

LA NANOTECNOLOGÍA Y SU IMPACTO EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR UNIVERSITARIA

JOSÉ ROBERTO ALEGRÍA COTO

**Jefe del Departamento de Desarrollo Científico y Tecnológico
del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de El Salvador (CONACYT)**

REALIDAD Y REFLEXIÓN

Reality and Reflection

Año 4, N° 12, San Salvador, El Salvador, Centro América Septiembre-Diciembre 2004

LA NANOTECNOLOGÍA Y SU IMPACTO EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR UNIVERSITARIA

José Roberto Alegría Coto¹
Jefe del Departamento de Desarrollo Científico y Tecnológico
del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de El Salvador (CONACYT)

The higher education's special law classifies the objectives in the development of professionals who are concerned about resolving, among other matters, the integration in the globalization process that influenced many areas in all countries.

The decrease in the "Industrial Society" and the starting of the "Society of the knowledge" tell us that we should have the qualified and creative human resource; in order to achieve this we need quality in the education.

The universities of our country should evaluate their participation in the research of the newest technologies; such is the case of the technologies at the level of nanoscales. HIGHER EDUCATION, NANOTECHNOLOGIES, UNIVERSITIES-TECHNOLOGICAL INNOVATIONS.

INTRODUCCIÓN

La Educación Superior en El Salvador se rige por una Ley Especial que tiene como

objetivos: formar profesionales competentes con fuerte vocación de servicio y sólidos principios morales; promover la investigación en todas sus formas; prestar un servicio

social a la comunidad; y cooperar en la conservación, difusión y enriquecimiento del legado cultural en su dimensión nacional y universal. La competencia del profesional estaría en función de las necesidades que el país tiene para resolver sus problemas económicos, sociales y ambientales y la de garantizarle la inserción exitosa en el proceso de globalización que acaece para todas las actividades humanas e influencia a todos los países en su economía, cultura, educación, alimentación, salud, deportes, arte, justicia, agricultura, y muchas más.

Se puede considerar al proceso de la globalización, como la creciente gravitación de las actividades económicas, sociales y culturales de carácter mundial sobre aquellas de carácter nacional o regional.

Este proceso que ha ocasionado cambios drásticos en los espacios y en el tiempo,

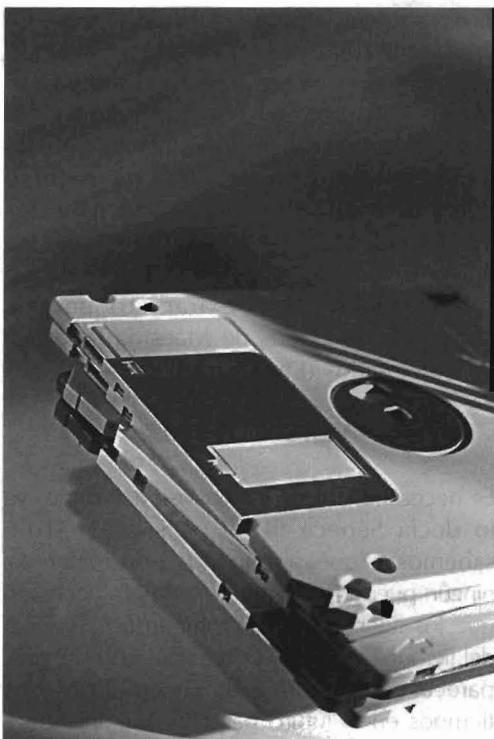


ha sido impulsado principalmente por la revolución de las comunicaciones y la información, en lo que se ha dado en llamar la "Sociedad de la Información".

En las últimas dos décadas, se acentuó la declinación del modelo anterior de la "Sociedad industrial" con el capital y las máquinas como principales factores de producción, y ha surgido en los países desarrollados la "Sociedad del conocimiento", caracterizada por la aplicación intensiva del saber en todos los órdenes de la vida, en la cual, la generación de conocimientos y su incorporación a la técnica, dependen principalmente de la actividad científica y tecnológica. ¡Este es el modelo al cual deben adaptarse los países del orbe! Característica entre ambas sociedades, es de que en la primera se puede comprar tecnología llave en mano y tener éxito, en tanto que en la segunda se debe de contar con recurso humano calificado y creativo.

