

EL MUNDO “NANO” DE ECUADOR, ¿CÓMO DE GRANDE ES?

“NANO” WORLD IN ECUADOR, HOW BIG IS IT?

José L. Gutiérrez-Coronado

Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de Química-Física Aplicada, España.

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

Resumen

El estado actual de la nanotecnología y todas sus áreas relacionadas es uno de los de más relevancia por su importancia para conocer su desarrollo científico en las diferentes disciplinas científicas y/o como futuros desarrollos tecnológicos. En Latinoamérica (LA) el aumento de las publicaciones científicas, la asociación de redes y una mayor presencia de inventores son algunos de los rasgos que evidencian el crecimiento de esta área “nano”. En este escenario este trabajo intenta poner en relieve, de las diferentes acepciones “nano” que se dan como líneas científicas en Ecuador, cuál es la tendencia general que se observa en sus actividades de investigación (56 universidades) y se compararán con los países del entorno, dándose algunas conclusiones generales. En general en Ecuador, en los últimos 4 años hay un fuerte crecimiento en las publicaciones de impacto, pero la mitad de ellos no son citados y solo algo más de la mitad lo son fuera del país. Por otro lado, como ejemplo a seguir en cuanto a patentes, Costa Rica presenta un referente por su rápido auge y empuje. Finalmente, el volumen de trabajos de grado se muestra pobre en relación con la producción total (1/4).

Palabras Clave: Nanociencias, nanotecnología, Ecuador, publicaciones, patentes, rankings.

Abstract

The state-of-the-art of nanotechnology and all its related areas is one of the most important due to its importance to know its scientific development in the different scientific disciplines and/or as future technological developments. In Latin America

(LA) the increase in scientific publications, the association of networks and a greater presence of inventors are some of the features that show the growth of this "nano" area. In this scenario, this work tries to highlight, from the different "nano" meanings that are given as scientific lines in Ecuador, which is the general tendency observed in its research activities (56 universities) and will be compared with the countries of the environment, giving some general conclusions. In general, in Ecuador, in the last 4 years there has been a strong growth in impact publications but half of them are not mentioned and only slightly more than half are outside the country. On the other hand, as an example to follow in terms of patents, Costa Rica presents a benchmark for its rapid growth and momentum. Finally, the volume of graduate work is poor in relation to total production (1/4).

Keywords: Nanosciences, Ecuador, publications, patents, rankings.

Introducción

El prefijo “nano” está siendo utilizado como uno de los más emergentes en las últimas décadas y se asocia con multitud de campos con nombres comunes en ciencia y tecnología, por ejemplo, nanomateriales, nanopartículas nanoclústeres, nanohíbridos y nanotoxicidad excepcionalmente, etc. Hoy día todo el mundo no científico reconoce su importancia, aunque su divulgación empieza a ser emergente. Es por ello que el análisis del estado actual de la disciplina (state of art) es uno de los que más relevancia tiene para conocer su importancia en los países que desarrollan las diferentes disciplinas científicas y/o futuros desarrollos tecnológicos en estos. Es claro que su mayor o menor desarrollo depende en gran medida de las políticas que sigue cada país considerándolas como estratégicas, o no, además de dejar de ser meros espectadores de esta “nueva revolución industrial.”.

En Latinoamérica (LA) [1] el aumento de las publicaciones científicas de nivel internacional, la generación y consolidación de redes entre los países de la región son algunos de los rasgos que evidencian el crecimiento de estas áreas “nano”. Pero también, aunque existe una mayor presencia de inventores iberoamericanos, los titulares de patentes o solicitudes de las mismas están muy lejos de la de los países más industrializados. Esto da cuenta por un lado, de las capacidades de investigación pero por otro, de la deficiencia para que estas mismas finalicen en recursos industriales dentro del tejido empresarial e industrial.

En Ecuador aún hay dos visiones contrapuestas basadas en dos opiniones [2]: a) “aún falta reforzar las bases educativas de las ciencias” y b) “Hay que impulsar este campo con la investigación”, pero obviamente una va antes que la otra.

En este escenario el presente trabajo intenta poner en relieve, las diferentes acepciones “nano”, que se dan como líneas científicas en Ecuador, cuál es la tendencia general que se observa indagando sobre las actividades de investigación que se realizan en sus 56 universidades. En este sentido se compararán con el desarrollo de esta fascinante disciplina con los países del entorno y se darán algunas conclusiones generales.

Metodología

Se consideraron para el análisis de las diferentes universidades de Ecuador tres fuentes bibliográficas: ISI-WOK [3] y SJR-SCOPUS [4] para artículos de investigación y los diferentes repositorios DSPACE [5] para trabajos de grado, de maestría y otros. Para el análisis de patentes se consideró la información recogida en tres organismos: la Oficina de Patentes y Marcas Registradas de Estados Unidos de América (USPTO), la Oficina Europea de Patentes (EPO) y la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO).

Se consideraron en el estudio 4 países de LA dentro del período temporal de políticas públicas en favor de las nanotecnologías o inclusión como área prioritaria en sus planes de desarrollo [6]. Estos fueron Perú (2006), Colombia (2004), Costa Rica (2004) y Ecuador (2005) que se considerarán como grupo próximo (GP). Este grupo a su vez se comparó con un grupo de países de referencia (GR) que fueron Brasil (2000), México (2001), Argentina (2003) y Colombia, este último como enlace.

