

## NANOCIENCIAS Y NANOTECNOLOGÍAS PARA UN DESARROLLO SOSTENIBLE

## NANOSCIENCES AND NANOTECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

**Joaquín D. Tutor-Sánchez**

Coordinador de la Red NANODYF. Director Técnico del Laboratorio de Análisis y Ensayos de Cadena Térmica, LAECT. Empresa Advanced Products Network, Oporto, Portugal.

(Recibido: Noviembre/2017. Aceptado: Enero/2018)

### Resumen

El desarrollo sostenible considera como eje central el conjunto de componentes físicos, químicos, y biológicos externos con los que interactúan los seres vivos y con respecto al ser humano, comprende el conjunto de factores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y en un momento determinado que influyen en su vida y afectarán a las generaciones futuras. Los avances en las Nanociencias y las Nanotecnologías en general, y el creciente uso de nanomateriales en diversos productos de consumo en particular, han permitido aplicaciones concretas al cuidado y la preservación del medio ambiente, suscitando a nivel mundial un notable interés en amplios sectores de la sociedad sobre sus implicaciones sociales y ambientales, lo cual pertenece al ámbito de la relación entre las Nanociencias, las Nanotecnologías y la Bioética. El análisis de esta relación y de cómo la Divulgación y la Formación de las Nanociencias y las Nanotecnologías pueden contribuir a un desarrollo sostenible es el objetivo principal del presente artículo.

**Palabras Clave:** Desarrollo sostenible, bioética global, nanociencias, nanotecnologías, educación y divulgación.

### Abstract

Sustainable development considers as a central axis the set of external physical, chemical, and biological components with which the living beings interact and which, with respect to the human being, comprises the set of natural, social and cultural factors existing in a place and in a determined moment that influence life and will affect future generations. Advances in Nanosciences and Nanotechnologies in

general, and the increasing use of nanomaterials in various consumer products in particular, have allowed for specific applications for the care and preservation of the environment, raising worldwide interest in large sectors of the society on its social and environmental implications, which belongs to the field of the relationship between Nanosciences, Nanotechnologies and Bioethics. The analysis of this relationship and how the Dissemination and Training of Nanosciences and Nanotechnologies can contribute to sustainable development is the main objective of the present paper.

**Keywords:** Sustainable development, global bioethics, nanosciences, nanotechnologies, education and dissemination.

## Introducción

El concepto de desarrollo sostenible refleja un aumento de la conciencia acerca de la contradicción que puede darse entre desarrollo y las condiciones ecológicas y sociales para que ese desarrollo pueda perdurar en el tiempo. La idea de un crecimiento económico ilimitado y para el cual todo podía sacrificarse vino a ser reemplazada por una conciencia de esos límites y de la importancia de crear condiciones de largo plazo que hagan posible un bienestar para las generaciones actuales, que no se haga al precio de una amenaza o deterioro de las condiciones de vida futuras de la humanidad [1].

Por otro lado, es sabido que una concepción contemporánea de la bioética, como es la concepción de la Bioética Global, rige la comprensión del desarrollo de la vida en el planeta, tanto la humana como la de las plantas y animales. Un enfoque Bioético Global bien definido constituye un eslabón fundamental para el logro de la vida futura en el planeta, la creación y consolidación de una conciencia hacia la preservación, conservación, atenuación y adaptación al cambio climático. En definitiva, puede considerarse que la Bioética Global es la base y fundamento teórico para lograr un desarrollo sostenible [2].

Si bien es cierto que la bioética en sus inicios se presentaba como una combinación dialéctica entre la biología, como ciencia y tecnología-biotecnología-, la medicina y los valores humanos (en una visión Bioética Global), debido a la interdisciplinariedad de las ciencias y las tecnologías, son muy diversas las contribuciones de otras ciencias naturales y exactas, y sus aplicaciones tecnológicas. Con estas contribuciones aumenta la posibilidad de lograr el futuro de un mundo sostenible donde se articulen, de manera exitosa, los avances de las ciencias y las tecnologías con el bienestar de la vida en general y el ambiente donde se desarrolla. Entre estas se encuentran las Nanociencias y las Nanotecnologías [3].

