

Innovaciencia

Año 3. Volumen 3. Número 1. Revista. Enero - Diciembre 2015. ISSN: 2346-075X



**Universidad
de Santander**
UDES



EDITORIAL

A world without statistics?

As a practicing statistician, we frequently are asked questions like: What is the role of statistics in our daily life? Why do we need statistics? What would the world be without statistics? Here are some of my thoughts on these and related matters.

Statistics is an ancient tool which has been useful in solving problems of interest and understanding the world we live in. Until recently, say 60 years ago, in Latin America there was the wrong perception that statistics was an exoteric field that did not relate well to the needs of our society. Also, it was incorrectly thought that statistics was a branch of mathematics of interest only to people in academia. Fortunately, the perception is changing. These days, we find more and more people interested on how and where one could use statistics to the advantage of government, business, sciences, and day to day affairs. Careers and training in statistics are becoming more common in our universities, and statisticians are beginning to play an important role in our society.

Statistics derives its power from the positive impact that it can have when it interacts with other fields like science, business, government, services, and research in general. There are numerous well documented reports for the interdisciplinary added value due to the use of statistics. The reports are on a wide range of applications from Physics (see, Mahon, B. "How Science Got Statistics", Significance, June 2015) to improving the quality of beer (see, https://en.wikipedia.org/wiki/William_Sealy_Gosset). For a very interesting collection of applications in México, see <http://www.mundoestadisticacimat.mx/videos>.

In principle the idea is to use statistics to make decisions based on uncertainty and limited information. The first hurdle to overcome is to agree to the concept that basically there are no predictable or repeatable processes. That variability is inherent on whatever we observe, measure, or manufacture. Also, to understand that it is unrealistic to expect a complete control of variability, if at all possible, at a reasonable cost. In making decisions under uncertainty there are important considerations: The risk in simplistic terms is function of the probability that the decision is incorrect and the cost due to the incorrect decision. If the risk is too high, it might be the case that we should not assume the risk or take action to decrease the probability or cost (or both) of an incorrect decision. Related, suppose that there is a business decision which carries minor lasting economic repercussions in case of failure, other than the cost of implementing it, but with great competitive advantages if it succeeds. The business opportunity is a function of the probability of a successful decision and the benefits derived from this decision. If the investment to try the new venture is

low as compared to potential business opportunity, why not try? In either case, getting a good estimate of the probability of an incorrect (or correct) decision is in the realm of work where good statistics combined with subject matter is paramount.

Interestingly, statistics thrives in moments of crisis. The need of quick response or understanding of undesirable events has shown the important role of statistics in those decision making situations. A few documented cases that come to mind are: the important work of statisticians in breaking the Enigma code and the developing of the A-bomb during World War II, the role of statistics in understanding the problem and finding adequate treatments for HIV patients since this epidemiologic crisis emerged in the 1980s, understanding the root cause for the Space Shuttle Challenger disaster in 1986, and the work of statisticians in the non-destructive evaluation area caused by the current terrorist attacks. Of course, all these examples are high end applications, but statistics is being used today for more mundane purposes like: what is the remaining life of the battery of a pacemaker that a patient has worn for a certain period of time or how to identify those students in their first college year with the highest probability of abandoning their college education. Another important trait of statistics is its evolving nature. It is a field in the making in the sense that the field is driven by change and innovations (i.e., the discipline grows due to the needs of new problems to solve).

We have the challenge and opportunity of forging and building statistical curricula that is useful for our future graduates. Where should we start? This is subject to debate. I am of the opinion that it should be started at the high school level at the latest, but by all means all college students should be exposed to some type of statistics education. Not everybody needs to be a practicing statistician, but at the very minimum, individuals in decision making positions should know when to use statistics or when to bring in statisticians into the decision making process.

Paraphrasing A. Gelman, what would be "A world without statistics?" Well, the world most likely would have not disappeared, but we would not understand it so well, it would not be as comfortable, and the quality of life would not be as good.

Finally, for young generations interested in jobs for the future, the track record of statistics in other countries anticipates that in Latin America statistics would be a promising career with good job security, competitive salaries, and friendly working environments.

LUIS A. ESCOBAR

Professor of Statistics, Louisiana State University

TABLA DE CONTENIDO

Análisis de rugosidad y determinación de los despaesamientos en aleaciones de Níquel-Titanio mediante microscopia de fuerza atómica.	04-08
Efecto Aharonov-Bohm en puentes cuánticos no uniformes.	09-17
A new mutation at Exon 2 of HPRT1 locus causing Lesch-Nyhan syndrome.	18-21
Un modelo de regresión logística para evaluar la prevalencia del síndrome metabólico en la población general, Mérida, Venezuela.	22-28
Un indicador de pobreza multidimensional alternativo para Venezuela.	29-40
Catastrofes naturales, respuesta a la falta de solidaridad de la especie.	41-45

Innovaciencia

Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Año 3.Volumen 3. Numero 1.
Enero - Diciembre 2015
ISSN: 2346-075X
Periodicidad anual.

Publicación de carácter científico en el área de las ciencias básicas.

UNIVERSIDAD DE SANTANDER - UDES

JAIME RESTREPO CUARTAS
Rector General

CESAR AUGUSTO SERRANO NOVOA
Vicerrector de Investigaciones

ELBA VIVIANA RUEDA ORDOÑEZ
Vicerrectora de Docencia

OMAIRA NELLY BUITRAGO BOHÓRQUEZ
Vicerrectora Administrativa y Financiera

MAYRA FERNANDA VARGAS BUITRAGO
Vicerrectoría de Asuntos Estudiantiles y Egresados

JORGE ALBERTO JARAMILLO PÉREZ
Vicerrectoría de Extensión

FABIOLA CECILIA AGUILAR GALVIS
Decana Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

CONTACTO DE LA REVISTA

FABIOLA CECILIA AGUILAR GALVIS
Directora
PBX: 6516500 Ext: 1740
Email: faguilar@udes.edu.co

FRANCISCO JAVIER LEÓN

Editor
PBX: 6516500 Ext: 1783
Email: innovaciencia@udes.edu.co
Universidad de Santander

COMITE EDITORIAL

Indira Paola Hernández Peñaranda
Giampaolo Orlandoni Merli
Wolfgang Alexander Osma
Jairo Enrique Mateus Sánchez
Miguel Oswaldo Pérez Pulido

COMITÉ CIENTÍFICO

German Zafra Sierra
Harvy Mauricio Velasco Parra
Jans Alzate-Morales
Francisco Martínez
José Félix Ortiz Lemus
Edgar Luna González

PORTADA Y DIAGRAMACIÓN

Élite Inhouse – UDES

DIRECCIÓN POSTAL

REVISTA INNOVACIENCIA
Universidad de Santander - UDES
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Campus Universitario Lagos del Cacique
Bloque Motilones. Tercer Piso
Tel: 57-7-6516500, Ext: 1783 - 1740
Bucaramanga, Colombia

Innovaciencia 2015; 3 (1): 4 - 8

ANÁLISIS DE RUGOSIDAD Y DETERMINACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS EN ALEACIONES DE NÍQUEL-TITANIO MEDIANTE MICROSCOPIA DE FUERZA ATÓMICA

ROUGHNESS ANALYSIS AND DETERMINING DISPLACEMENT IN NICKEL-TITANIUM ALLOY BY ATOMIC FORCE MICROSCOPY

Edwin Fernando Mendoza Carreño¹ , Arturo Plata Gómez²

Cómo citar este artículo: Mendoza Carreño. EF, Plata Gómez. A. Análisis de rugosidad y determinación de los desplazamientos en aleaciones de níquel-titanio mediante microscopia de fuerza atómica. Innovaciencia facultad ciencias exactas fis. Naturales. 2015; 3(1): 4 - 8

Artículo recibido el 15 de marzo de 2015 y aceptado para publicación el 30 de junio de 2015

DOI: <http://dx.doi.org/10.15649/2346075X.360>

RESUMEN

Introducción: En este trabajo de investigación se analiza una aleación de Níquel (Ni) y Titanio (Ti). Este tipo de materiales poseen la propiedad Física de memoria de forma; la cual consiste en aplicarle una deformación inicial al material, este puede volver a su estado original aplicándole un estímulo externo (temperatura o fuerza). **Materiales y métodos:** Mediante la utilización de un Microscopio de Fuerza Atómica (AFM). Basados en la información suministrada por el AFM se obtuvieron datos de los desplazamientos que sufre el material utilizando regiones de muestreo de 1 x 1 micras. También, se realizó un análisis de la rugosidad del material, teniendo en cuenta la variación de la topografía a medida que se comprime la muestra. **Resultados y Discusión:** La transición en los materiales ocurre al pasar de una fase austenita a una fase martensítica cuando el material es sometido a una compresión siendo un estado final de la transformación más estable. **Conclusiones:** Cuando el AFM se emplea en modo de contacto permite observar como varía la topografía de la muestra lo cual determina el comportamiento de la rugosidad, evidenciada en una disminución del material a medida que se comprime y en el modo de contacto con fuerza lateral. Con el primero se logró observar la forma como rotan las partículas agrupadas en la superficie, cuando se le aplica una fuerza externa.

Palabras clave: Rugosidad, desplazamientos, microscopia de Fuerza Atómica, Aleaciones Níquel-titanio.