Para las búsquedas DSPACE se tomaron dos años (2016-2017), utilizando en la semántica del buscador [7] la palabra clave “nano*”. No se consideraron, para evitar sesgos a efectos estadísticos, los trabajos DSPACE en la base de datos SENESCYT, ya que dichos trabajos no son fidedignos con la actuación propiamente dicha de las universidades al corresponder a programas externos vía PROMETEO [8] o estudios fuera del país. No se encontraron datos, en relación con el área de estudio aquí tratado, en la base de datos de dos universidades (YACHAYTECH e IKIAM) ya que son nuevas con un periodo de funcionamiento menor del necesario para generar dichos trabajos. En una de las universidades (UTE) no hubo tal posibilidad por tener fuera de servicio dicho repositorio.

Resultados y Discusión

Es importante definir el término nanotecnología, como sucedáneo del de nanociencia, pues esto permitirá diferenciar, de los diferentes trabajos, cuáles corresponden a este campo en concreto. Para ello se tomaron las definiciones de la Iniciativa Nacional de Nanotecnología de Estados Unidos de América (NNI) más precisa y la de la comisión de la Unión Europea (EU) más cómoda [9].

Producción de publicaciones científicas internacionales

En la figura 1 se observa que para Ecuador la escala normalizada a uno, en cuanto a la prioridad nacional [10], hay una fuerte priorización en los inicios de la primera quincena del 2000 y llega a ser casi la mitad en los dos años siguientes. Es importante resaltar que aun siendo alta esta priorización, comparable a Colombia para GP, es el país con la cota más baja de GR (ver incrustado de la figura 1). De este grupo México es el que más fuerte inversión tiene referida a prioridad nacional.

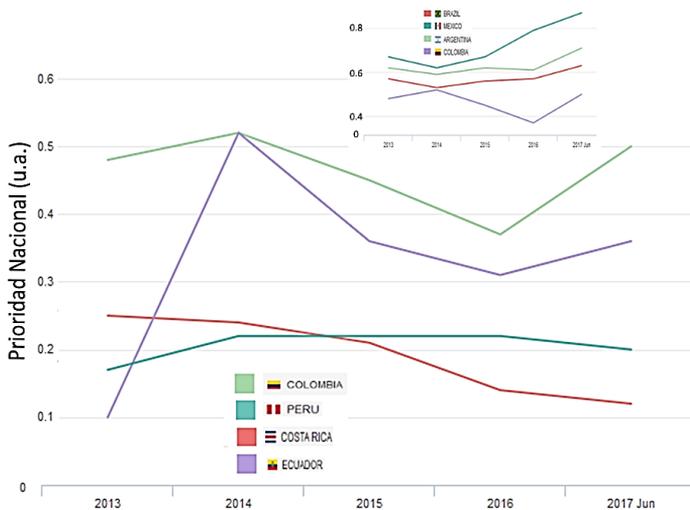


FIGURA 1. Escala normalizada de la prioridad Nacional en nanociencia para el quinquenio 2013-17 para GP. En la gráfica incrustada aparecen las de GR Fuente ISI-WOK.

Si se analizan las colaboraciones internacionales en el área de estudio (figura 2) observamos que Ecuador tiene una fuerte dependencia que es comparable a Perú en su grupo (GP) aunque más fluctuante. Esta

fluctuación podría tener que ver con la baja permanencia de investigadores, tanto como personal como por financiación, en los proyectos que se desarrollan. Es importante señalar que el efecto de este parámetro de colaboración es inverso a la necesidad del país en su investigación intrínseca, es decir a mayor porcentaje menor independencia en desarrollo investigador. Es por esta razón que Brasil en el GR es la que mayor autosuficiencia investigadora tiene en esta área y en los países del entorno (figura 2, incrustado 1). Igualmente puede decirse que en Ecuador esta tendencia se viene produciendo a lo largo de la última década, por lo que no obedece a razones de cambios políticos o más bien como consecuencia de deficiencias en dichas políticas de investigación. (figura 2, incrustado 2).

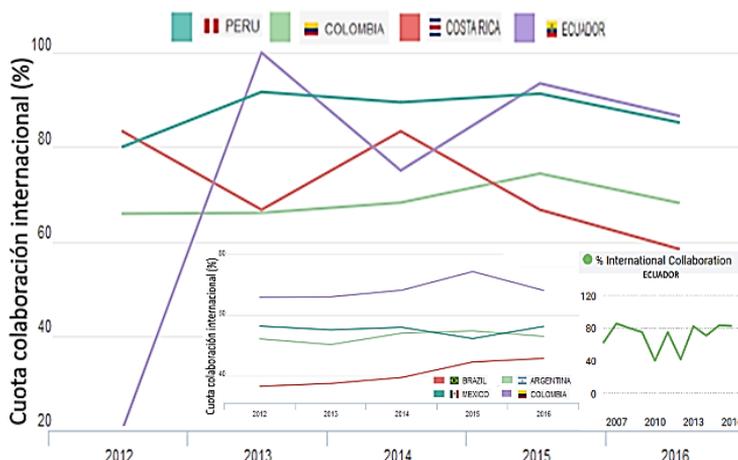


FIGURA 2. Cuotas de colaboración internacional en el quinquenio 2013-17 para GP y GR, fuente ISI-WOK (incrustado 1); y en el periodo 2007-2016 solo para Ecuador, fuente SJR-SCOPUS (incrustado 2).

Si atendemos ahora a las publicaciones propiamente como resultados de investigación (figura 3) y a cómo son citados (figura 4), observamos que dentro de GP pueden diferenciarse dos grupos. Ecuador tiene una clara tendencia al alza. El índice h se define como el número de h artículos que han recibido al menos h citas, por lo tanto, cuanto más bajo es, más probable es mostrar tendencia al alza o estabilizarse (caso de Costa Rica). Es notorio el descenso paulatino de este índice que muestran los países de GR en consonancia con GP y que puede estar relacionado con el menor aumento relativo de las publicaciones indexadas en el trienio 2014-2016.