Es de tener en consideración en la definición de las políticas de investigación institucional, el hecho de que, los conceptos usualmente usados de: investigación básica, aplicada e investigación tecnológica o desarrollo experimental no corresponden a la realidad actual, dado que es difícil identificar lo que es en sí, la acción científica de la acción tecnológica, puesto que de manera general, los límites entre ambas son imperceptibles.

Este hecho hace que se tienda a conceptualizar a la ciencias y tecnologías como "tecnociencias", principalmente debido que el nuevo conocimiento es incorporado en avances tecnológicos por las masas críticas de recursos humanos



calificados, en tiempos relativamente cortos (días, semanas o meses) y en diversas aplicaciones, de acuerdo a la creatividad y necesidad de resolver una problemática por la estructura de innovación con que se cuenta.

LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA COMO SOPORTE DEL DESARROLLO

Según A. Rodríguez-Clare² (2003), los países centroamericanos hicieron varias reformas estructurales durante los 90, cuyos resultados no han sido muy favorables en términos de crecimiento económico, y la productividad total de los factores (PTF) permanece baja. Postula que los bajos niveles de crecimiento de PTF, se deben a las bajas tasas de innovación y adopción de tecnologías, debido al impacto que

tienen los bajos niveles de educación así como la protección a los derechos de propiedad intelectual. Por lo que establece que se hace necesario aprender más sobre innovación y adopción de tecnologías. Así mismo, considera que a pesar de las reformas implementadas en los últimos quince años, los países centroamericanos no han podido emprender un proceso de crecimiento rápido y sostenido.

Diversos sectores del país, plantean que “El Salvador no podrá salir adelante sobre la base productiva en que sustenta su economía actual”. Dado que, es producto de la investigación el contar con capacidad de conocimiento y aplicación del “estado del arte” de las diferentes ciencias y tecnologías, es evidente que en un contexto general, las universidades del país, están poco preparadas para ayudar a resolver las necesidades inmediatas de innovación tecnológica del tejido empresarial. En parte, esta situación podría explicarse, debido a que la ciencia y la tecnología, no han estado en la agenda política nacional, lo que fácilmente puede evidenciarse en el Presupuesto General de la República, revisando los fondos destinados para la promoción y desarrollo de las mismas. Un dicho español dice: “Si tú quieres conocer las verdaderas intenciones de un político, anda, y mira el presupuesto destinado a realizarlas”.

Para incrementar la productividad de las empresas de manera inmediata, se ha planteado en diversos foros la necesidad que existe de mejorar la “absorción tecnológica”, “adopción tecnológica”, o “adaptación tecnológica”. El Banco Mundial³ afirma que se debe “ampliar el régimen de incentivos para I+D del sector privado a fin de ayudar a la adaptación tecnológica”, y entre las recomendaciones está la de “aumentar el volumen del gasto público en

I+D dedicándolos a apoyar el esfuerzo del sector privado y concentrándolos en las actividades de desarrollo experimental (en detrimento de la investigación básica), por medio de un esquema de donaciones de contrapartida y subsidios competitivos”.

En El Salvador, uno de los referentes que se toma como modelo es Chile.

Sin embargo, con facilidad se deja de lado el hecho de que Chile cuenta con recurso humano calificado en áreas del conocimiento de la ciencia y la técnica consideradas prioritarias en su visión de país, con las cuales impulsan la estrategia de las tres c: “copiar”, “comprar” o “crear”, de acuerdo a las necesidades existentes en ese país. Esa estrategia, ha permitido posicionar a la economía chilena en un punto cimero de las economías latinoamericanas, así como generar consultores que prestan sus servicios en diferentes actividades productivas en nuestro país, así como en diferentes países del mundo.

El Banco Mundial, en el documento citado considera que “la tecnología y la innovación pueden tomarse prestadas del extranjero”, pero deja evidenciada la necesidad de la calidad de la educación.