1. Físico, Magister en Física. Docente asociado. Universidad de Santander. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Grupo Ciencias Básicas y Aplicadas para la Sostenibilidad CIBAS. Bucaramanga. Colombia. Correspondencia: efmen2000@gmail.com

2. Físico. PhD de la Université de Franche Comte en Ciencias Del Ingeniero (óptica). Profesor Titular. Universidad Industrial de Santander. Grupo de Óptica y Tratamiento de Señales. Bucaramanga. Colombia.

ABSTRACT

Introduction: In this research an alloy of nickel (Ni) and Titanium (Ti) is analyzed. Such materials possess the physical property of shape memory; which consists of applying an initial deformation to the material, it can return to its original state by applying an external stimulus (temperature or power). **Methods:** Using an Atomic Force Microscope (AFM) and based on the information provided by the AFM data of displacement experienced by the material using sampling regions of 1 x 1 micron were obtained. Roughness analysis of the material, considering the topography variation as the sample is compressed was also carried out. **Results and Discussion:** The transition occurs in the material passing an austenite phase to a martensitic phase when the material is subjected to compression to be a final state of stable transformation. **Conclusions:** When the AFM is used in contact mode allows observing the change the topography of the sample which determine the behavior of the roughness, as evident in a decrease of material as it is compressed and in contact mode lateral force. With the former were able to observe how the grouped rotate on the surface, when an external force is applied particles.

Keywords: Roughness, displacement, atomic force microscopy, Nickel-titanium alloys.

INTRODUCCIÓN

En el año 1962 en el Naval Ordnance Laboratory (ahora Naval Surface Warfare Center), Buehel y sus colaboradores desarrollaron una aleación de Níquel y titanio (Ni-Ti) y lo denominaron Nitinol. Esta aleación está inmersa dentro de las SMA (Shape Memory Alloy) las cuales sometidos a una deformación, vuelven a su estado original después de aplicarle un estímulo como el calentamiento. Este efecto se denomina memoria de forma y es debido a un cambio de fase llamado transformación martensítica¹. Estas transformaciones ocurren cuando se presentan cambios en la red cristalina pasando desde una fase madre llamada Ausentita a una fase llamada Martensítica, la cual se produce cuando se le coloca una temperatura al material. Cabe resaltar que las transformaciones de Fase martensíticas en materiales de Ni-Ti pueden suceder a temperatura ambiente¹.

Este trabajo se centra en realizar un análisis de carácter microscópico de la superficie cuando ocurren las transformaciones martensíticas en las aleaciones de NiTi, cuando son sometidas a fuerzas compresivas. Para caracterizar los cambios que se presentan en la superficie de la muestra es necesario contar con un microscopio cuya resolución sea del orden de los nanómetros y nos brinde información tridimensional. El microscopio de fuerza atómica (AFM de sus siglas en inglés) puede obtener información de la topografía con una resolución por debajo de los micrómetros en el eje z o en las alturas con

el uso de piezo-eléctricos de alta precisión². Se puede agregar que los AFM pueden funcionar de tres diferentes formas: contacto, no contacto y modo intermitente³. El modo de contacto puede brindar información acerca del coeficiente de rozamiento del material si se usa el AFM en fuerza lateral, el cual analiza los cambios laterales que se producen en la punta.

Las imágenes se trabajan utilizando una región de muestreo de 10 µm x 10 µm, la cual es la región óptima para hacer el análisis de datos relacionados con las superficies^{3,4,5} También se observaron los cambios en el eje z para realizar un análisis de los cambios en la rugosidad del material para ver cómo afecta el cambio de fase martensítico a la superficie.

Uno de los puntos a destacar son las imágenes obtenidas del AFM las cuales poseen una extensión. HDF (ver figura 1). El formato HDF (Hierarchical Data Format), representa una alternativa eficaz al ser adoptado como estructura de almacenamiento de datos, cuyas características más representativas son las siguientes:

1. Permite obtener información acerca de los datos de un archivo desde dentro de ese archivo, sin necesidad de recurrir a fuentes externas.
2. Permite almacenar datos de distinta naturaleza en un mismo archivo y relacionarlos entre ellos.
3. Estandariza los formatos y las descripciones de los tipos de datos más comúnmente empleados.
4. Se trata de un formato abierto, con sus especificaciones publicadas, lo que permite su implementación en diversas aplicaciones informáticas, facilitando la portabilidad, así como permitiendo al usuario desarrollar sus propias aplicaciones específicas.
5. Es flexible y puede ser adaptado para almacenar cualquier tipo de dato⁶.

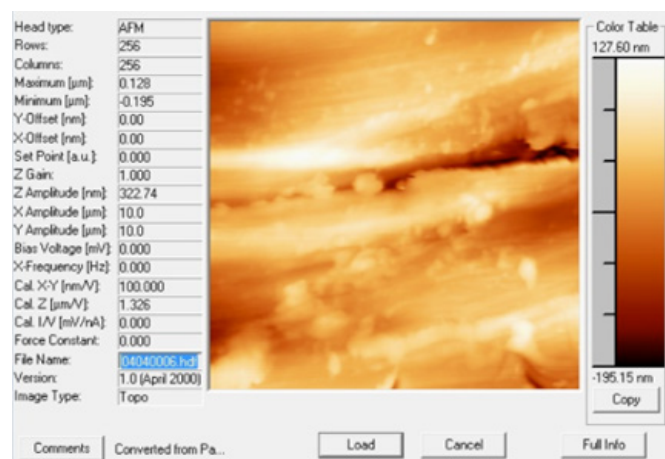


Figura 1. Información dentro del formato HDF de las imágenes^{6,9}

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo de investigación se contó con un microscopio de fuerza atómica PC-II marca Veeco, ubicado en la sede de Guatiguara de la Universidad Industrial de Santander (UIS). También, se creó un soporte para comprimir las muestras de Ni-Ti que fueron suministradas por la Escuela de Ingeniería Metalúrgica de la UIS; teniendo en cuenta que estas eran de forma cilíndrica de 1,2 cm de largo y de 1,5 cm de diámetro.

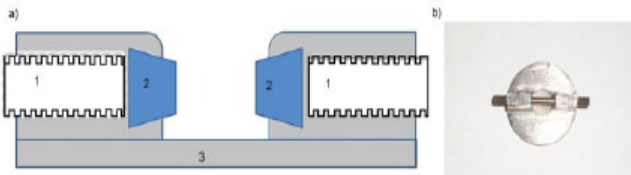


Figura 1. a) Ilustración interna del soporte, b) vista superior del soporte terminado.

En la parte a de la figura 1 se ilustra la parte interna del soporte, en donde se observan tres partes numeradas. La parte número uno (1) es un tornillo de avance micrométrico que se encuentra en cada lado del soporte. La parte número dos (2) es un tope de forma trapezoidal, la cual estaba en contacto con la muestra y por último tenemos la parte tres (3) que es el cuerpo de acero del soporte, el cual no permite deformaciones del soporte. También, se puede observar que las partes internas del soporte son curvas para permitir una fácil entrada y movimiento del cantiléver del AFM. En la parte b de la figura se puede observar el soporte en su forma final y con una muestra de Ni-Ti lista para su estudio.

La toma de muestras se realizó a una temperatura de 16°C, en la cual no se presentan transformaciones de fase martensíticas⁵.

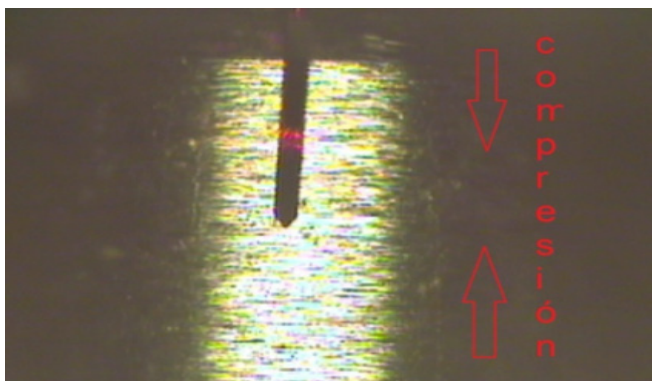


Figura 3, vista de la ubicación del cantiléver en la muestra y dirección de la compresión.

El cantiléver es ubicado en el punto más alto de la muestra cilíndrica como se muestra en la figura 3. También, se puede observar en la misma figura la forma uti-

lizada para comprimir el micro-tubo de Ni-Ti, lo cual se hace de forma paralela al cantiléver.

Las imágenes se obtienen variando el tamaño de la región de muestreo, empezando desde los 100 μm (figura 4-a), pasando por 50 μm (figura 4-b), 10 μm (figura 4-c), 5 μm (figura 4-d), 1 μm (figura 4-e) hasta 0.5 μm (figura 26-f). En otras palabras, se realiza un acercamiento de región central de la primera imagen la cual tiene una región de muestreo de 100 μm hasta llegar a una región de muestreo de 0.5 μm . La reducción de la región de muestreo se realiza directamente sobre el software del AFM, lo cual garantiza que los datos obtenidos sean de la misma área de trabajo.