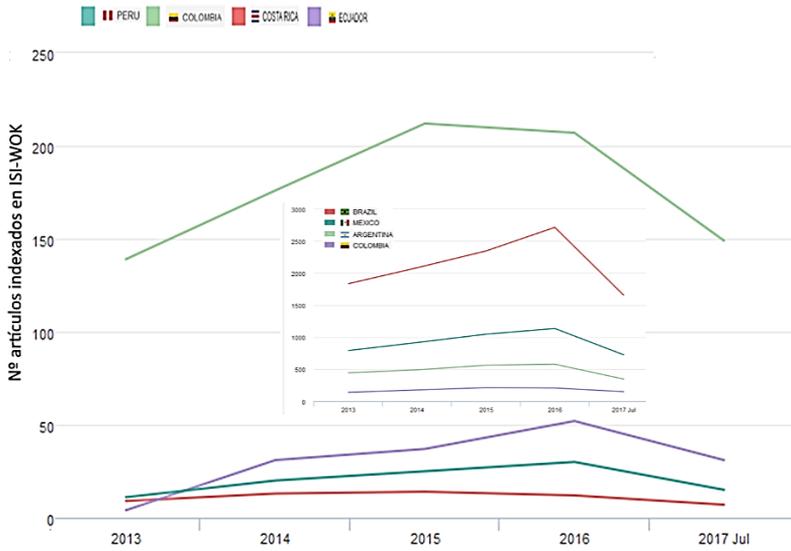


FIGURA 3. Artículos publicados indexados en ISI-WOK en el quinquenio 2013-2017 para GP y (incrustado) GR. Fuente ISI-WOK.

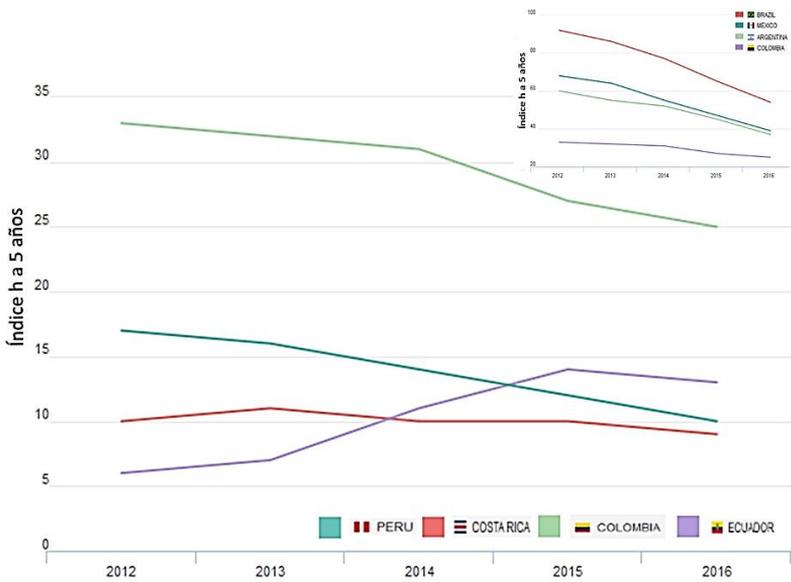


FIGURA 4. Índice h en el cuatrienio 2012-16 para GP y (incrustado) GR. Fuente ISI-WOK.

Si queremos analizar este índice h de citación frente las citas de un determinado documento como promedio de citaciones por documento en un periodo de n años, de 1-4 (relación de citaciones recibidas por revista en un determinado año a los publicados en los n años precedentes), puede establecerse como se distribuyen esas citaciones con respecto a las publicaciones que generan (figura 5). Cuanto mayor es del índice h y mayor son las citas por documento mayor relevancia científica tendrá el país. Tómese como referencia a USA que está más hacia la derecha y arriba en la gráfica de todo el mundo (figura 5, incrustado). Si analizamos esta influencia en GP y GR puede establecerse que Costa Rica y Perú, en ese orden, aunque presentan pocos documentos totales su distribución respecto de las citaciones que recibe, son de las mejores del grupo (más a la derecha).

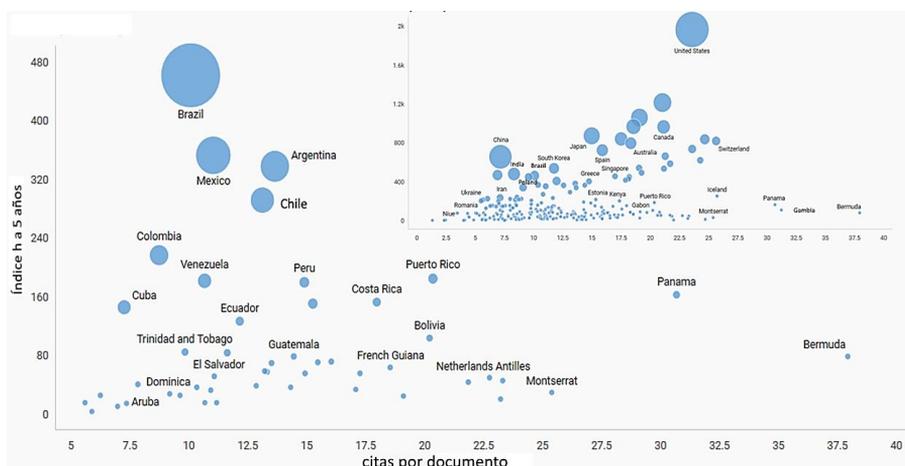


FIGURA 5. Índice h respecto a las citas por documento para los países de Latinoamérica y (incrustado) de todo el mundo. El círculo hace referencia a los documentos totales generados por el país. Fuente SJ(C)R-SCOPUS.

