despojándose de esa visión de que la ciencia es física, matemática, química, biología, y dejando fuera a las ciencias sociales, que son fundamentalmente ciencias también. Uno de esos cambios radica en la capacidad y obligación que tiene el profesorado de tiempo completo de la Universidad Nacional guatemalteca para hacer investigación científica y tecnológica pertinente, si se entienden ampliamente estos conceptos.

Otra acción inmediata debe ser identificar los centros de investigación guatemaltecos –públicos y privados– que en estos momentos están produciendo ciencia y tecnología, hacer un diagnóstico de cómo llegaron a convertirse en centros de producción y apoyarlos en sus necesidades individuales de desarrollo. De los setenta centros de investigación existentes en Guatemala, la mayoría funciona dentro de la Universidad de San Carlos. ¹² Es urgente hacer un mapeo de ellos y transformar la unidad de análisis del investigador individual hacia el centro de investigación; iniciar procesos de consolidación de capacidades científicas y tecnológicas; pero, principalmente, capacidades de liderazgo y gestión.

El liderazgo debe construirse en las unidades académicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala que sistemáticamente han mostrado falta de gestión en el presente siglo, y consolidar aquellas que sí han mostrado que pueden generar ciencia y tecnología. Los decanos y directores, así como los coordinadores de planificación, deben recibir programas de formación de capacidades de gestión para la investigación científica y la innovación tecnológica. Estas políticas requieren

de una estrategia paralela de creación de incentivos, para que funcionen los investigadores y los centros de investigación existentes, y que se facilite la creación de otros.

A mediano plazo la Universidad de San Carlos debe liderar el aprendizaje de la ciencia y la tecnología de todo el país. Para ello debe revisarse a profundidad la calidad de la formación docente de profesores de primaria, secundaria y, principalmente, de educación superior. Existen proyectos aislados de mejora del aprendizaje de la ciencia y la tecnología, tal es el caso del Proyecto Utrech de la Facultad de Ingeniería, las Olimpiadas de Ciencia, los programas de formación y aprendizaje de la Ingeniería del Centro Universitario de Occidente (CUNOC), las investigaciones sobre aprendizaje de Matemática en la Facultad de Ingeniería,¹³ pero no existe una política que estratégicamente dirija esos proyectos hacia la mejora del aprendizaje de la ciencia y la tecnología para todos los guatemaltecos y todas las guatemaltecas.

Para esto nuevamente hay que conocer cómo aprenden las personas a hacer investigación científica y tecnológica.¹⁴ A pesar del debilitamiento de la Universidad Nacional de Guatemala durante las últimas décadas, aún es la Universidad de San Carlos la única institución guatemalteca en que puede cambiar el triste panorama de la baja producción científica y tecnológica del país.

Conclusiones

El aprendizaje de la ciencia y la tecnología requiere tanta atención como su realización. La investigación científica y tecnológica del aprendizaje es una condición necesaria para el desarrollo humano. Tanto la sociedad mundial como la guatemalteca han avanzado al reconocer la importancia del desarrollo humano y, a la vez, considerar el papel de la ciencia y tecnología para lograrlo. El desarrollo significa libertad en todas sus manifestaciones: libertad económica para producir, libertad política para organizarse y libertad cultural para construir identidades que mejoren la calidad de vida de todas las personas. Ninguno de estos desarrollos – libertades– es más importante que otro, y todos deben dirigir la ciencia y tecnología en los subsistemas culturales donde se producen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APARICIO, CARLOS: «América Latina no aprueba en ciencias», Blog de la BBC, La Ciencia Latinoamericana en Cifras, 2013, <http://www.bbc.co.uk/spanish/specials/635_datos_ciencia/index.shtml> [21/7/2013].

CASTILLO, MAYRA: «Ensayo de metodología participativa en ambientes virtuales de aprendizaje como apoyo a la educación matemática presencial en las carreras de Ingeniería», Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011, <<http://digi.usac.edu.gt/bvirtual/>> [21/7/2013].