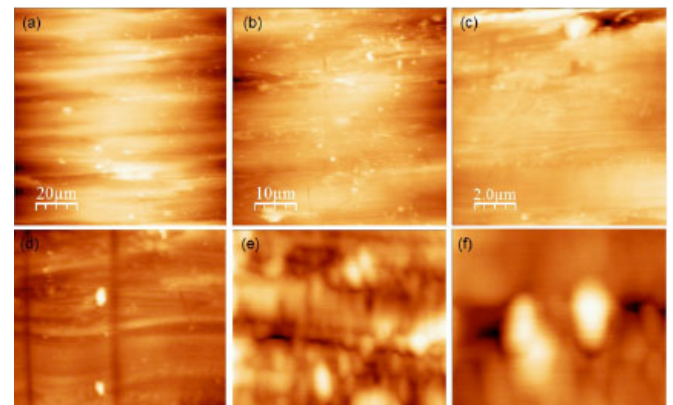


Figura 4, secuencia de imágenes a diferentes tamaños de zona de muestreo⁷. Cabe destacar que debido a las propiedades de memoria de forma el material vuelve a su estado original cuando se le retira la compresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la figura 5 los datos de muestreo se obtuvieron con un rango de muestreo de 1 x 1 μm y en modo de contacto, realizando tres variaciones del tornillo de compresión.

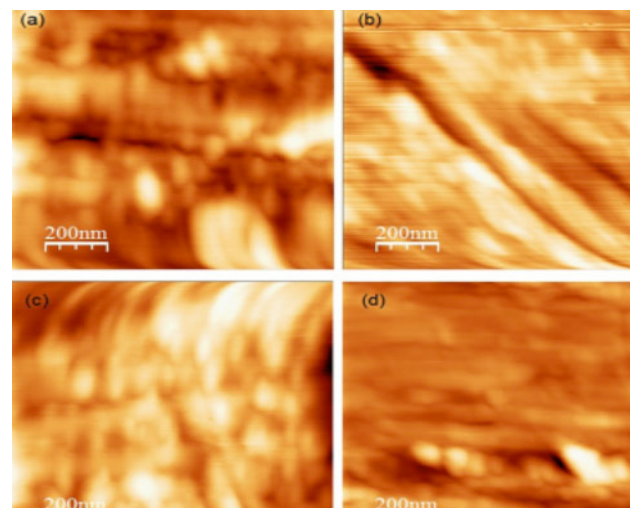


Figura 5, transformación de fase al aplicar una fuerza externa⁷.

V. Son un instrumento estandarizado para la evaluación externa de la calidad de la Educación Superior para estudiantes de último semestres. Forma parte, con otros procesos y acciones, de un conjunto de instrumentos que el Gobierno Nacional dispone para evaluar la calidad del servicio público educativo y ejercer su inspección y vigilancia (Ley 1324 de 2009)

VI. Son lineamientos enviados a cada institución educativa para la recolección de la información. Al recolectar la información, son enviados al MEN para su respectivo análisis.

La figura 5-a muestra la topografía inicial del micro-tubo Ni-Ti, sin la aplicación de una fuerza externa. Entre tanto, las figuras 5-b y 5-c muestran la transición que ocurre al pasar de una fase austenita⁴ a una fase martensítica⁴ cuando el material es sometido a una compresión. Por último, en la figura 5-d se observa un estado final de la topografía cuando ha pasado a la fase martensítica, la cual es más estable¹. Con estas imágenes se realizará el análisis de rugosidad del material a una escala nanométrica.

En la figura 5-a se observan agrupaciones de material de forma horizontal, con una región de muestreo de 1 x 1 micras y utilizando el modo de contacto del AFM. En la segunda imagen (Figura 5-b), se puede observar como las agrupaciones de material empiezan a rotar una vez aplicado el estímulo externo, el cual ocurre formando un ángulo aproximado de 45°. También, la figura 5-c, muestra como dichas agrupaciones de material se está acomodando para terminar en la figura 5-d.

Rugosidad

La rugosidad es el conjunto de irregularidades o imperfecciones que posee la superficie de un material. En la figura 6, se tienen varias graficas de rugosidad para cada estado presentado en la figura 5; en la cual se presenta en las ordenadas el número de variaciones en el eje Z y en las abscisas el tamaño de las mismas

o topografía (Numero de Eventos Vs Topografía). Para determinar la rugosidad podemos aplicar la ecuación:

$$\sqrt{1/L \int_0^L Y(x)^2 dx} \tag{1}$$

En donde L es la longitud de Muestreo y Y(x) las aturas de cada posición XY de la imagen de topografía⁸.

En la Figura 6-a se observa cómo están distribuidas las variaciones de topografía de la muestra cuando el material no está expuesto a compresiones; Este presenta la mayor cantidad de variaciones de topografía entre 4 y 6 nm y con un pico máximo en 5,32 nm. También, teniendo como base esta grafica se puede obtener una rugosidad de 1,840 nm (análisis realizado a la figura 5-a). Para las figuras 5-b y 5-c obtuvimos rugosidades de 2,125 y 1,884 nm y picos máximos de 9,71 y 6,89nm respectivamente. Por último, para la figura 5-d encontramos que el material presenta variaciones entre 8 y 12 nanómetros, rugosidad de 1,809 nm y un pico máximo en 10,12 nm como se puede ver el histograma (la figura 6-d).

El análisis de la rugosidad es una herramienta para hacer una caracterización cualitativa de las transformaciones martensíticas de las aleaciones con memoria de forma. Estas transformaciones hacen que el material se agrupe en pequeñas islas con una altura promedio de 8.00 nm.

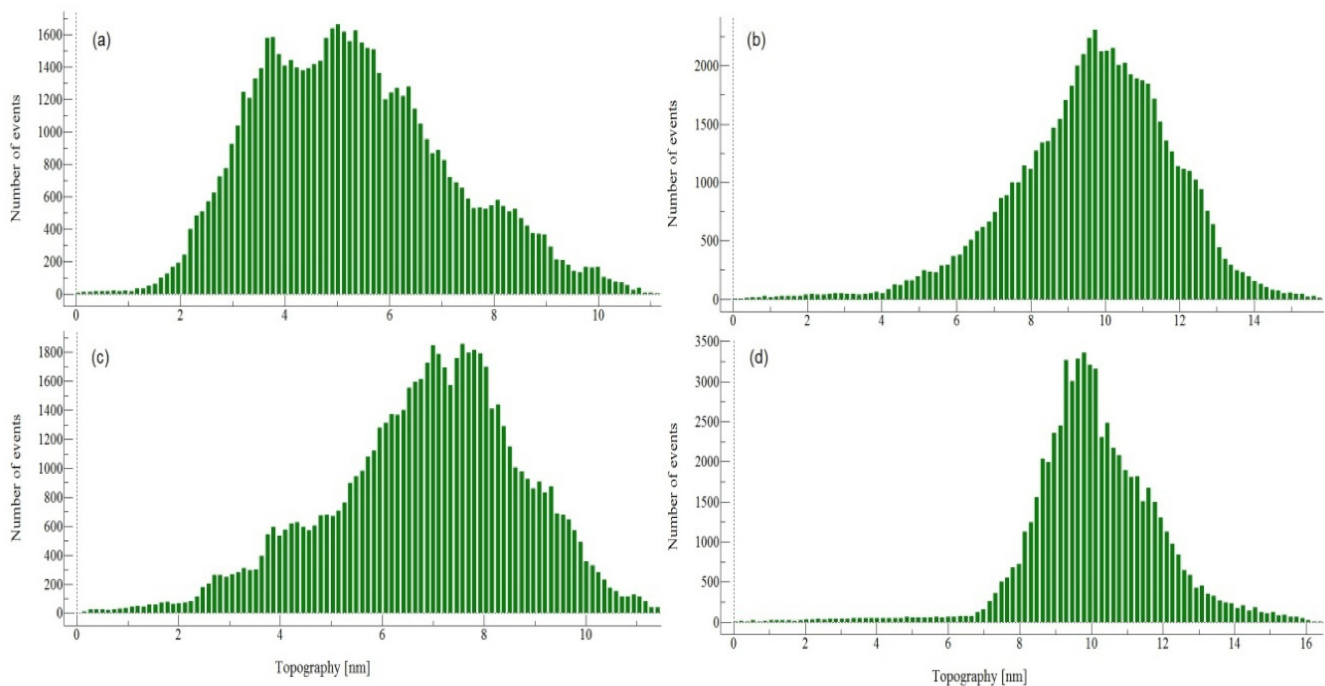


Figura 6, análisis de la rugosidad⁷

CONCLUSIONES

Los materiales de Ni-Ti presentan una propiedad especial, como lo es la memoria de forma, la cual fue el centro de toda la investigación, mediante el empleo del microscopio de fuerza atómica se observaron las transformaciones de Fase que tienen las SMA y los cambios que se presentan en la superficie cuando estas ocurren. Estas observaciones, producen una ampliación del uso de esta herramienta, ya que la mayoría de las aplicaciones son empleadas para hacer mediciones en la topografía de las muestras. También, ayuda a disminuir la región de análisis en las muestras, ya que con este tipo de microscopios se obtiene información de sucesos por debajo de las micras.

Las transformaciones Austenita - Martensita producen un aumento en la altura de la topografía comprobado por el aumento de la rugosidad de la muestra a medida que se le aplica el estímulo, llegando a un máximo de rugosidad para luego descender a medida que la estructura se vuelve más estable, indicando que el material se vuelve más liso a medida que la transformación llega a su fase final.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Industrial de Santander por el apoyo dado en la presentación de este trabajo y al Grupo de Óptica y Tratamiento de Señales por todas las orientaciones brindadas durante el proceso educativo.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores expresan que no existen conflictos de intereses y aceptan todo el contenido.