Un análisis pormenorizado de las áreas temáticas involucradas en países de LA de la figura 5 indica que de las 27 áreas excluyendo las que no están relacionadas directamente con el área bajo estudio, solo cinco, ciencia de materiales, medicina, agricultura y ciencias biológicas, ingeniería; y bioquímica, genética y biológica molecular tienen un crecimiento importante y directa o indirectamente relacionadas con las nanociencias y nanotecnologías (figura 6).

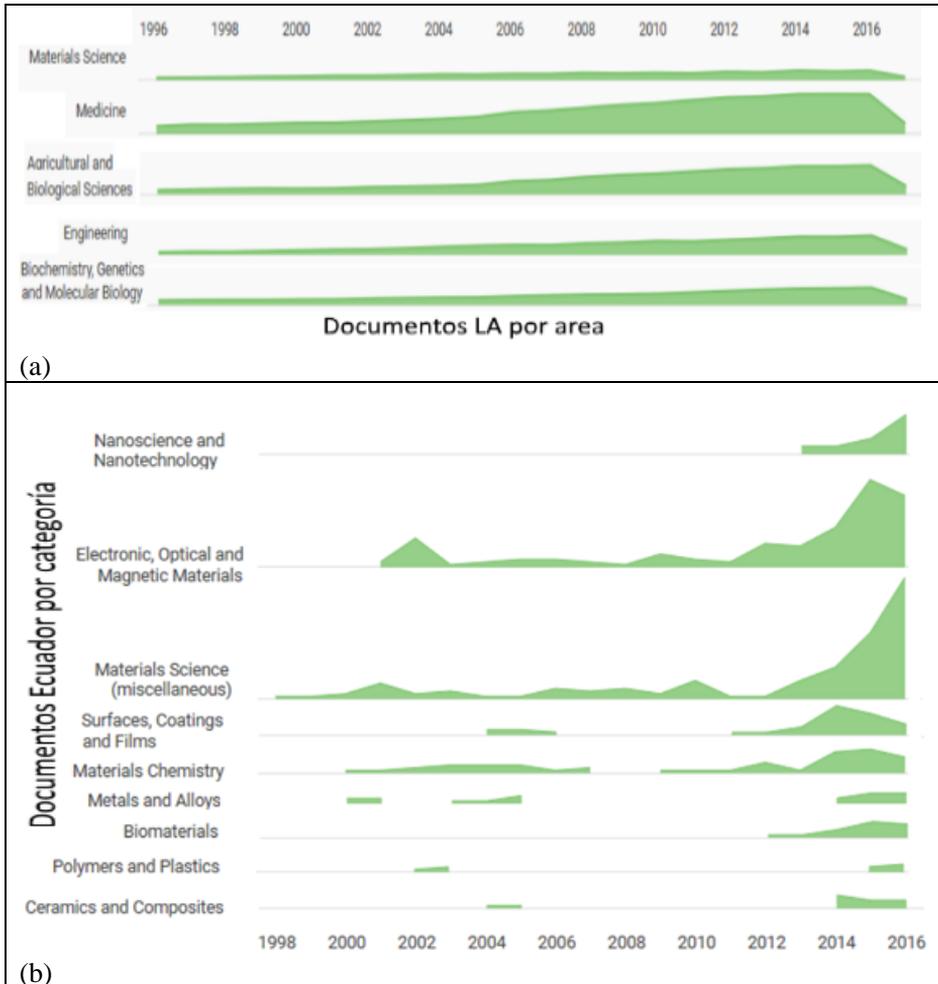


FIGURA 6. Distribución de documentos publicados para (a) LA por área y (b) Ecuador por categoría. La suma de área en verde corresponde al número de publicaciones generados por la región o país, respectivamente.

Para Ecuador (figura 6b) las categorías más relevantes por número de documentos (8) fueron ciencia de materiales (2), superficies, recubrimientos y películas, química de materiales, metales y aleaciones, biomateriales, polímeros y plásticos, y materiales compuestos y cerámicos en ese orden de prelación. Mención aparte es el de nanociencia y nanotecnología, pues tiene un auge en el bienio de 2014-16.

Para ver cómo ha sido la evolución en Ecuador dentro de LA y en el mundo la siguiente figura 7 muestra las relaciones bibliográficas de los documentos citables/no citables (a) donde se puede observar que los no citables son residuales pues las editoriales intentan cribar aquellos que no tienen posibilidad de ser citados/no citados (b), dentro de los citables están las citas externas y autocitas (c), donde se hace referencia a las citas de otros fuera del país y dentro respectivamente.