- COVITT, BETH; KHRISTINE GUNCKEL y CHARLES ANDERSON: «Students' Developing Understanding of Water in Environmental Systems», *Journal of Environmental Education*, vol. 47, n.º 3, New York, 2009, pp. 37-56.
- GALINDO, ROBERTO: «Descripción del nivel de vulnerabilidad a inundación de la zona 2 de la Ciudad de Quetzaltenango», tesis de Ingeniería Civil, Centro Universitario de Occidente, Quetzaltenango, Guatemala, 2009.
- GILL, RICHARDSON: *Las grandes sequías mayas: agua, vida y muerte*, Fondo de Cultura Económica, México D. F., 2008.
- KNORR CETINA, KARIN: «¿Comunidades científicas o arenas trans-epistémicas de investigación? Una crítica a los modelos cuasi-económicos de la ciencia», *Redes*, vol. III, n.º 7, Universidad de Quilmes, septiembre, 1996, pp. 131-160.
- LAVE, JANE y ETIENE WEGNER: *Situated Learning Peripheral Participation*, Cambridge University Press, Nueva York, 1991.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL: *How People Learn*, National Academy Press, Washington, 1999.
- RIVAS, KARIN: «Combinig Socio-Technical and Ethical Dimensions of Flood Risk Mitigation», tesis de maestría, Unesco-IHE, Delft, Holanda, 2011.
- SECRETARÍA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA: «Indicadores de actividades científicas de Guatemala 2010», <<http://www.concyt.gob.gt/>> [18/6/2014].
- SEN, AMARTYA: *Development as Freedom*, Oxford University Press, New York, 1999.
- TACAM, JHONATAN: «Modelo conceptual del acuífero libre de Quetzaltenango», tesis de maestría, Universidad del Valle de Cali, Colombia, 2011.
- TOBAR, ALFREDO: «La educación superior en Guatemala en la primera década del siglo XXI», *Innovación Educativa*, IPN, México, D. F., vol. 11, n.º 57, 2011, pp. 69-80, <www.redalyc.org/articulo.oa?id179422350009> [20/6/2014].

RECIBIDO: 10/12/2014

ACEPTADO: 16/3/2015

Fernando Cajas. Centro Universitario de Occidente, Universidad de San Carlos de Guatemala. Correo electrónico: fcajas@cunoc.edu.gt

NOTAS ACLARATORIAS

1. Cfr. Karin Knorr Cetina: «¿Comunidades científicas o arenas trans-epistémicas de investigación? Una crítica a los modelos cuasi-económicos de la ciencia».
2. Cfr. Roberto Galindo: «Descripción del nivel de vulnerabilidad a inundación de la zona 2 de la Ciudad de Quetzaltenango».
3. Cfr. Karin Rivas: «Combinig Socio-Technical and Ethical Dimensions of Flood Risk Mitigation».
4. Cfr. Jhonatan Tacam: «Modelo conceptual del acuífero libre de Quetzaltenango».
5. Cfr. Jane Lave y Etienne Wenger: *Situated Learning Peripheral Participation*.
6. Cfr. Beth Covitt, Khristine Gunckel y Charles Anderson: «Students' Developing Understanding of Water in Environmental Systems».
7. Cfr. Amartya Sen: *Development as Freedom*.
8. Cfr. Richardson Gill: *Las grandes sequías mayas: agua, vida y muerte*.
9. Cfr. Carlos Aparicio: «América Latina no aprueba en ciencias».
10. Cfr. Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología: «Indicadores de actividades científicas de Guatemala 2010».
11. Cfr. Alfredo Tobar: «La educación superior en Guatemala en la primera década del siglo XXI».
12. Cfr. ídem.
13. Cfr. Mayra Castillo: «Ensayo de metodología participativa en ambientes virtuales de aprendizaje como apoyo a la educación matemática presencial en las carreras de ingeniería».
14. Cfr. National Research Council: *How People Learn*.