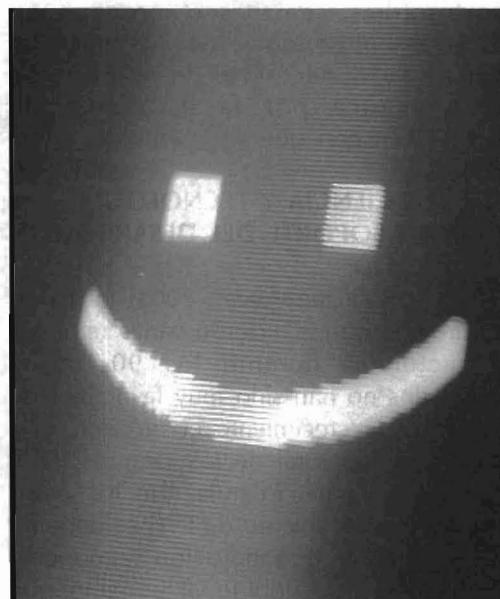
Es obvio que para disponer por la compra, la copia o la creación de tecnologías apropiadas al desarrollo del país y realizar innovaciones, se necesita contar con recursos humanos calificados, y éstos se forman a través de la investigación, principalmente al interior de las universidades. Es decir que si se habla de construir un verdadero “Sistema de Innovación Nacional”, dos entornos que no deben faltar son el científico y el tecnológico.

Y es aquí en donde el Estado debe de intervenir para alcanzar esta capacidad nacional en un proceso de mediano y largo plazo (10-20 años), apoyando el fortalecimiento de la investigación en las universidades y formación de recurso humano calificado, reclutando expertos internacionales que apoyen a las universidades del país, así como becando salvadoreños en el extranjero para la obtención de grados de Maestría (M.Sc.) y de Doctorados (Ph.D.).

VISIÓN DE PAÍS

Es necesario construir una visión de país, ya lo decía Séneca (4 a.C.-65 d.C.) “si no sabemos a qué puerto nos encaminamos, ningún puerto nos será favorable”. Es necesario que los líderes del país rompan la “paradoja del tiempo”, quince o veinte años en la historia, parece que fueron ayer, sin embargo esos tiempos en el futuro parecen muy lejanos.

El papel de las universidades estaría en la conformación de los entornos científico y

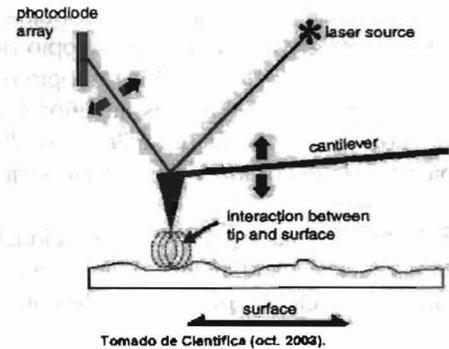


tecnológico de un Sistema de Innovación Nacional, apoyadas por políticas de estado: de ciencias, de tecnología y de innovación, establecidas de acuerdo a esa visión de país. En un mediano plazo, se debería esperar el contar con el ambiente apropiado, recurso humano calificado y la infraestructura de apoyo a la investigación de las tecnociencias que se consideren estratégicas para el país, conformando la estructura operativa y sinergias del Sistema de Innovación Nacional. Para que en el largo plazo, se cuente con la matriz empresarial innovadora, que produzca y utilice los nuevos conocimientos de la ciencia y de la tecnología y que se apropie en el contexto mundial, de al menos un nicho productivo de las tecnologías de punta.

LAS UNIVERSIDADES Y LA NANOTECNOLOGÍA

El conocimiento en este siglo XXI se manifiesta por el volumen, velocidad y ubicuidad en la generación de información científica y su aplicación inmediata para el cambio tecnológico, en donde "la constante es el cambio", esto abre nuevos retos, oportunidades y genera posibilidades reales de usar los conocimientos científicos y tecnológicos para acortar la brecha entre los países desarrollados y los que están en vías de desarrollo.

Aquí es donde las Universidades del país deben evaluar su participación en la investigación interdisciplinaria e interinstitucional de las ciencias, matemática e ingenierías, para el desarrollo de tecnologías de punta, como sería el caso de las tecnologías en el nivel de la nanoescala (escala de 10^{-9} m o sea una mil millonésima de un metro) en las que ocurre una convergencia sinérgica de la Biotecnología, Tecnologías de la Información, Ciencias del Conocimiento, y la Nanotecnología⁴.



Para referirse a estos nuevos campos del conocimiento, es más empleado el término operativo de "nanotecnología" que el de "nanociencia" en un sentido de inclusión. Aunque conceptualmente se puede hacer la diferenciación entre "nanociencia" que se dedica al estudio de las propiedades de los objetos y fenómenos a escala nanométrica, y "nanotecnología" que se ocupa de la manipulación controlada y producción de objetos materiales, instrumentos, estructuras y sistemas a dicha escala.