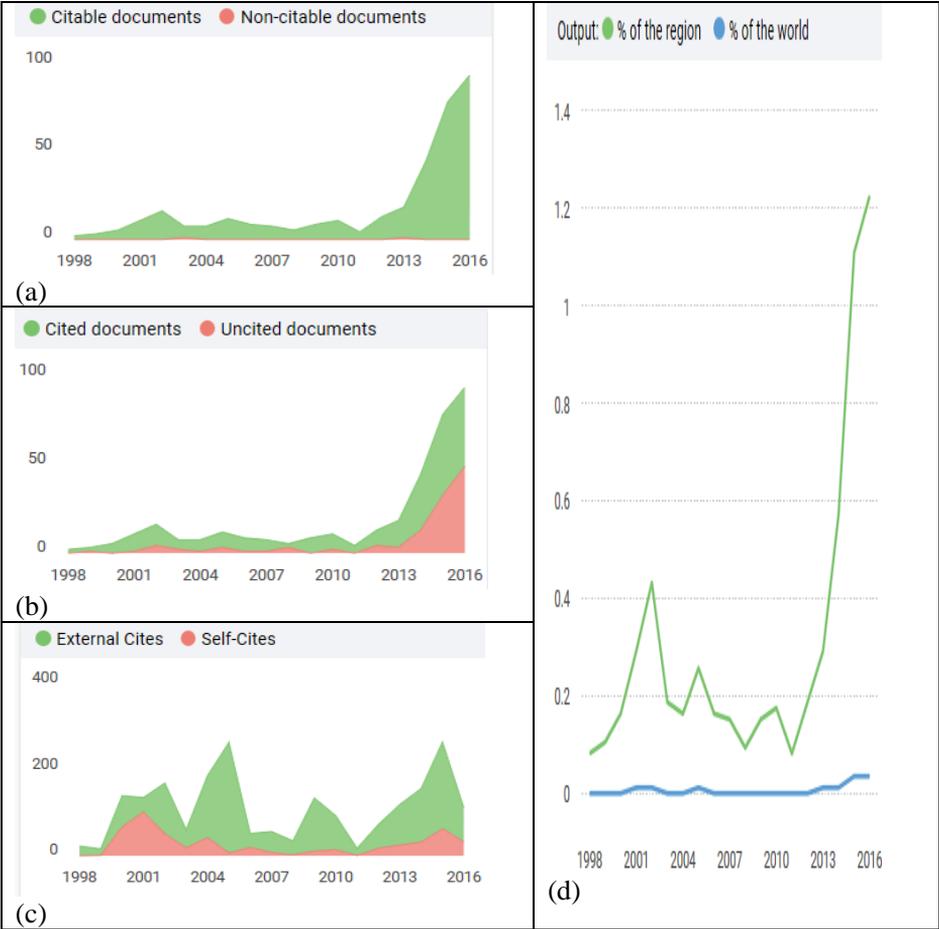


FIGURA 7. Distribuciones de documentos por tipo de citas en Ecuador (a-c) y porcentajes totales en comparación a los países del entorno (LA) y al mundo (d)

Puede observarse un fuerte aumento de los citables en el último cuatrienio, cuyo porcentaje relativo a la zona de LA es del triple (figura 7d) pero también es cierto que la mitad de ellos no son citados (figura 7b) y dos tercios de ellos son citados externamente (figura 7c).

Análisis de patentes

Para poder comparar la progresión en el número de patentes hay que tener en cuenta que la latencia entre las solicitudes y las concesiones es mucho más larga que para las publicaciones científicas, por razones obvias concernientes a su ciclo de vida. En la figura 8 se muestran estos datos y puede observarse que dicha latencia es más larga para EPO (~2 años) que para USPTO (~1 año). Por otra parte, solo Colombia y Costa Rica presentan valores para GP, y es llamativo este segundo país pues demuestra una fuerte evolución y podría tomarse como ejemplo en el Ecuador por su proximidad en cuanto a las orlas temporales de las políticas públicas ya indicadas [6] y por sus similitudes económicas como país de medianos-pequeños ingresos.

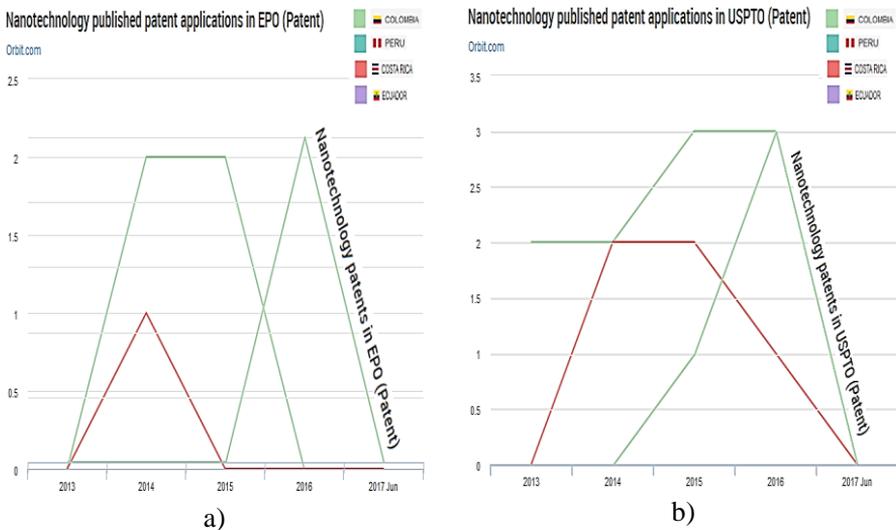
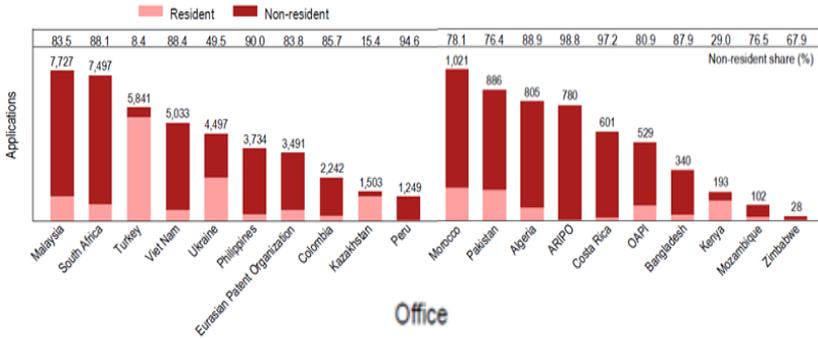


FIGURA 8. Número de patentes concedidas y solicitadas para GP tomando como registros (a) EPO y (b) USPTO. Fuente orbit.com.