BIBLIOGRAFÍA

1. De La Flor S. Aleaciones con memoria de forma. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. España. 1999.
2. Digital Instruments CP-II User's guide part I: Basic imaging techniques. Copyright. Veeco Instruments Inc. Santa Barbara California USA. 2004; 56-62.
3. Digital Instruments CP-II User's guide part II: advanced techniques. Copyright Veeco Instruments Inc. Santa Barbara California USA, 2004; 15- 19
4. Kaupp, G. Atomic force microscopy on photoreactive organic solids: nanostructures. *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* 1994; 252(1):259-68.
5. Mendoza Carreño, E. Medida de las deformaciones por temperatura en materiales metálicos mediante métodos interferométricos. Tesis de grado. Universidad Industrial de Santander. 2007.
6. Palomo M, Ormeño S, Rincón JA. El formato HDF: Un modelo de datos para el almacenamiento y gestión de información espacial de carácter ambiental. Universidad Politécnica de Madrid y CONACYT, Colegio de Postgraduados, México. Poster.
7. Horcas, I., Fernández, R., Gomez-Rodriguez, J. M., Colchero, J., Gómez-Herrero, J. W. S. X. M., & Baro, A. M.. WSXM: a software for scanning probe microscopy and a tool for nanotechnology. *Rev. Sci. Instrum.* 2007; 78(1): 013705.
8. Rivera MH, Melo ER. La rugosidad de las superficies: Topometría. *Ingenierías*, 2001; 4(11): 27.

Innovaciencia 2015; 3 (1): 9 - 17

EFFECTO AHARONOV-BOHM EN PUNTOS CUÁNTICOS NO UNIFORMES

AHARONOV-BOHM EFFECT IN NON-UNIFORM QUANTUM DOTS

Adriana Lucia Gélvez¹ , Willian Gutierrez² , Fredy Rodríguez Prada³ 

Cómo citar este artículo: Gélvez A, Gutiérrez W, Rodríguez-Prada FA. Efecto AHARONOV-BOHM en puntos cuánticos no uniformes. Innovaciencia facultad cienc. exactas fis. naturales. 2015; 3(1): 9 - 17

Artículo recibido el 10 de agosto de 2015 y aceptado para publicación el 24 noviembre de 2015

DOI: <http://dx.doi.org/10.15649/2346075X.361>

RESUMEN

Introducción: Recientemente, las investigaciones en el campo de la materia condensada se han venido enfocando en el estudio de estructuras fabricadas mediante diferentes técnicas de crecimiento de cristales, en especial de materiales semiconductores y esto ha despertado un gran interés en el estudio teórico y aprovechamiento tecnológico de las importantes propiedades que despliegan los sistemas de partículas confinadas en puntos cuánticos con diferentes morfologías (nano-estructuras semiconductoras cero-dimensionales). Un atractivo especial en el área de los sistemas de baja dimensionalidad es el estudio de las propiedades opto-electrónicas de puntos cuánticos en forma de irregulares. Los Anillos Cuánticos, especialmente, son estructuras que poseen simetría axial y presentan una cavidad semiconductor en la región comprendida entre su radio interno y externo. Debido al confinamiento periódico el comportamiento de los portadores de carga en esta estructura deben tener un carácter diferente en presencia de un campo magnético externo, como sucede con el denominado Efecto Oscilatorio Aharonov-Bohm (AB). Este fenómeno se observa generalmente cuando una partícula cargada confinada en un sistema de baja dimensionalidad está afectada por un campo electromagnético externo. **Materiales y Métodos:** Se analiza el efecto de la irregularidad morfológica en puntos cuánticos lenticulares y de anillos cuánticos tipo cráter, que se encuentran sometidos a un campo magnético en la dirección de crecimiento, sobre el espectro energético de un electrón confinado en cada uno de ellos. **Resultados y discusión:** Los defectos estructurales son modelados mediante funciones en coordenadas cilíndricas, las cuales presentan soluciones analíticas para los casos isotrópicos. Posteriormente, los resultados de los estados energéticos del electrón en las estructuras simétricas permiten obtener el comportamiento de la energía para problemas completos y complejos mediante el uso de métodos numéricos, como diagonalización exacta y expansión en series. **Conclusiones:** Se presentan en este trabajo los niveles energéticos de un electrón en función de intensidad del campo magnético y se reportan comportamientos diferentes para ambos tipos de QDs considerados, principalmente porque en los de tipo cráter se presentan oscilaciones AB, característico de anillos cuánticos unidimensionales. En este estudio el surgimiento de oscilaciones AB, en puntos cuántico tipo cráter se debe a la mayor probabilidad de ubicar al electrón en el borde de la estructura, ya que esta zona es la de menor confinamiento cuántico.

Palabras clave: Sistemas de baja dimensionalidad, puntos cuánticos lenticulares, puntos Cuánticos tipo Cráter.

1. Físico, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Grupo de Física Computacional en Materia Condensada (FICOMACO). Bucaramanga, Colombia.
Correspondencia: adriana_gelvez@yahoo.co.uk

2. Físico. PhD en Física., Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Grupo de Física Computacional en Materia Condensada (FICOMACO). Bucaramanga, Colombia.

3. Físico. PhD en Física., Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Grupo de Física Computacional en Materia Condensada (FICOMACO). Bucaramanga, Colombia.

ABSTRACT

Introduction: Recently, research in the field of condensed matter have been focusing on the study of structures fabricated by different techniques of crystal growth, especially semiconductor materials this has aroused great interest in the theoretical study and technological performance of the important properties that display particle systems confined in quantum dots with different morphologies (semiconductor nanostructures zero - dimensional). A special interest in the field of low - dimensional systems is the study of opto - electronic properties of quantum dots with irregular shapes. Quantum Rings, especially, are semiconductor structures having axial symmetry and have a cavity in the region between the inner and outer radius. Due to the periodic confinement the behavior of charge carriers in such structures should have a different character in the presence of an external magnetic field, as with the so-called Aharonov-Bohm Effect (AB). This phenomenon is usually observed when a charged particle confined in a low dimensional system is affected by an external electromagnetic field. **Materials and methods:** We analyzes the effect of morphological irregularity of lenticular-like and crater-like quantum dots, and the effect of a magnetic field applied in the growth direction on the energy spectrum of an electron confined in these structures. **Results and discussion:** Structural defects are modeled by functions in cylindrical coordinates, which presented analytical solutions for the isotropic case. Subsequently, the results of energy states of the electron in symmetrical structures allow obtain the energy to complete and complex problems by using numerical methods, as exact diagonalization and series expansion. **Conclusions:** We present the energy levels of an electron as a function of magnetic field intensity and shown different behaviors for both types of QDs considered, mainly AB oscillations in crater-like quantum dots, characteristic phenomena of one-dimensional quantum rings. This effect is due to the higher probability of finding the electron in the outer border of the structure, because this region has the lowest quantum confinement.

Keywords: Low dimensional systems, Lense-like Quantum Dots, Crater-like Quantum Dots.

INTRODUCCIÓN

La nanociencia y la nanotecnología son el estudio y la manipulación de la materia en la escala nano, que es de aproximadamente 1 a 100 nanómetros (*un nanómetro es la milmillonésima parte de un metro*), y mientras estas palabras son relativamente nuevas, la existencia de estructuras y mecanismos con dimensiones nanométricas no lo son, de hecho podría decirse que tales objetos son tan viejos como la tierra misma. Algunos moluscos construyen sus conchas con aglomerados de

carbonato de calcio, componente principal de la frágil tiza con la que se escribe en los tableros, solo que en este caso tal material es sintetizado de forma nanocristalina, lo que aumenta su dureza y resistencia¹. No se sabe con exactitud en que momento el ser humano comenzó a aprovechar las ventajas de estos instrumentos y sistemas con tamaños del orden de nanómetros que la naturaleza le ofrecía, pero si se tiene claro que la comprensión de sus propiedades particulares y de los fenómenos que tienen lugar con su manipulación es un hecho reciente. Un ejemplo de la utilización de materiales nanométricos en la antigüedad lo constituye la copa de Licurgo, utensilio romano fabricado en el siglo IV a.C. que se encuentra en el Museo Británico de Londres, la cual es famosa debido a que su color varia de verde a rojo intenso dependiendo de si la luz la atraviesa o no. La causa de tal comportamiento se vino a entender muchos años adelante, y es que el vidrio de sosa y cal con el que fue construida contiene nanopartículas de oro y plata^{2,3}.



FIGURA 1. Copa de Licurgo. A la izquierda en luz reflejada y a la derecha en luz transmitida^{3 [9]}.