Se espera que en la primera década del siglo XXI, esta unificación de la ciencia, basándose en la unidad de la naturaleza (materia) conduzca a la integración de la tecnología en el nivel de la nanoescala, en donde usualmente el ámbito de la escala de trabajo va desde uno a cien nanómetros y opera a nivel atómico y molecular, pero en principio nada impide que el nivel de operación descienda hasta las partículas subatómicas (ladrillos del universo).

HERRAMIENTAS PARA VER Y MANIPULAR LA ESCALA NANOMÉTRICA

La incursión en el nanomundo es posible hacerla por el bajo costo de las herramientas que se necesitan para ver y manipular los átomos y moléculas, precios que andan alrededor de los \$19,000 dólares⁵, así como

por su facilidad artesanal para construir las. Estos principalmente son el Microscopio de Barrido de Túnel (STM) y el Microscopio de Fuerza Atómica (AFM), cuyos tamaños son pequeños y pueden ser portátiles con alta capacidad de definición y de "barrido fácil".

El STM fue inventado en 1981 por Heinrich Rohrer y Gerald Karl Binnig (quienes fueron galardonados cinco años más tarde con el Premio Nobel); que trabaja por detectar el flujo de corrientes pequeñas entre la punta del microscopio y la muestra que está siendo observada (la corriente fluye a causa del barrido de la mecánica cuántica); y esto puede ser usado para ver y manipular átomos individuales.

Inventado en 1986, el AFM, tiene capacidades similares al microscopio de barrido de túnel, ya que detecta la fuerza atómica entre la punta del microscopio y la muestra bajo observación. El principio general de la microscopía de fuerza consiste en que: las fuerzas entre la superficie y la punta del cantilever lo inclinan, causando que la punta sea desviada hacia arriba y hacia abajo. La desviación del cantilever cambia la posición del haz de láser, el cual se refleja fuera de la punta del cantilever hacia una serie de fotodiodos. El movimiento del haz se rastrea por los fotodiodos y se usa para calcular la desviación del cantilever.

Diferentes áreas técnicas de aplicación a que se puede tener acceso en estas tecnologías de punta son: estructuras cuánticas, procesos de nanofabricación, física de la nanoescala, química en la nanoescala, nanobiotecnología, nanopartículas, nano y microelectrónica,

óptica y optoelectrónica, nano y micromecánica, nano y microfluidos, ciencia de las nanoestructuras, implicaciones sociales y éticas de la nanotecnología, estructuras a escala molecular, estructuras de autoensamble, electrónica molecular, polímeros, nanocristales, nanocompuestos, bioingeniería, magnetismo, ferroelectrica, materiales suaves, biofísica, sensores químicos, geología y ciencias de la tierra, entre otras, adicionales a los campos de la neurociencia, educación, psicología, antropología, lo cual representa un amplio margen para que las universidades escojan su área de interés.

IDENTIFICANDO COOPERACIÓN

Una manera para que las universidades puedan introducirse en el mundo de la nanociencia y nanotecnología, dependiendo del campo de su interés, sería identificando a su interior aquellos recursos humanos con el potencial para ganar experticia mediante convenios de cooperación que podrían establecer los rectores con académicos y universidades internacionales, para la colaboración mutua, y empezar el proceso de crecimiento y dominio de la temática, que permita en el mediano plazo el establecimiento al interior de las universidades de los centros nacionales de excelencia en la investigación.

Universidades y Colegios de Estados Unidos que participan de la Iniciativa Nacional de Nanotecnología (NNI) y ofrecen grados en nanotecnología, que inicialmente podrían ser abordadas para procurar cooperación son:



ENTIDADES	GRADOS
Universidad de Pensylvania y comunidad de Colegios de Pensylvania	<u>Associate Degree in Nanotechnology</u>
Dakota County Technical College (Rosemount, Minn.) asociado con la Universidad de Minnesota	Grado de Ciencia Aplicada en Nanociencia y Tecnología.
Rice University	Maestría Profesional de Ciencia en Física de la Nanoescala
University of Albany, Escuela de Nanociencia y de Nanoingeniería,	Ph.D. y M. Sc.
University of Washington	Ph.D. en Nanotecnología

Ejemplos de Programas y Cursos que ofrecen Universidades de Estados Unidos y en algunos casos los académicos que las imparten:

UNIVERSIDADES	PROGRAMAS O CURSOS	ACADÉMICOS RESPONSABLES
Clemson University	Sondas de Barrido, Caracterización de Nanoestructuras y Física de la Nanoescala	(D. Correll)
Clarkson University	Aproximación a la Química Coloidal para la Construcción de Nanopartículas y Materiales Nanoestructurados	(J.N. Fendler)
Kansas State University	Mecánica Cuántica Visual	-
Penn State University	Facilidades de Nanofabricación, Curso de Coronamiento en Nanotecnología (dos años colegio)	(S.J. Fonash)

Rensselaer Polytechnic Institute	Materials Nanoestructurados	(R. Reinfenberger)
Rice University	Introducción a la Nanociencia	(R. Siegel)
University of Arkansas en consorcio con las Universidades de Oklahoma y de Nebraska	Procesos de Nanomanufactura	(V. Colvin)
University of California-Berkeley	Introducción a la Micro y Nanobiotecnología: BioMEMS* - Bioingeniería y Solución al Procesamiento de Materiales, Dispositivos y Nanoestructuras - Ciencia de los Materiales	(A.P. Malshe)
University of California-LA Instituto de Matemáticas Puras y Aplicadas	Matemáticas en la Nanoescala de la Ciencia y la Ingeniería	-
University of Delaware	Nanotecnología	(J. Kolodzey)
University of Florida	Nanocomputación	(J. Fortes)
University of Notre Dame	Dispositivos Cuánticos Avanzados, (EE 666)	-
University of Southern California	Nanorobotica	(A. Requicha)
University of Washington and Pacific Northwest National Laboratory, the Joint Institute for Nanoscience and Nanotechnology	Cursos Intensivos en Nanociencia y Nanotecnología	-
University of Wisconsin (Madison)	Nuevas Tecnologías	(R. Hamers)
Virginia Commonwealth University	Nanotecnología	(M. El-Shall)
Yale University	Procesos de Nanopartículas	(D. Rosner)

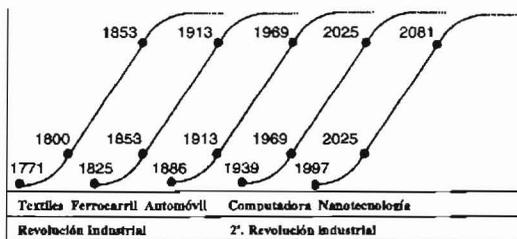
* MEMS, Sistemas Mecánicos Micro Eléctricos

<http://www.nano.gov/html/edu/edunter.html>

LA IMPORTANCIA DE LA NANOTECNOLOGÍA PARA ESTE SIGLO XXI

Norman Poire, Merrill Lynch, predicen que la Revolución Nanotecnológica rivalizará con el impacto en el desarrollo producido por el automóvil y la introducción de la computadora personal. Se espera que nuevos conocimientos de la nanociencia y la nanotecnología, lleven a avances científicos y tecnológicos fundamentales, que incrementen en varios órdenes de magnitud la eficiencia de las computadoras, permitan la restauración de órganos humanos, creen nuevos materiales mediante ensamblaje de átomos y moléculas, y encuentren nuevos fenómenos en química y física, lo cual tiene grandes implicaciones en salud, agricultura, ambiente, cultura, riqueza, desarrollo sostenible, y en cada una de todas las industrias.

Crecimiento de las Innovaciones



PRODUCTOS DE LA NANOTECNOLOGÍA EN EL MERCADO

Algunos productos derivados de la nanotecnología que ya se encuentran en el mercado son: agente de unión dental; cintas magnéticas de la grabación; compases del estado sólido; convertidores catalíticos automovilísticos; cubiertas protectoras que reducen la luz intensa en lentes y autos; herramientas que cortan metal; parachoques



en los automóviles; pelotas de tenis de larga duración; pinturas protectoras contra la corrosión, arañazos y radiación; protectores solares y cosméticos; Raquetas de tenis más fuertes y ligeras, Tinta; Unidades de disco duro de la computadora; Vendajes para quemaduras y heridas; Vestidos y colchones resistentes a las manchas.