Pero en tanto es el ser humano el artífice de los avances de las ciencias y las tecnologías, se requiere de una nueva actitud de los científicos y los tecnólogos respecto a su trabajo cotidiano. Se hace pues necesario que haya un cambio de paradigma de ciencia, tecnología y sociedad a ciencia y tecnología con la sociedad. Para lo cual se precisa de las herramientas necesarias para que las grandes masas de la sociedad, no vinculadas directamente al trabajo de científicos y tecnólogos, sean capaces de involucrar sus acciones junto a los especialistas. Para esto se requiere de una cultura científica y tecnológica de las grandes masas sociales. Y las Nanociencias y las Nanotecnologías no son ajenas a esto, por lo cual se requiere de la creación de una nanoeducación en la sociedad civil, de manera que la divulgación y la formación en nanotecnología se convierta en un puente entre las Nanociencias y las Nanotecnologías, y la Bioética Global [3].

El presente artículo trata sobre como contribuyen las Nanociencias y las Nanotecnologías a un Desarrollo Sostenible, basado fundamentalmente en los procesos de Divulgación y Formación de las mismas como un puente hacia la Bioética Global.

## **Desarrollo sostenible**

En el lenguaje cotidiano, según el diccionario de la Real Academia Española (RAE), se encuentra que la palabra desarrollo está vinculada a la acción de desarrollar o a las consecuencias de este accionar. E igualmente la RAE define el verbo desarrollar como la acción de incrementar, agrandar, extender, ampliar o aumentar alguna característica de algo físico (concreto) o intelectual (abstracto).

Existen distintos tipos de desarrollo, como pueden ser:

- Desarrollo de la Ciencia Básica
- Desarrollo de la Ciencia Aplicada
- Desarrollo Tecnológico
- Desarrollo Económico
- Desarrollo Social
- Desarrollo Medio Ambiental
- Desarrollo Humano
- Desarrollo Personal
- Etc.

Sin embargo, existe un tipo especial de desarrollo que se conoce como Desarrollo Sostenible. El desarrollo sostenible o sustentable es un concepto surgido a fin del siglo XX como alternativa al concepto de desarrollo habitual, haciendo énfasis en la reconciliación entre el bienestar económico, los recursos naturales y la

sociedad, evitando comprometer la posibilidad de vida en el planeta, ni la calidad de vida de la especie humana.

Según el Informe Bruntland [4], el concepto de Desarrollo Sostenible se relaciona con las siguientes sentencias:

*“Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones del futuro para atender sus propias necesidades...”*

*“Aun el restringido concepto de sostenibilidad física implica la preocupación por la igualdad social entre las generaciones, preocupación que debe lógicamente extenderse a la igualdad dentro de cada generación...”*

*“El desarrollo sostenible requiere la satisfacción de las necesidades básicas de todos y extiende a todos la oportunidad de satisfacer sus aspiraciones a una vida mejor...”* [4]

El ámbito del Desarrollo Sostenible puede dividirse conceptualmente en tres componentes: el ecológico, el económico y el social, interrelacionados entre sí como se muestra en la figura 1.

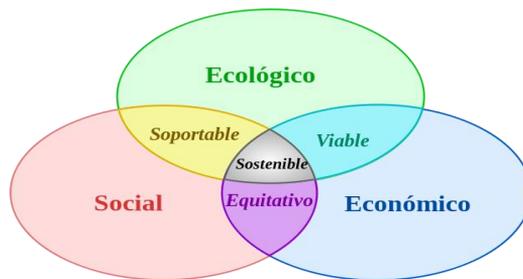


FIGURA 1. Interrelación de los componentes del Desarrollo Sostenible. (Imagen libre de Internet)

Los indicadores de desempeño del proceso de Desarrollo Sostenible pueden describirse como:

- **Conservación** del medio ambiente para no poner en peligro las especies de flora y fauna
- **Desarrollo** apropiado que no afecte sustantivamente los ecosistemas
- **Paz, igualdad, y respeto** hacia los derechos humanos
- **Democracia**

De manera tal que las condiciones que deben cumplirse para poder hablar en la práctica de un Desarrollo Sostenible son: que ningún recurso renovable deberá utilizarse a un ritmo superior al de su generación; que ningún contaminante deberá producirse a un ritmo superior al que pueda ser reciclado, neutralizado o absorbido por el medio ambiente; y que ningún recurso no renovable deberá aprovecharse a mayor velocidad de la necesaria para sustituirlo por un recurso renovable utilizado de manera sostenible.