Actualmente la manipulación de la materia con dimensiones nanométricas para la creación de nuevos materiales y dispositivos es una de las áreas de investigación de mayor impacto a nivel mundial. Dentro de sus mayores logros se encuentra la caracterización y fabricación de “sistemas de baja dimensionalidad” (LDS, low dimensional systems en inglés) que son estructuras en las cuales una, dos y/o tres de sus dimensiones poseen extensiones comparables con las distancias interatómicas en los sólidos, haciendo que los efectos de la mecánica cuántica se hagan notables y generando así un cambio significativo en sus propiedades electrónicas con respecto a las que tendría la forma volumétrica. Entre los LDS, aquellos que son fabricados con semiconductores son de gran interés para la comunidad científica, puesto que el aprovechamiento de las propiedades físicas de los semiconductores en conjunto con el confinamiento cuántico permitió la creación de la elec-

trónica moderna. Ya desde el inicio, en la investigación sobre las propiedades de una superred semiconductor en 1969, llevada a cabo por Leo Esaki (Premio Nobel de 1973) y Ray Tsu (IBM, USA)⁴, estaba claro que tales estructuras eran de gran interés científico y sus novedosas propiedades causadas por los efectos cuánticos ofrecían potenciales aplicaciones para nuevos dispositivos. Posteriormente el desarrollo de novedosas técnicas de crecimiento de semiconductores permitió la producción de películas epitaxiales suficientemente delgadas conocidas como pozos cuánticos, las cuales se pueden considerar como estructuras bidimensionales, puesto que una de sus dimensiones es de orden nanométrico; luego fue posible la fabricación de hilos cuánticos, que son unidimensionales, ya que hay confinamiento cuántico en dos de sus dimensiones; y de puntos cuánticos (del inglés quantum dots, QDs) que se conocen como “estructuras cero dimensionales”, debido a que los portadores confinados en su interior tienen movimiento limitado en sus tres dimensiones (Figura 2).

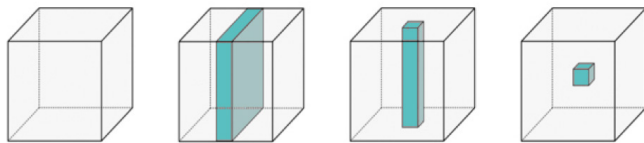


FIGURA 2. Esquema de reducción de la dimensionalidad, desde un semiconductor en bloque a un QD.

Como resultado del confinamiento tridimensional propio de los puntos cuánticos semiconductores, los electrones, huecos y excitones (estos son una pareja de electrón y hueco que interactúan entre sí por medio de fuerzas electrostáticas) confinados en su interior presentan espectros discretos y mayor cuantización en sus propiedades opto-electrónicas. A estas estructuras se les conoce como “átomos artificiales” y son las que generan mayores expectativas en la investigación, especialmente por sus aplicaciones potenciales, que son principalmente en el campo de la computación cuántica, en el almacenamiento de información para computadoras tradicionales, en biología, óptica y en optoelectrónica. Muchos tipos de estos sistemas han sido desarrollados en las últimas tres décadas, pero quizás el procedimiento más empleado en la actualidad para su formación es el autoensamblaje por medio del método de epitaxia de haces moleculares en el modo de crecimiento de Stransky-Krastanov (S-K)⁵ debido a que permite la formación de decenas de billones de puntos por cm^2 con un alto grado de uniformidad, y a que se pueden obtener las más variadas morfologías, dependiendo de las condiciones de crecimiento tales como: temperatura de crecimiento, velocidad de deposición, presión, parámetros de red de los materiales, etc.

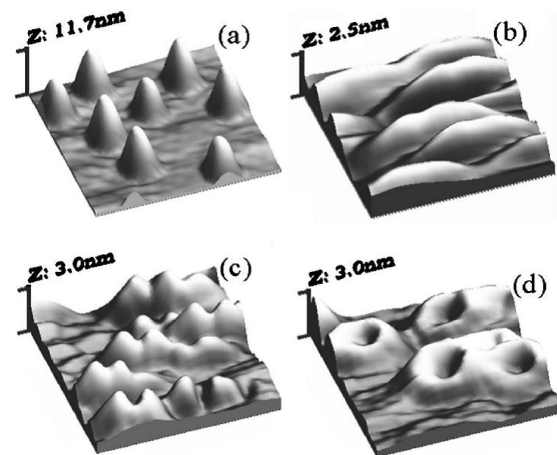


FIGURA 3. Imágenes de microscopia de fuerza atómica (AFM) de puntos cuánticos de InAs/GaAs (a) crecidos a 540°C (b) recubiertos con 2 nm de GaAs a 540°C (c) recubiertos con 2 nm de GaAs a 500°C y (d) con el mismo recubrimiento y a la misma temperatura del caso en c pero a diferente presión⁶.

Dentro de la variedad de formas en las que se pueden fabricar las estructuras cero-dimensionales, los anillos cuánticos (QRs, del inglés quantum rings) ocupan un lugar destacado, puesto que su estructura doblemente conectada que permite la aparición de corrientes persistentes en presencia de campo magnético y de fenómenos físicos interesantes como la oscilación de las propiedades energéticas electrónicas. Además es posible “diseñar” sus propiedades físicas mediante el control de la geometría del anillo y el flujo magnético que lo atraviesa, por lo que tiene un alto potencial para ser empleados como base elemental para diversas aplicaciones: detectores y fuentes fotónicas, incluidos los emisores de un solo fotón, memorias nano-Flash, QuBits para computación cuántica espintrónica, la memoria de acceso aleatorio magnética, soporte de grabación y otros dispositivos de espintrónica⁷.

El estudio teórico de las estructuras cero-dimensionales constituye una parte muy importante de su investigación, puesto que permite el análisis de sus propiedades físicas y las variaciones de estas ante la modificación de algunos factores tales como la forma, los materiales constituyentes, campos eléctricos y magnéticos externos, etc, antes de su fabricación. En este trabajo se presenta el análisis teórico del efecto de la irregularidad morfológica en puntos cuánticos lenticulares y puntos cuánticos tipo cráter sobre el espectro energético de un electrón confinado en su interior, y que adicionalmente se encontraban en presencia de campo magnético externo. Estudios que se han venido realizado y reportando en el Grupo de Investigación Física Computacional en Materia Condensada (FI-COMACO). En la siguiente sección se muestran los modelos teóricos empleados, luego se continúa con el análisis de los resultados encontrados y por último, se enuncian las conclusiones.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la mayor parte de los trabajos teóricos sobre puntos cuánticos y anillos cuánticos, estos son tratados mediante modelos idealizados que poseen simetría axial y para los cuales el Hamiltoniano es separable analíticamente. Sin embargo no todos los sistemas cero dimensionales fabricados actualmente se pueden modelar de esta manera, puesto que la gran mayoría posee defectos estructurales que rompen la simetría axial y que producen la localización de diferentes estados rotacionales.

En la figura 4a, obtenida del trabajo de Wu y coinvestigadores⁸, se presentan sistemas de QDs agrupados en pares y con morfología irregular. Mientras que la figura 4b, tomada de la investigación de Boonpeng y colaboradores⁹, muestra la morfología superficial de QRs de $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ fabricados a diferentes temperaturas, con su respectiva línea de perfil, en la que se puede observar que el crecimiento de la estructura desde su posición central no es isotrópico. Además, ambas figuras permiten apreciar una de las características particulares de los sistemas cero-dimensionales autoensamblados, su altura es mucho menor que las dimensiones de su base, esto permite utilizar una aproximación de gran versatilidad en la física nuclear y de la materia condensada conocida como aproximación adiabática (AA) y con ella se reduce la dimensionalidad del problema analítico de tres a dos o una dimensión, dependiendo del caso dado.

Un electrón libre en un sólido no sólo está sometido al potencial Coulombiano de su "átomo padre" sino al combinado de toda la red cristalina, es por esto que su masa es aparentemente diferente a la que posee en el vacío.

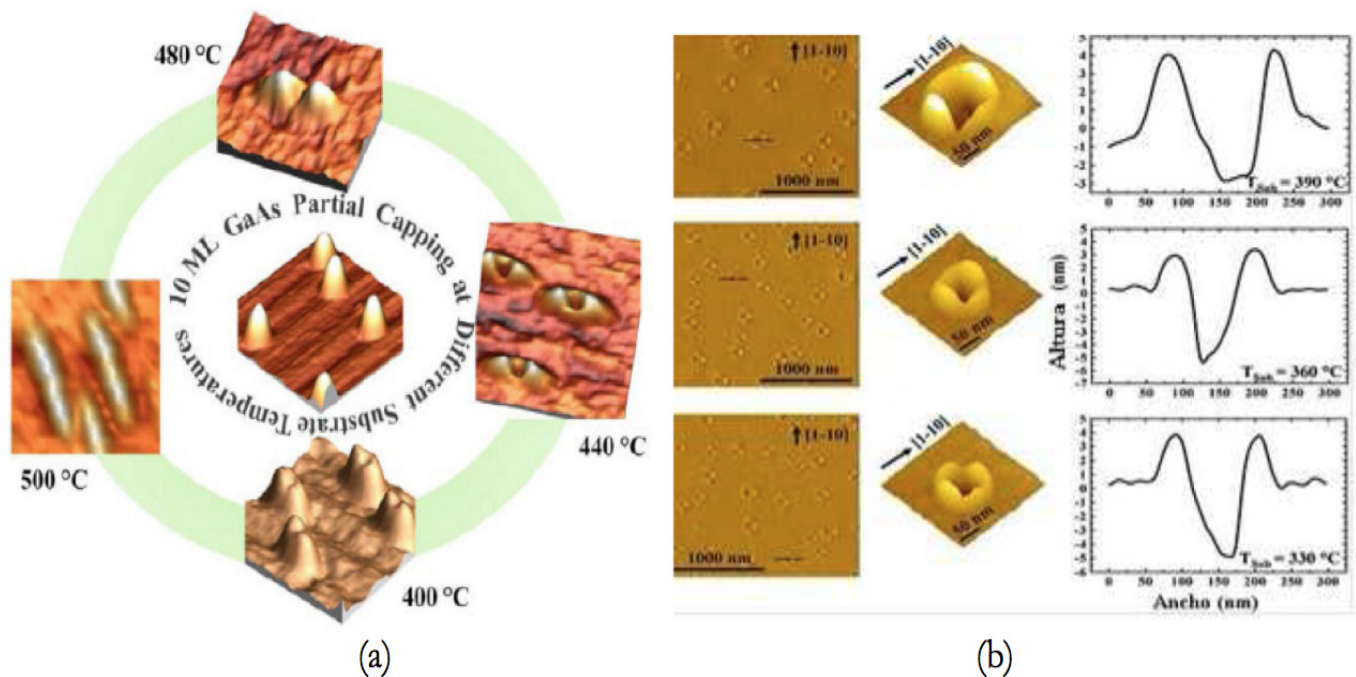


FIGURA 4. Imágenes de microscopia de fuerza atómica: (a) Pares de QDs recubiertas con GaAs a diferentes temperaturas, tomada de la referencia⁽⁸⁾. (b) Estructura real de QRs, a diferentes temperaturas, con su respectiva línea de perfil, tomada de la referencia⁽⁹⁾.