IMPLICACIONES ECONÓMICAS DE LA NANOTECNOLOGÍA

La Fundación de Ciencia Nacional -NSF- de los Estados Unidos (2001)⁶, estima, que en diez a quince años, el mercado mundial de productos y servicios nanotecnológicos andará

por el orden del trillón de dólares anuales:

- **Manufactura:** se estima que los procesos y materiales nanoestructurados incrementen su impacto en el mercado en cerca de 340 mil millones.
- **Farmacéutica:** cerca de la mitad de toda la producción puede depender de la Nanotecnología, superando los 180 mil millones.
- **Transportación:** los nanomateriales y dispositivos nanoelectrónicos producirán vehículos ligeros, rápidos y seguros; y a un menor costo, más durables y confiables, carreteras, puentes, autopistas, cañerías y sistemas de rieles; en donde sólo los productos aeroespaciales tienen un mercado proyectado de cerca de 70 mil millones de dólares.
- **Electrónica,** la proyección es alrededor de los 300 mil millones para la

industria de los semiconductores y la misma cantidad en venta global de circuitos integrados.

- **Plantas químicas,** los catalizadores nanoestructurados con aplicaciones en el petróleo y en los procesos de la industria química se estima un impacto anual de 100 mil millones.

En relación con la sustentabilidad, puede mejorar la producción agrícola para una población incrementada, proveerá filtros y desalinización del agua más económicos, posibilitará fuentes de energía renovables, tal como la conversión altamente eficiente de la energía solar; en donde las proyecciones indican que avances en iluminación basados en nanotecnología tienen el potencial para reducir el consumo global de energía en más del 10%, ahorrando 100 mil millones de dólares por año, con una correspondiente reducción de emisión de 200 millones de toneladas de carbón.

ESTADO	PAÍS	Actividad Nanotecnológica	EJEMPLO
Al frente de la carrera	China Corea del Sur India	Estrategia e iniciativa Nacional de Nanotecnología. Programa de fondos de gobierno para Nanotecnología Nacional. Patentes de nanotecnologías. Productos en el mercado o en desarrollo.	China: Centro Nacional para Nanociencia y Nanotecnología. Ensayos clínicos de andamios de hueso nanotecnológicos. Corea del Sur: Programa de Desarrollo de la Nanotecnología. Primer prototipo de despliegue de emisión de campo de nanotubos de carbono. India: Iniciativa de C&T en nanomateriales (NSTI). Comercialización de nanopartículas liberadoras de medicamentos.

INVERSIÓN MUNDIAL EN INICIATIVAS DE NANOTECNOLOGÍA

De acuerdo con CMP Científica (2002)⁷, en el año 2000, todo el mundo invirtió alrededor del orden de los \$ 2,000 millones de dólares. Comparativamente en el Lejano Este las inversiones en millones de dólares fueron: Japón (\$ 650), China (\$200), Taiwán (150); Singapur (\$ 40).

En Estados Unidos la inversión en el 2001 fue de \$442 millones de dólares, pasando en el 2002 a la cantidad de \$604 millones. En diciembre de 2003, el Presidente George Bush, firmó la Ley de la Iniciativa Nacional de la Nanotecnología (NNI, por sus siglas en inglés) con un monto de \$3,700 millones para impulsar la nanotecnología para los cuatro años siguientes.

Países en vías de desarrollo han entrado a participar del proceso de acumulación de capacidades en nanociencias y nanotecnologías, y de acuerdo a las acciones que están haciendo, han sido clasificados en: i) Estados al frente de la carrera, tales como China, Corea del Sur, India; ii) a media vía, tales como: Tailandia, Filipinas, Sudáfrica, Brasil y Chile; y iii) en el inicio, a países como Argentina, México y Costa Rica.

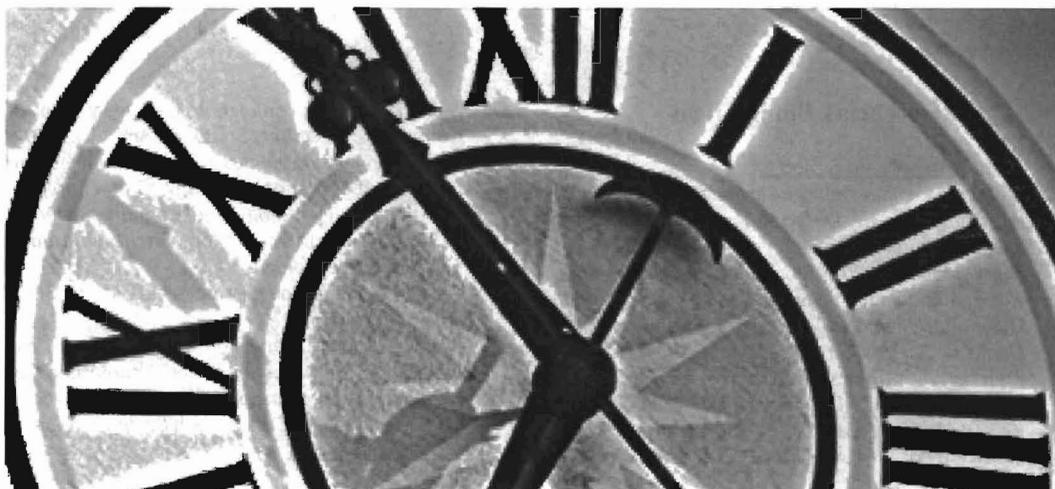
En la historia, cada vez que se produjeron cambios drásticos de paradigmas, los modos antiguos de producción se volvieron obsoletos.