Algunos autores tratan de diferenciar el concepto de Desarrollo Sostenible del concepto de Desarrollo Sustentable a través de un elemento más semántico que funcional. Estos autores asocian el concepto de Desarrollo Sostenible a un proceso eficaz y eficiente, mientras que asocian el concepto de Desarrollo Sustentable sólo aquel que se lleva a cabo eficazmente [5]. Esta diferencia es un tanto superficial y puede argumentarse que se trata de dos expresiones que se utilizan y pueden seguir siendo utilizadas como sinónimos.

## **Desarrollo Sostenible y Bioética**

La puesta en práctica del Desarrollo Sostenible tiene como fundamento ciertos valores y principios éticos. *La Carta de la Tierra* (UNESCO, París en marzo de 2000) [6] presenta una articulación comprensiva e integral de los valores y principios relacionados con la sostenibilidad. Este documento, consiste en una declaración de la BIOÉTICA GLOBAL para un mundo sostenible, desarrollado a partir de un proceso participativo global, por un período de 10 años, iniciado en la Cumbre de Río de 1992, y el cual culminó en el año 2000.

A partir de esta iniciativa de la UNESCO se promovió que para poner en práctica el proceso de desarrollo sostenible hay que formar “bioéticamente” a los miembros de la sociedad, a las personas naturales y jurídicas, con el fin de que sus actuaciones sean correctas, adecuadas, oportunas y trascendentes.

Si bien es cierto que la bioética en sus inicios se presentaba como una combinación dialéctica entre la biología, como ciencia y tecnología - biotecnología-, la medicina y los valores humanos, en una visión actual, debido a la interdisciplinariedad de las ciencias y las tecnologías, son muy diversas las contribuciones de otras ciencias naturales y exactas, y sus aplicaciones tecnológicas, a la posibilidad de lograr el futuro de un mundo sostenible donde se articulen de manera exitosa los avances de la ciencia y las tecnologías con el bienestar de la vida en general y el ambiente donde se desarrolla. Un modo de entender lo antes mencionado puede reconocerse en las ideas expuestas por el bioquímico estadounidense Dr. Van Rensselaer Potter en su libro “*Bioética: un puente hacia el futuro*”, en el que define claramente una visión global de la bioética [3].

De ahí que las ideas fundamentales de desarrollo económico, desarrollo social y desarrollo ambiental, basados en los principios Bioéticos, dan lugar a la sostenibilidad económica, la sostenibilidad social y la sostenibilidad ambiental que son en definitiva los componentes del Desarrollo Sostenible (ver Figura 2).

## DESARROLLO SOSTENIBLE



## PRINCIPIOS BIOÉTICOS

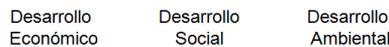


FIGURA 2. Principios Bioéticos del desarrollo económico, el desarrollo social y el desarrollo ambiental como pilares del Desarrollo Sostenible. (Imagen elaborada por el autor)

Por ello es que cuando se habla de la Bioética como un puente hacia el futuro, este puente se refiere a un futuro sostenible donde se aseguren: la calidad de vida del ser humano, la preservación del ecosistema y el medio ambiente en general.

Cuando se mencionó anteriormente la formación bioética de la sociedad, ello se refiere, como mencionó V. R. Potter [7], a “*la necesidad urgente que tiene la sociedad de una nueva sabiduría que provea el conocimiento de cómo usar el conocimiento*” para la supervivencia del hombre y para el mejoramiento de la calidad de vida. Esto solo puede lograrse con el cambio del paradigma <<Ciencia, Tecnología y Sociedad>>, que en general ha reflejado a la Sociedad como receptora pasiva de los éxitos y aplicaciones de la Ciencia y la Tecnología, por el paradigma <<Ciencia y Tecnología con la Sociedad>> que debe y puede manifestar la implicación activa de la Sociedad sobre las decisiones que deben tomarse para lograr los éxitos y las adecuadas aplicaciones de la Ciencia y la Tecnología.

Ese cambio de paradigma mencionado se configura en la acción ciudadana que tiene la responsabilidad de materializar políticas que articulan los esfuerzos de diferentes actores sociales (Sociedad civil, Empresa Privada, Estado y Organismos Internacionales). Esfuerzos que, a su vez, deben materializarse a

través de una educación en la que el ámbito moral sea parte constitutiva del conocimiento.

## **Nanociencias y nanotecnologías para un desarrollo sostenible**

En la actualidad, nadie pone en duda la extraordinaria aportación que han hecho las Ciencias Naturales y Exactas, así como las tecnologías derivadas de ellas, al avance impetuoso de la sociedad.