En el estudio de los semiconductores es común hacer uso de este fenómeno para simplificar los problemas en estudio, reemplazando la masa del electrón en el Hamiltoniano por una cantidad constante propia de cada material denominada *masa efectiva*. En los modelos que se presentarán a continuación se usa esta aproximación.

Punto cuántico con anisotropía estructural

Inicialmente se estudia el espectro energético de un electrón confinado en el interior de un punto cuántico que exhibe anisotropía estructural y que adicionalmente se encuentra en presencia de un campo magnético constante en la dirección de crecimiento de la estructura.

La morfología del QD en mención es modelada por medio de la siguiente función en coordenadas cilíndricas:

$$h(\rho, \varphi) = h_0 / \sqrt{(1 + (\rho/R)^2 + \alpha [1 - \cos(n\varphi)])} \quad (1.1)$$

En (1.1) la anisotropía estructural se incluye en el término cosenoidal y mediante los parámetros n y α es posible modular tanto su amplitud como su periodicidad. En la figura 5 se presenta el modelo tridimensional del QD para dos valores del parámetro n y $\alpha = 0.5$, cuando n toma el valor de cero, el punto adquiere forma lenticular isotrópica, mientras que cuando este parámetro se hace igual a dos la morfología se asemeja a la de la

estructuras de la figura 4a. El potencial de confinamiento de la estructura se considera de barrera infinita, es decir, cero adentro e infinito afuera de ella. El Hamiltoniano adimensional correspondiente al sistema empleando las aproximaciones adiabática y de masa efectiva se presenta en la ecuación (1.2), en ella el termino γ representa la intensidad del campo magnético, h_0 y R son parámetros de altura y base, respectivamente.

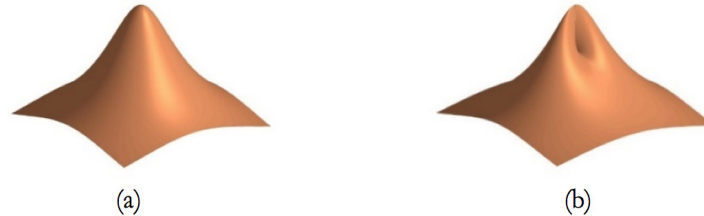


FIGURA 5. Ilustraciones del modelo del punto cuántico para diferentes valores del parámetro n. (a) n = 0 (b) n = 2.

$$H = \left(-\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial \rho} \cdot \rho \frac{\partial}{\partial \rho} \right) - \left(\frac{1}{\rho^2} \cdot \frac{\partial^2}{\partial \phi^2} \right) + i\gamma \frac{\partial}{\partial \phi} + \left(\frac{\pi^2}{(h_0^2 R^2)} + \gamma^2/4 \right) \rho^2 + \pi^2/h_0^2 + (\pi\alpha [1 - \cos(n\phi)]/h_0^2) \tag{1.2}$$

Cuando en el Hamiltoniano (1.2) uno de los dos parámetros n o α se hace igual a cero, el problema se transforma en el de un punto cuántico axialmente simétrico como el de la figura 5a, que se puede resolver analíticamente. Las funciones de onda y energías encontradas (Ecuación (1.3)) para el problema reducido se usan como base para el cálculo de la solución del problema completo por medio de métodos numéricos.

$$\Psi_{n_\rho, m, l}(\rho, \phi, z) = C_{n_\rho, |m|} \sqrt{(2/h(\rho))} \rho^{|m|} e^{(-\lambda/2 \rho^2)} L_{n_\rho}^{|m|}(\lambda \rho^2) e^{im\phi} \sin(\pi z/h(\rho))$$

$$E = \sqrt{((4\pi^2/h_0^2 R^2) + \gamma^2) (|m| + 2n_\rho + 1) - m\gamma + \pi^2/h_0^2} ; \tag{1.3}$$

$$n_\rho = 1, 2, \dots, m = 0, \pm 1 \pm 2, \dots$$

Anillo cuántico tipo cráter con defectos estructurales

En investigaciones recientes se plantea un modelo de QR de tipo cráter no isotrópico y se estudia la variación de los niveles energéticos en función del campo magnético externo en la dirección de crecimiento de la estructura¹⁰. El espesor del anillo (dirección de crecimiento $-z$) d crece linealmente con la distancia ρ al centro del cráter de acuerdo a la función en coordenadas cilíndricas (1.4), en la que la función $V(x) = 0$ para $x < 0$ y $V(x) = 1$ para $x > 0$ representa la función de paso de Heaviside, ρ_a y ρ_b son los radios interno y externo, respectivamente, h_0 la altura máxima del QR, σ es el parámetro de escala de la falta de uniformidad, y $f(\phi)$ es una función de ajuste para modelar la irregularidad de la estructura.

$$d(\rho, \phi) = ((h_0 \rho v(\rho - \rho_a)) (v(\rho_b - \rho)) / \sqrt{(\rho_b^2 + \sigma^2 \rho^2 f^2(\phi))}) ; \tag{1.4}$$

$$f(\phi) = \text{sen}(k\phi)$$

De la misma forma que en el problema del punto cuántico con anisotropía estructural presentado anteriormente, en este trabajo se consideró un potencial de barrera infinita y se emplearon tanto la aproximación de masa efectiva como la aproximación adiabática, el Hamiltoniano adimensional para el electrón confinado en un QD tipo cráter con defectos estructurales, en presencia de campo magnético externo y para el movimiento en el plano de la estructura se presenta en (1.5).

Cuando $\sigma=0$, en las relaciones (1.4) y (1.5), se modela un cráter axialmente simétrico, cuyo espesor se incrementa linealmente en la dirección radial desde un valor mínimo en la frontera del hueco central al valor máximo h_0 en la frontera exterior, el Hamiltoniano tiene solución analítica y se usa como base en el marco del método numérico de la diagonalización exacta para resolver el problema del cráter con diferentes defectos estructurales.

$$H(\sigma) = -\left(\frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho} \cdot \rho \frac{\partial}{\partial \rho}\right) - \left(\frac{1}{\rho^2} \left[\frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} - \pi^2 \rho_b^2 / h_0^2 \right] + i\gamma \frac{\partial}{\partial \varphi} + \gamma^2 \rho^2 / 4\right) + \left(\pi^2 / h_0^2\right) \sigma^2 f^2(\varphi) ; \quad \rho_a < \rho < \rho_b \quad (1.5)$$

En la figura 6 se presentan los modelos considerados en este estudio (referencia 10).

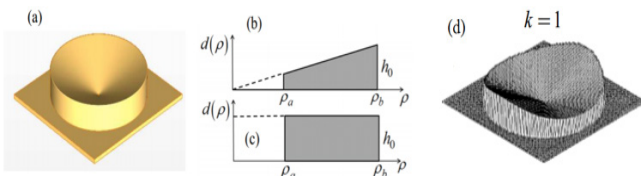


FIGURA 6. Modelo estructural del punto cuántico tipo cráter (a) Axialmente simétrico ($\sigma=0$) (b) Perfil del QR con altura variable (c) Perfil del QR con altura constante y (d) modelo de un cráter no uniforme con $k=1$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de realizar un análisis comparativo del efecto de la irregularidad morfológica en puntos cuánticos lenticulares y anillos cuánticos tipo cráter sobre el espectro energético de un electrón confinado en su interior, en función del campo magnético, se presentan a continuación los resultados de la resolución de los Hamiltonianos del punto cuántico anisótropo (1.2) y del QR con defectos estructurales (1.5), se consideran las estructuras simétricas y aquellas poseen dos regiones prominentes.

El QD se consideró de InAs, en el que la masa efectiva del electrón se tomó¹¹ como $0.022 m_e$, los parámetros de altura h_0 y de radio se ajustaron en 5 nm y 100 nm, respectivamente. En la figura 7 se muestran los 60 niveles energéticos más bajos para el QD axialmente simétrico en función de la intensidad del campo magnético, estos evidencian los siguientes comportamientos al límite: cuando el confinamiento magnético es comparable con el confinamiento estructural, esto es para campos magnético bajos, entonces hay una hibridación de los niveles de Landau¹² con los niveles que surgen del confinamiento espacial. Por otro lado, a medida que se incrementa el campo magnético entonces se ve como la estructura espectral adquiere una configuración tipo niveles de Landau, lo cual evidencia la existencia de una transición gradual de $10 a_0$ una cuantización espacial a una magnética.