Si analizamos un organismo menos regionalista que los dos anteriormente considerados y por tanto más escrutador en cuanto a la disponibilidad de datos en oficinas de patentes a nivel mundial por país (figura 9a-b), es llamativo que Perú en GP aparece mejor posicionado que Costa Rica y aunque en este último

Patent applications for offices of selected low- and middle-income countries, 2015



Patent grants for offices of selected low- and middle-income countries, 2015

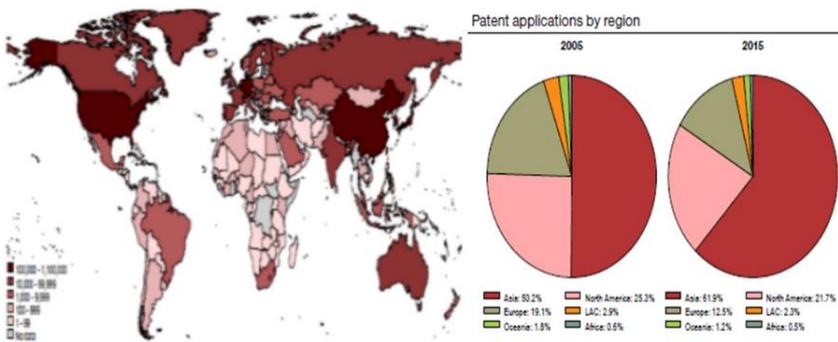
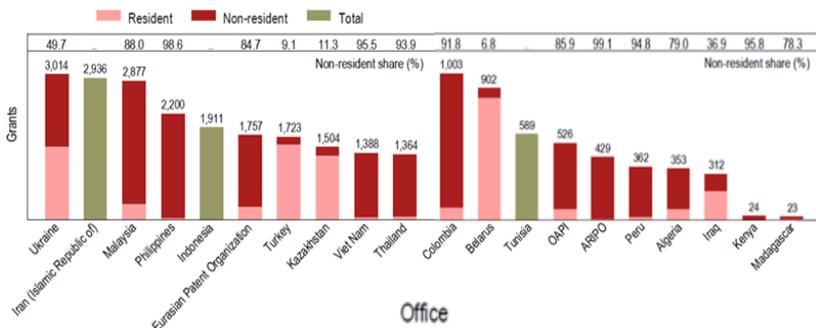


FIGURA 9. Relaciones, para las patentes solicitadas (a) o concedidas (b), entre entidades residentes y no residentes. Distribución geográfica y en sectores de las patentes solicitadas en el mundo Fuente: indicadores WIPO 2016.

país no aparecen porcentajes de concesiones eso es debido al periodo de latencia antes comentado y aquí no cuantificable. En cualquier caso, este tipo de patentes corresponden a entidades no residentes. Por otra parte, a nivel de LA (figura 9c), puede verse que las patentes solicitadas han disminuido ligeramente en la década de 2005-15. Como una observación de carácter general puede decirse que Asia tiene una fuerte progresión en este periodo en cuanto a estas solicitudes, razón por la cual suele decirse que el eje económico mundial ha pasado del Atlántico al Pacífico y en consonancia con la fuerte disminución de Europa. Como último testigo de la incidencia en Ecuador de las patentes (figura 10) puede indicarse que si uno observa las solicitudes, hasta 2010 existe una amplia participación de inventores o descubridores extranjeros (non resident), después del cual ya no aparece ninguna. Esto puede tener que ver con el Decreto presidencial 118 y su legislación en materia de patentes de interés público y licencias obligatorias de patentes farmacéuticas [11]. Puede inferirse de las patentes concedidas que existe una latencia de 2 años aprox. entre la concesión y la solicitud. También es reseñable que las patentes concedidas fueron aprobadas por oficinas extranjeras (abroad).

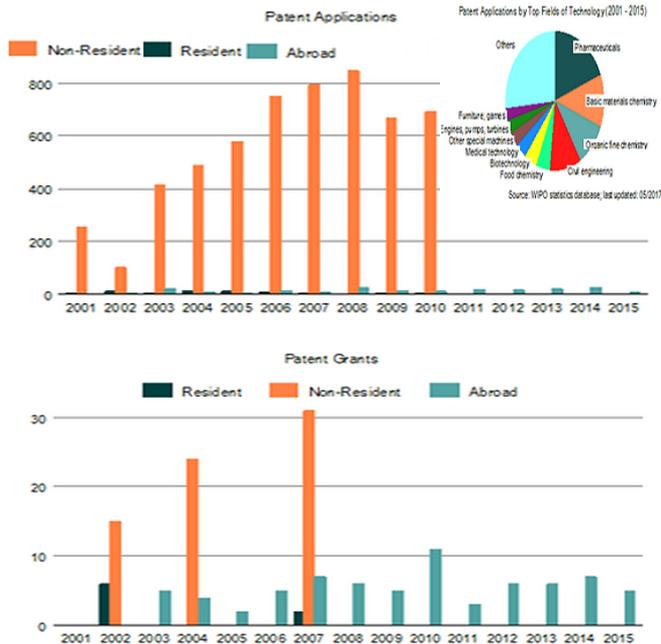


FIGURA 10. Número de patentes solicitadas (a) y concedidas (b) en las oficinas de Ecuador para el quinquagenario de 2001-15. Fuente: indicadores WIPO 2016.