Como mencionara el sumo pontífice de la iglesia católica Francisco, jefe de Estado del Vaticano “...Somos los herederos de dos siglos de olas de cambio: el motor a vapor, el ferrocarril, el telégrafo, la electricidad el automóvil, el avión, las industrias químicas, la medicina moderna, la informática y, más recientemente, la revolución digital, la robótica, las biotecnologías y las nanotecnologías” [8].

Las aplicaciones de los resultados de I+D+i de las Nanociencias y las Nanotecnologías se ven presentes en muchos sectores de la economía. Un grupo de investigadores de la Universidad de Toronto, en Canadá, ha elaborado un informe en el que, tras consultar a 85 expertos en Nanociencias y Nanotecnologías, se detallan los 10 campos que más pueden beneficiarse de estas tecnologías para un Desarrollo Sostenible [9]. Estos campos son:

1. Almacenamiento, producción y conversión de energía
2. Diagnóstico e identificación de enfermedades
3. Sistemas de administración de fármacos
4. Monitorización de la salud
5. Tratamiento y remediación de aguas
6. Remediación de la contaminación atmosférica
7. Mejoras en la productividad agrícola
8. Detección y control de plagas
9. Procesamiento de alimentos
10. Construcción

En el campo del almacenamiento, producción y conversión de energía hay ejemplos significativos tales como: el uso de nano composites más ligeros, de nano recubrimientos y de nano catalizadores para diseñar sistemas de automoción y aeroespaciales más eficientes minimizando el uso de combustibles; el uso de nanotubos de carbono y membranas nano cerámicas para el diseño de nuevos sistemas de almacenamiento de energía; el uso de nano materiales para el diseño de nuevas celdas solares y celdas de combustibles, etc.

En los campos de la salud y biotecnológico pueden mencionarse ejemplos tales como: el uso del grafeno para clasificar proteínas y sus aminoácidos, y de esta manera poder conocer en profundidad el origen de enfermedades genéticas; el diseño de nano esponjas para combatir infecciones resistentes a antibióticos; el diseño y fabricación de nanopartículas para la distribución de fármacos contra el cáncer; diseño de biosensores para detectar bacterias Gram-positivas y Gram-negativas que pueden generar la formación biofilms en sistemas de distribución de aguas para usos clínicos, industriales y de consumo de la población; el diseño y fabricación de nano bactericidas para la remediación de aguas contaminadas por microorganismos bacterianos capaces de formar biofilms microbianos en los sistemas de distribución, etc.

Y como estos ejemplos mencionados, podrían mencionarse otros muchos en los diferentes campos donde las Nanotecnologías podrían contribuir de forma eficiente y eficaz a un desarrollo sostenible (ver Figura 3).



FIGURA 3. Beneficios del desarrollo y las aplicaciones de las Nanotecnologías: a) nuevas celdas solares, b) nuevos diseños de baterías de energía, c) mejora de la asimilación proteica de alimentos, d) nuevos adhesivos y recubrimientos. (Composición de imágenes libres de Internet)

Sin embargo... en la búsqueda de soluciones a unos problemas a veces se crean otros que implican un atentado a la vida humana, la vida animal y la vida vegetal, creando una crisis ecológica de dramáticas consecuencias.

Debe quedar claro que la conexión entre la exposición a nanopartículas y riesgo a la salud y al medio ambiente está medida por múltiples factores, no solamente los

intrínsecos a los propios nanomateriales y grado de exposición de los trabajadores y los recursos naturales, sino también, y de forma muy importante, las condiciones de infraestructuras, equipamiento de supervisión, instrumentos y vestimenta de protección y los medios de prevención a aquellas exposiciones humanas y ambientales. Un claro ejemplo es el valor del número de Pecllet y el transporte de nanopartículas a través del tracto respiratorio, o el contenido de nanopartículas en el cultivo de cereales debido al uso de insecticidas. Por estas razones y otras muchas que pudieran citarse, es necesario el estudio de los riesgos del desarrollo y aplicaciones de las Nanotecnologías (ver Figura 4).



FIGURA 4. Riesgos del desarrollo y aplicaciones de las Nanotecnologías: a) peligro de acumulación de nanopartículas coalescentes en el cuerpo humano, b) “ser humano biónico”, c) diseño indebido de armas ofensivas, d) enfermedades del tracto respiratorio debido a inhalación de nanopartículas, e) inclusión descontrolada de nanopartículas en alimentos. (Composición de imágenes libres de Internet)

La historia del desarrollo de las tecnologías ha evidenciado que todas ellas han conllevado “riesgos y beneficios” a la vez. Es por ello que se debe analizar esta realidad desde un balance adecuado como valores otorgados a las acciones humanas.