Este es un reto que tienen las universidades para retomar la trascendencia como impulsoras del desarrollo sostenible del país, mediante la formación del recurso humano estratégico, necesario para buscar la inserción en los procesos globales de manejo y generación de conocimientos.

“Hay que tener siempre presente, que el recurso humano calificado en el estado del arte del conocimiento, no se crea con buenas intenciones, sino que mediante el establecimiento de un entorno apropiado de investigación, que estimule la creatividad individual y colectiva y el trabajo interdisciplinario”.

La Nanotecnología puede constituir una gran oportunidad de los países en vías de desarrollo como El Salvador, para iniciar su empoderamiento, que le permita en un mediano plazo ser un usuario inteligente de las nuevas tecnologías y encontrar los nichos productivos de la aldea global en que vivimos.

CONACYT, 30 de abril de 2004.



ESTADO	PAÍS	Actividad Nanotecnológica	EJEMPLO
A media vía	Tailandia Filipinas Sudáfrica Brasil Chile	Fondos de gobierno para el desarrollo de la nanotecnología. Algunas formas de soporte del gobierno (fondos de investigación). Limitada participación de la industria. Presencia de algunas instituciones de investigación.	Tailandia: Centro de Nanociencia y Nanotecnología. Universidad de Mahidol. Filipinas: Proyecto optoelectrónico. Universidad de Filipinas/INTEL. Sudáfrica. Iniciativa de Nanotecnología (SANi). Brasil: Inst. de Nanociencia. Univ. Minas Gerais. Chile: Grupo de Nanotecnología. Universidad Pontificia Católica de Chile.
En el inicio	Argentina Costa Rica México	Organización nanotecnología específica. Fondos no establecidos. Industrias no establecidas.	Argentina: Grupo de Investigación de Nanociencia, Centro Atómico Bariloche e Instituto Balseiro. Costa Rica: Laboratorio de Nanotubos en asociación con la NASA (LPG. 19/02/2002)

Referencias Bibliográficas

1. E-mail: ralegria@conacyt.gob.sv
2. Economista Senior, Depto. de Investigación del Banco Interamericano de Desarrollo en "Adopción de tecnología e innovación en Centroamérica".
3. Banco Mundial. 2003. El Salvador Creciendo en el Nuevo milenio. Informe No. 26238-SV. República de El Salvador. Memorando Económico sobre el país. Depto. de América Central. Región de América Latina y el Caribe. [http://wbi018.worldbank.org/lac/lacinfoclient.nsf8d6661f6799ea8a48525673900537f95/e774c32dfcfcfe385256e7e0072db0a/\\$FILE/El%20Salvador_Creciendo%20en%20el%20Nuevo%20Milenio%20\(2\).pdf](http://wbi018.worldbank.org/lac/lacinfoclient.nsf8d6661f6799ea8a48525673900537f95/e774c32dfcfcfe385256e7e0072db0a/$FILE/El%20Salvador_Creciendo%20en%20el%20Nuevo%20Milenio%20(2).pdf)
4. National Science Foundation and Department of Commerce of United States of America. 2002. Converging technologies for improving human performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science. Arlington, Virginia. 391 pp. itri.loyola.edu/ConvergingTechnologies/
5. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ). www.nanosurf.ch/
6. National Science Foundation -NSF- (2001). Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology. (<http://itri.loyola.edu/nano/NSET.Societal.Implications>)
7. CPM Científica (2002). Nanotech the tiny revolution. www.cientifica.com