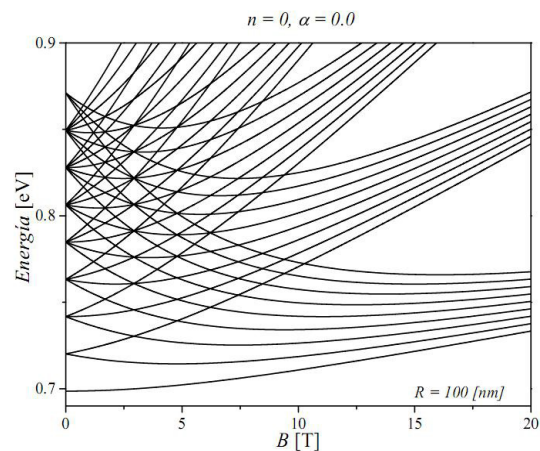


FIGURA 7. Primeros niveles energéticos para un QD axialmente simétrico ($n=0$) en función del campo magnético.

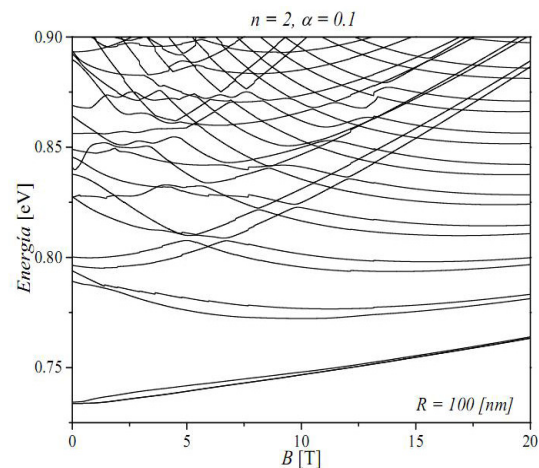


FIGURA 8. Primeros niveles energéticos para un QD anisótropo con $n=2$ y $\alpha=0.1$

En la figura 8 se muestra el caso para $n=2$ y $\alpha=0.1$ caso para el cual la estructura presenta una simetría C_{2v} . Este gráfico revela la aparición de parejas de niveles muy cercanos entre sí debido a la existencia de un pozo doble y simétrico de potencial, similar a lo que ocurre en una molécula natural H_2^+ . Es de resaltar que a pesar de que el grado de anisotropía es pequeño, esto es, las variaciones en la altura del QD son del 5% aproximadamente para $\alpha=0.1$, al comparar estas curvas con las

obtenidas para el caso simétrico (figura 2) para valores bajos de campo magnético, se observan notables diferencias, como es el caso de la aparición de anticruces o repulsión entre niveles, lo se puede traducir como la eliminación de la degeneración entre niveles debida a la ruptura de la simetría circular del QD. Puede también mencionarse el hecho de que los cambios más notables en el espectro se observan para el caso en el que el confinamiento magnético es menor o apenas comparable con el confinamiento estructural, lo cual implicará un mayor efecto de la anisotropía estructural sobre los diferentes estados electrónicos.

Por otro lado, el punto cuántico tipo cráter, cuyo grosor se determina por la función (1.5), se consideró de material $In_xAl_{1-x}As$, con parámetros $a_0 = 10 \text{ nm}$ (radio de Bohr efectivo) y $Ry_0 = 6 \text{ meV}$ (Rydberg efectivo). En la figura 9 se presenta una comparación entre varios QDs tipo cráter sin defectos estructurales, para esto se ajustó $\sigma = 0$ en la ecuación (1.5), los cuales tienen en común una altura constante de $1a_0$ y un radio externo de $10a_0$; en la primera fila de esta gráfica se muestra el modelo de la estructura, en la segunda los niveles con diferente momento angular (número cuántico $m = 0, 1, 2, \dots, 10$) para sólo un número cuántico radial $n = 1$, mientras que en la tercera se agrega la banda correspondiente a $n = 2$; en las columnas primera y tercera se presentan los resultados para los casos en los que la altura crece linealmente desde el radio interno, que adquiere valores de $0.01a_0$ y $5a_0$ respectivamente, hasta el radio externo (Figura 6b); en cambio las columnas segunda y cuarta muestran anillos toroidales (Figura 6c) con radios internos también de $0.01a_0$ y $5a_0$, en cada caso.

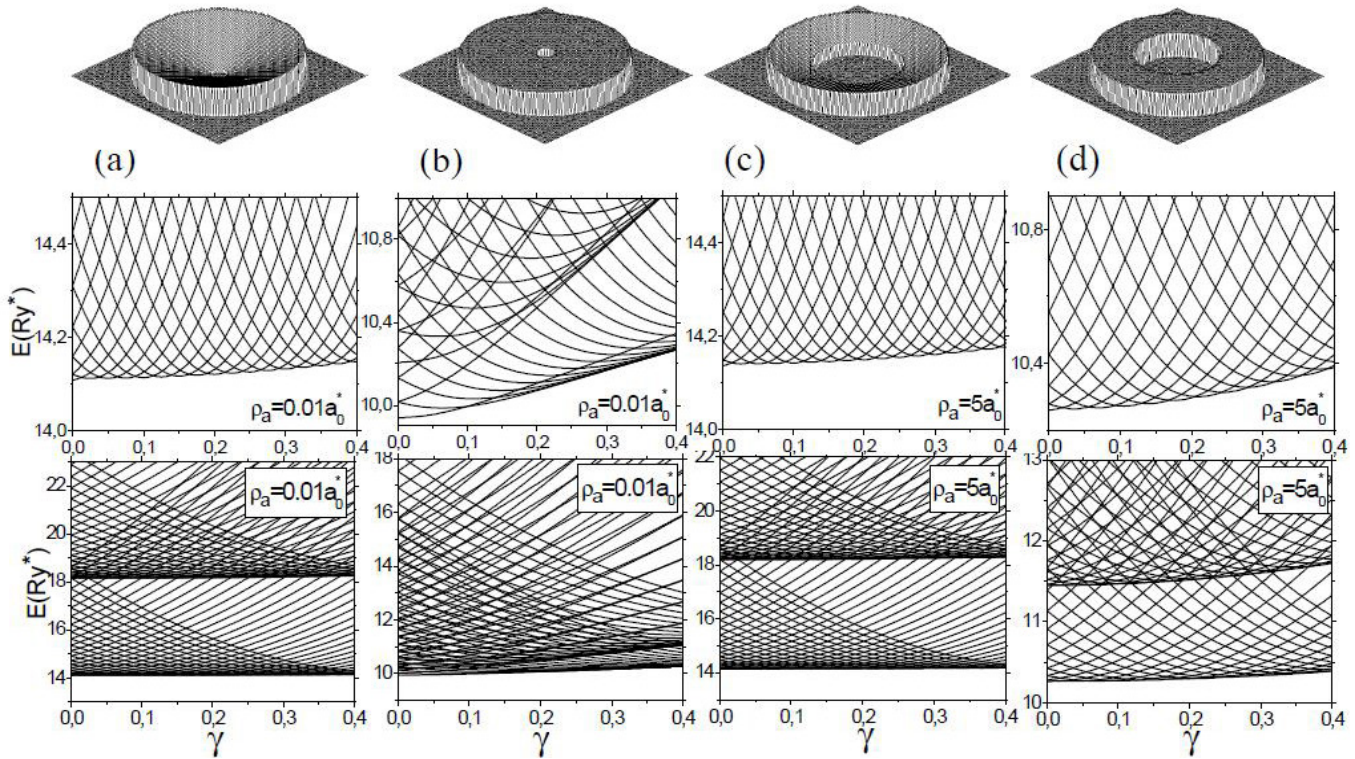


FIGURA 9. Niveles energéticos más bajos para QDs tipo cráter (a,c) y QRs (b,d) con radio externo $\rho_b = 10a_0$ y altura $h_0 = 1a_0$ y dos diferentes valores de radio interno $\rho_a = 0,01a_0$ (a,b) y $\rho_a = 5a_0$ (c,d)

Las figuras 9a, 9c y 9d muestran que la energía presenta un comportamiento oscilatorio a medida que se aumenta el campo magnético, tal fenómeno se conoce como oscilaciones Aharonov-Bohm¹³ y su formación es una de las características propias de los anillos cuánticos; en cambio en la figura 9b los niveles de energía presentan un comportamiento creciente similar al del espectro energético del QD lenticular presentado en la figura 7, esto se debe a que el radio interno pequeño en un anillo toroidal lo lleva a comportarse prácticamente como un punto cuántico en forma de disco. Al comparar específicamente las figuras 9a y 9b, se puede afirmar que

un apagamiento en las oscilaciones de AB tiene lugar cuando la pendiente de crecimiento de la altura del punto cuántico tipo cráter con radio interno pequeño tiende a cero.

En la figura 10a y 10b se presentan los resultados de la energía en función del campo magnético para un punto cuántico tipo cráter con radio interno igual a cero, radio externo de $10a_0$, altura $h_0 = 2a_0$ y defectos estructurales que consisten de dos cimas y dos valles en la estructura (Figura 6d), para valores del parámetro de escala de la falta de uniformidad σ de 0.01 y 0.1, respectivamente. Se presentan oscilaciones AB en los niveles con mayor energía, pero se desaparecen en el

estado base y algunos de los primeros niveles excitados. Aquellos niveles en los que la energía no oscila con el aumento del campo magnético tienden a emparejarse, puesto que las dos regiones altas llevan a que, desde el punto de vista energético, se formen dos regiones que actúan como pozos de potencial y dos como barreras para el electrón. El incremento en el parámetro de no-uniformidad σ genera que el número de primeros niveles agrupados y sin oscilaciones de energía sea mayor.