¿Cómo lograr entonces que el desarrollo de las Nanociencias y las Nanotecnologías puedan contribuir a un Desarrollo Sostenible?

### **Desarrollo sostenible/ bioética/ divulgación y formación en nanotecnología**

Cada día aparecen más noticias en periódicos o en la televisión sobre los resultados de las Nanociencias y las Nanotecnologías. Cada vez aparecen más artículos sobre productos nanotecnológicos como puede verse en el sitio web <http://www.nanotechproject.org/> . Cada día mayor número de altos ejecutivos empresariales y políticos mencionan lo atractivo del mercado de productos y servicios basados en Nanotecnologías.

Sin embargo, se desconoce como digerirá la sociedad estos avances de la humanidad. De la misma manera se desconoce si los Estados a nivel mundial están preparados para este avance impetuoso de las Nanotecnologías con las correspondientes políticas sobre la relevancia del tema. La ciudadanía en general debe estar preparada para poder asimilar estos avances científicos y tecnológicos.

Y por esas razones en el marco de un Desarrollo Sostenible y de una concepción Bioética Global, surgen las siguientes preguntas:

- ¿Cómo puede pretenderse la coherencia teórica y práctica con el cumplimiento de los principios de la Bioética para un Desarrollo Sostenible si se desconoce el ámbito de conocimientos, a nivel cultural no especializado, sobre las Nanotecnologías, sus beneficios y sus riesgos a la Vida y el Medio Ambiente?
- ¿Cómo pueden pretenderse valores sociales que conlleven a actitudes frente al bien y el mal si se desconocen los beneficios y los riesgos de las Nanotecnologías?
- ¿Cómo puede pretenderse el paradigma de Ciencia y Tecnología con la Sociedad si de un lado se tiene un colectivo de expertos científicos y tecnólogos en Nanociencias y Nanotecnologías, y del otro lado una sociedad de políticos, empresarios, trabajadores, estudiantes, amas de casa, pensionados y científicos y tecnólogos de otras áreas, “analfabeta” en Nanotecnologías?
- ¿Cómo puede pretenderse que las decisiones tomadas hoy para desarrollar nuevas temáticas de I+D+i en Nanociencias y Nanotecnologías aseguren el Futuro Sostenible de nuestro planeta?

Y la respuesta a todas ellas es una: ¡Es necesario una nanoeducación! Es decir, un proceso adecuadamente concebido de divulgación y formación en Nanociencias y Nanotecnologías.

El ámbito de la divulgación de la ciencia y la tecnología abarca un espectro muy amplio de sectores de la sociedad. Estos sectores van desde los alumnos y estudiantes de los niveles primarios, medios y superiores de educación, pasando por sectores de trabajadores, personas de tercera edad, políticos, empresarios, industriales, etc. incluyendo a colectivos de científicos y tecnólogos no especializados en los temas de ciencia y tecnología que se desea divulgar [10, 11]. En particular el ámbito de la divulgación de las Nanociencias y las Nanotecnologías.

En el ámbito de la formación en Nanociencias y Nanotecnologías ésta se dirige en conocimientos básicos en la enseñanza media a través de contenidos introducidos en asignaturas de ciencias y tecnologías; en conocimientos básicos y avanzados a través de contenidos en asignaturas básicas de los planes de estudio, de asignaturas de libre elección y de asignaturas de la especialidad en los grados universitarios de ciencias e ingeniería; y con carácter de especialización en cursos de grados de Maestría (grados de Máster), y en trabajos de investigación correspondientes a tesis de Maestrías y de Doctorados [10,12]. Además de considerarse la necesidad de formar en Nanotecnologías a docentes de niveles de enseñanza primaria y media.

En este sentido el papel de la Divulgación y la Formación en Nanotecnologías es fungir como puente entre el desarrollo de las Nanociencias y las Nanotecnologías, y la Bioética Global, de manera que los resultados de la Divulgación y la Formación en Nanotecnología brinden el conjunto de criterios de acciones para compaginar el ejercicio de toma libre de decisiones y adopción de opciones por parte de toda la sociedad de cara al futuro de la Vida y el Medio Ambiente donde se desarrolla. Parafraseando a V. R. Potter, establecer un vínculo entre la nanocultura y la cultura integral de la Bioética Global (ver Figura 5).