Difusión de trabajos científicos propios

En este apartado se analizarán los trabajos de publicación propios de las universidades en el ámbito de trabajos de grado, maestrías y otros no pertenecientes a los de la sección *producción de publicaciones científicas internacionales*, como pueden ser revisiones bibliográficas, publicaciones LATININDEX, etc. pero no congresos.

De las 56 universidades del país algo más de una decena muestran actividad en el área “nano” considerada, esto supone 25%. Del resto, sin contar las de humanidades y sociales (15) que suponen el 27%, no tienen actividad en el área en cuestión (casi el 50%). Ese 25% efectivo desarrolla su actividad en diferentes áreas como puede verse en la siguiente TABLA 1.

TABLA 1. *Difusión de trabajos científicos propios de las 13 universidades ecuatorianas (área “nano”), en un total de 56.*

Universidad (Número de trabajos totales)		
Facultades o Centros (Número de trabajos)		
EPN (53): <ul style="list-style-type: none"> • Ga. y Petróleos (2) • Fa. (5,1*) • Ing. Qa. Y Agro.(37) • Ing. Civ. y Amb.(5) • Ing. Mec.(3,2†) • Ing. Electron. y Teleco.(1) UCE (26): <ul style="list-style-type: none"> • Qa.(2) • Qa. Farm.(2) • <i>Odont.</i>(22) UDLA (12): <ul style="list-style-type: none"> • <i>Odont.</i>(7,1†) • Negocios internac.(1) • Ing. Agro. y Alim.(1) • Ing. Biotec.(3) ESPOCH (11): <ul style="list-style-type: none"> • Biofa.(4,1†) • Ing. Biotec. Amb.(7) 	ESPE (8): <ul style="list-style-type: none"> • Ing. Ener. y Mec.(3) • Ing. Geo. y MA.(1) • Ing. Biotec.(2) • Ing. Electron. y Teleco.(1) • Ing. Civ. (1) • CENCINAT (1†,22*) USFQ (7): <ul style="list-style-type: none"> • Ing. Mec. (2) • Fa.(1) • <i>Odont.</i>(4) ESPOL (6): <ul style="list-style-type: none"> • Ing. Mec. y C. Producción (6) PUCE (5): <ul style="list-style-type: none"> • Qa.(4, 2†) • <i>Ba.</i>(1) UTN(5): <ul style="list-style-type: none"> • Ing. Textil (5) • Ing. C.Apli. (1†) 	UTA(4): <ul style="list-style-type: none"> • Ing. Civ. y Mec.(2) • C. e Ing. Alimen.(2) UCUENCA (3): <ul style="list-style-type: none"> • <i>Odont.</i>(3) • CEA(3†) UTPL (3): <ul style="list-style-type: none"> • Ing. Qa.(2) • Ing. Civ.(1) UG(2): <ul style="list-style-type: none"> • <i>Odont.</i>(1) • C. Agraria(1) UPS(0): <ul style="list-style-type: none"> • CIVABI(1†) En el extranjero* (6)
Universidad sin actividad “nano”: ESPAM, UNACH, UEA, UEB, UAGRARIA, YACHAYTECH (ver texto), UNIANDES, UEES, UCSG, UNEMI, UNESUM, UTELVT, UTM, UIDE, UTI, UAZUAY, UPSE, UCACUE, UTE (ver texto) , UISEK, ULEAM, UNL,		

IKIAM (ver texto), UTB, UTC, UTMACHALA y UTEQ.

Universidades de humanidades y sociales: UARTES, UMET, ULVR, UNIBE, ECOTEC, UPEC, UOTAVALO, UHEMISFERIOS, UDET, CASAGRANDE, UPEC, UISRAEL, UTEG, SANGREGORIO y UNAE.

(*) Vía SENESCYT (ver texto). (†) otros (ver texto). En **negrita** área de MEDIO, en *cursiva* área de SALUD y *s/efectos* área de TECNOLOGÍA (ver texto).

Con el fin de obtener un ranking de las 13 universidades con capacidad en nanociencia y nanotecnología se agruparon, en función de los trabajos de cada facultad o centro, en tres grupos diferenciales: medio (relacionado con medioambiente y afines), salud y tecnología. Solo se consideraron los trabajos de grado y maestrías. Este ranking puede establecerse de la figura 11a-b.

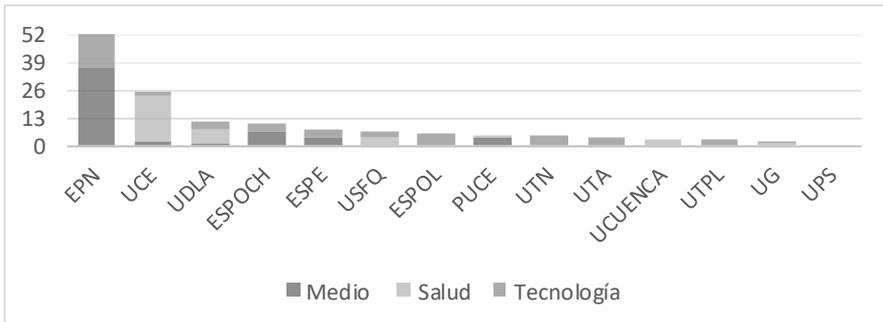
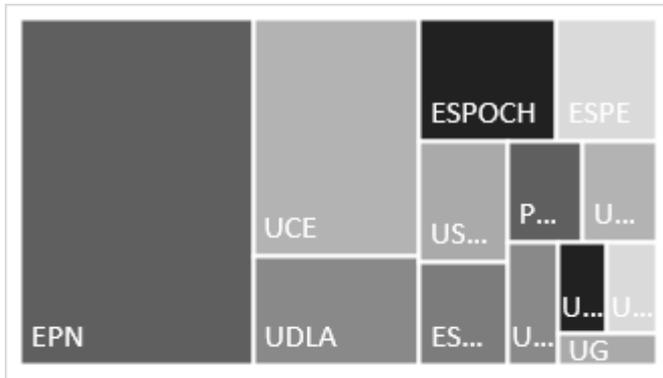