FIGURA 5. La Divulgación y la Formación en Nanociencias y Nanotecnologías contribuye a incorporar los resultados de las Nanociencias y las Nanotecnologías en los Principios Bioéticos Globales para alcanzar el Desarrollo Sostenible.

## Conclusiones

En el ámbito de una Bioética Global, como fundamento teórico para la puesta en práctica del Desarrollo Sostenible, confluyen en la formación de una cultura científica y tecnológica todos los aportes de muchas y diversas ciencias naturales y exactas, así como sus tecnologías derivadas, para el aseguramiento de una buena calidad de vida humana, animal, vegetal y el cuidado del medio ambiente donde se desarrollan.

Debido al carácter emergente y convergente de las Nanotecnologías, éstas constituyen un eslabón muy importante en la cadena interactiva del conjunto de las ciencias y las tecnologías que hacen sus aportaciones al objeto de estudio de la Bioética Global para un Desarrollo Sostenible de nuestro planeta.

La Divulgación y la Formación en Nanotecnología es un puente necesario que asegura el vínculo entre las Nanociencias y las Nanotecnologías, y el objeto de estudio de la Bioética Global como base del Desarrollo Sostenible. Este puente que brinda la Divulgación y la Formación en Nanotecnología no es más que la creación de una nanocultura en forma de conocimientos (especializados o no especializados), habilidades, valores y actitudes tanto entre científicos y tecnólogos dedicados a las Nanotecnologías, como entre los demás miembros de la Sociedad.

Una cultura social en Nanotecnologías sin lugar a duda **CONTRIBUIRÁ A LOGRAR UN MUNDO MEJOR.**

## Referencias

- [1] Desarrollo Sostenible. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.  
<http://www.unesco.org/es/higher-education/reform/sustainable-development>
- [2] Mario E. Dorta Polier. Bioética, reflexiones desde una perspectiva del desarrollo sostenible en el siglo XXI.  
<http://www.monografias.com/trabajos88/bioetica-reflexiones-perspectiva-desarrollo/bioetica-reflexiones-perspectiva-desarrollo.shtml>
- [3] Joaquín Darío Tutor Sánchez. DIVULGACIÓN Y FORMACIÓN EN NANOTECNOLOGÍA: UN PUENTE HACIA LA BIOÉTICA. Escritos / Medellín - Colombia / [Vol. 24, N. 53 / pp. 483-506 \(2016\)](#).
- [4] Informe Brundtland de 1987. Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas.

- <https://es.scribd.com/doc/105305734/ONU-Informe-Brundtland-Ago-1987-Informe-de-la-Comision-Mundial-sobre-Medio-Ambiente-y-Desarrollo>
- [5] Educadores por la sostenibilidad. Boletín N° 83, 24 de octubre de 2012 Organización de Estados Iberoamericanos.  
<http://www.oei.es/decada/boletin083.php>
- [6] La Carta de la Tierra. UNESCO. 2000.  
[http://www.revistaeducacion.mec.es/re2009/re2009\\_11.pdf](http://www.revistaeducacion.mec.es/re2009/re2009_11.pdf)
- [7] V. R. Potter, “Bioethics: Bridge to the Future”. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall Pub., 1971. ISBN: 0130765139.
- [8] Francisco, Sumo Pontífice de la Iglesia Católica. “LAUDATO SI”. Carta Encíclica. 24 de Mayo de 2015. 1–191. 20 abr. 2016.  
<http://www.javeriana.edu.co/documents/15832/5510469/laudato+si.pdf>.
- [9] La investigación en nanotecnología puede contribuir al desarrollo sostenible. Bionoticias.  
<http://www.madrimasd.org/informacionIDI/noticias/noticia.asp?id=20215>
- [10] Joaquin D. Tutor. y Noboru Takeuchi. ¿Por qué es necesaria la divulgación y la formación en nanotecnología? MOMENTO No. 51 (2015) p. 45 – 58 (2016).
- [11] Joaquin D. Tutor. “La Divulgación de la Nanociencia y la Nanotecnología: Unidad y Diversidad”. MOMENTO No. 51E p.1-16 (2016).
- [12] Joaquin D. Tutor. “Formación en nanotecnologías en educación universitaria de grado y postgrado. Algunas experiencias iberoamericanas” MOMENTO, Revista de Física. Numero 54E p. 1-16 (2017).