FIGURA 11. Ranking de las 13 universidades con calidad “nano” por el número total de trabajos propios (a) y su distribución por las tres áreas consideradas: medio salud y tecnología.

Conclusiones

- La prioridad nacional inicial en Ecuador debe verse reforzada por la inercia (publicaciones) y la latencia (patentes) con otros organismos paralelos a la universidad (spin-off, capital privado y apoyo multidisciplinar).
- Los índices de publicaciones considerados muestran un fuerte incremento en los últimos 4 años. Sin embargo, la mitad de ellos no son citados, aunque de los citados un amplio margen lo son fuera del país.
- Las patentes de índole nanotecnológicas son un valor seguro. Se puede tomar como ejemplo en Latinoamérica a Costa Rica por su rápido auge y empuje, como hemos visto.
- El acceso a la información y a sus fuentes, en Ecuador, no son lo suficientemente transparentes. En investigación la información que no puede reconocerse o buscarse no existe. Debe ser una exigencia la facilidad a su acceso por lo comentado en el 1er. punto.
- Inherente al alma mater de las universidades ecuatorianas es la producción de tesis de grado, ya no por necesidad del futuro graduado sino por la fuente de futuras investigaciones para la propia universidad. Se ha mostrado que solo una cuarta parte de los trabajos producidos se refieren al área “nano”.
- El área “nano” considerado como SALUD es fuertemente endogámico a las disciplinas odontológicas. Sin embargo, en esa área es susceptible a la nanotoxicología con materiales ya desarrollados en el país. Por otra parte, el más extendido entre las universidades es el considerado como TECNOLOGÍA y por el contrario el de MEDIO es el que presenta una fuerte asimetría.

Agradecimientos

Agradezco a MFPP representante de NANODYF en Ecuador por asumir los gastos generados y facilitar la participación en la ponencia dentro de la “Semana de la Nanociencia y Nanotecnología”, base del presente artículo.

Referencias

- [1] Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad, La nanotecnología en Iberoamérica. Situación actual y tendencias, Documento de trabajo N° 4., (Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI., 2011), ISBN: 978-84-7666-221-2.
- [2] “La nanotecnología no logra salir de las aulas de los centros del país” en el diario “El Comercio” de 8 de noviembre de 2015., Sección tendencias,

tecnología: <http://www.elcomercio.com/tendencias/nanotecnologia-ecuador-universidad-educacion-superior.html>.

- [3] Colección de información sobre nanotecnología internacional and regional clasificaciones de países e instituciones en el campo de la nanotecnología basado en varios indicadores de 2017. <http://statnano.com/>. Consultada el 21 de agosto de 2017.
- [4] SCImago Journal & Country Rank (SJR) es un portal público que incluye indicadores de revistas científicas relacionadas a países en SCOPUS (Elsevier B.V.). <http://www.scimagojr.com/countryrank.php>. Consultada el 21 de agosto de 2017.
- [5] Dos buscadores donde se encuentran las bases de datos DSPACE de las universidades ecuatorianas fueron utilizadas:(a) COBUEC con 36 universidades y una institución pública (SENESCYT): <http://www.bibliotecasdeecuador.com/cobuec>; y (b) RRAAE con 33 universidades y 2 instituciones públicas (SENESCYT e IAEN). En su defecto para el resto de las universidades no incluidas en esos repositorios se accedió directamente al portal web de la propia universidad Consultadas el 21 de agosto de 2017.
- [6] G.Foladori; Políticas públicas en nanotecnología en América Latina; Revista Problemas del Desarrollo, 186 (47), julio-septiembre 2016. (Cuadro 1).
- [7] Toda la documentación relativa a instalación y uso de repositorios DSPACE, <https://wiki.duraspace.org/display/DSDOC/All+Documentation>. Consultadas el 21 de agosto de 2017.
- [8] El proyecto Prometeo busca la vinculación de investigadores extranjeros o con formación en el extranjero para el desarrollo de proyectos propios en conjunto con su institución de acogida.
- [9] La definición de la NNI es “el conocimiento y el control de la materia en dimensiones entre aproximadamente 1-100 nm, donde los fenómenos únicos permiten novedosas aplicaciones” y la de la EU es “la ciencia y tecnología a escala nanométrica de los átomos y moléculas, y a los principios científicos y nuevas propiedades que pueden ser comprendidas y controladas cuando se interviene a dicha escala”.
- [10] Proporción del número total de artículos de un país en el área “nano” en proporción a los artículos totales del país en el mismo período.
- [11] Manuel Fernández de Córdoba V. “Las licencias obligatorias de patentes en el Ecuador. Una breve referencia al caso de los medicamentos y al decreto presidencial 118”, *Iuris dictio*, Año 13. Vol 1, 205-220 (5 enero-junio 2013).