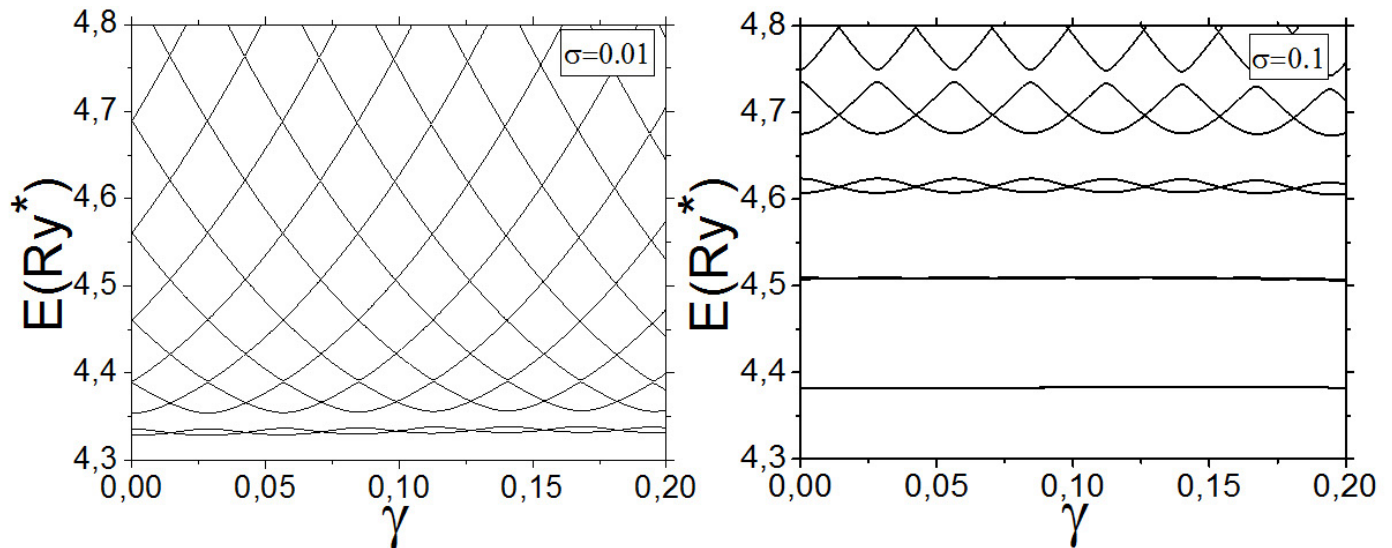


FIGURA 10. Energías más bajas de un electrón en un cráter no-uniforme en función del campo magnético con radio interno $\rho=0$, radio externo $\rho=10 a_0$, altura $h_0=2 a_0$ y dos diferentes niveles de homogeneidad (a) $\sigma = 0.01$ y (b) $\sigma = 0.1$

Con los modelos estudiados se ha podido observar que la energía para un punto cuántico tipo cráter perfecto en función del campo magnético obedece a un patrón oscilatorio. Tal comportamiento desaparece paulatinamente a medida que la altura del radio externo del cráter tiende a ser igual a la de su radio interno, puesto que la morfología de la estructura se va transformando a la de un punto cuántico con forma de disco, caso en el cual los niveles de energía tienden a crecer con el aumento del campo magnético; además la existencia de irregularidades morfológicas en este tipo de sistemas también genera la extinción de las oscilaciones AB, tan solo que se afectan principalmente los niveles con energía más baja.

CONCLUSIONES

Se presentaron modelos teóricos para puntos cuánticos lenticulares y de tipo cráter con irregularidades en su morfología y se estudió el espectro energético de un electrón confinado en las estructuras propuestas, que adicionalmente se encontraban en la presencia de un campo magnético externo en la dirección de crecimiento.

Al comparar el comportamiento de los niveles de energía en función de la intensidad del campo magnético externo de los puntos cuánticos lenticular isotrópico y cráter perfecto se encontró que presentan una diferencia marcada: en el primero la energía se comporta de forma diferente según sea la intensidad del campo magnético, en las regiones donde éste es bajo los niveles se

entrecruzan, mientras que al aumentar el confinamiento magnético su comportamiento es creciente y tienden a agruparse alrededor de ciertos valores conocidos como "Niveles de Landau"; en el segundo tipo de QD aparecen oscilaciones Aharonov-Bohm, lo que muestra que los puntos tipo cráter perfecto se comportan como anillos cuánticos. Por otro lado al analizar las estructuras que poseían dos regiones prominentes y dos valles, se encontró que para el QD lenticular el confinamiento estructural se hace muy fuerte generando anticruces o repulsión entre niveles en las regiones de campo magnético bajo, además la anisotropía puede favorecer la formación de estados moleculares similares a los de una molécula natural H_2^+ . En cambio, en el QD tipo cráter con dos "cimas" las oscilaciones AB desaparecen en los niveles más bajos y estos tienden a agruparse de forma similar al punto cuántico lenticular asimétrico, los niveles de con mayor energía siguen presentando oscilación en su energía. Los emparejamientos de niveles se deben a que ambas estructuras presentan dos puntos con la misma altura, por lo que por el principio de incertidumbre el electrón tiene más probabilidad de estar en estas regiones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Murty BS, Shankar P, Raj B, Rath BB, Murday J. Textbook of Nanoscience and Nanotechnology, Springer Berlin Heidelberg, 2013.

2. Poole Jr. CP, Owens FJ. *Introduction to Nanotechnology*, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2003.
3. Freestone I, Meeks N, Sax M, Higgitt C. «The Lycurgus cup—a roman nanotechnology» *Gold Bulletin*, 2007; 40(4): 270-7.
4. Esaki L, Tsu R. «Superlattice and Negative Differential Conductivity in Semiconductors», 1970; 4(1).
5. López-López M, Méndez-García VH. «Departamento de Física. CINVESTAV» Enero 2008. [En línea]. Disponible en: <http://www.fis.cinvestav.mx/~orosas/REVCINV/p44.pdf>.
6. Granados D, García J. «In(Ga)As self-assembled quantum ring formation by molecular beam epitaxy,» *Applied physics letters*, 2003; 82(15): 2401-3.
7. Fomin VM. *Physics of Quantum Rings*, Heidelberg: Springer, 2013.
8. Wu J, Hu X, Lee J, Kim ES, Wang ZM. «Epitaxially Self-Assembled Quantum Dot Pairs» *Advanced Optical Materials*. 2013; 1(3): 201-14.
9. Boonpeng P, Jevasuwan W, Suraprapapich S, Ratathamaphan S, Panyakeow S. «Quadra-quantum dots grown on quantum rings having square-shaped holes: Basic nanostructure for quantum dot cellular automata application» *Microelectronic Engineering*, 2009; 86(4): 853-6.
10. Rodríguez-Prada F, L.García y I. Mikhailov, «One-electron quantum ring of non-uniform thickness in magnetic field» *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*. 2014; 56: 393-9.
11. Davies JH. *The physics of low dimensional semiconductors. An introduction*, Cambridge University Press, 1998.
12. Landau LD, Lifschitz EM. *Quantum Mechanics: Non-relativistic Theory. Course of Theoretical Physics*. 3rd ed. London: Pergamon Press. 1977; 3.
13. Aharonov Y, Bohm D, *Phys. Rev.*, 1959; 115-485.

Innovaciencia 2015; 2 (1): 18 - 21

A NEW MUTATION AT EXON 2 OF HPRT1 LOCUS CAUSING LESCH-NYHAN SYNDROME

Adriana María Gil Zapata¹, Adriana Castillo Pico², Leonor Gusmão^{3,4},
António Amorim⁵ , Fernando Rodríguez-Sanabria⁶

Cómo citar este artículo: Gil Zapata AM, Castillo Pico A, Gusmão L, Amorim A, Rodríguez F. A new mutation at exon 2 of HPRT1 locus causing Lesch-Nyhan syndrome. *Innovaciencia facultad cienc. exactas fis. naturales*. 2015; 3(1): 18 - 21

Artículo recibido el 09 de noviembre de 2015 y aceptado para publicación el 24 noviembre de 2015

DOI: <http://dx.doi.org/10.15649/2346075X.362>

ABSTRACT

Introduction: Lesch-Nyhan syndrome (LNS) is an X-linked recessive inborn error of metabolism, due to deficiency of the enzyme Hypoxanthine-guanine-phosphoribosyl transferase (HGPRT; EC.2.4.2.8) resulting in hyperuricemia, neurological and behavioural disturbances. In the present work, we report the results of the study of a Colombian family, where LNS was previously clinically and biochemically diagnosed. **Material and Methods:** The full HPRT gene, including 9 exons and 8 introns, was amplified on eight separate DNA fragments. Both strands, forward and reverse, of the amplified DNA fragments were analyzed and the obtained sequences were compared with those deposited at National Center for Biotechnology Information. **Results and conclusions:** Sequence analysis allowed the detection of new LNS causing mutation, an adenine deletion in exon 2 of HPRT1 gene resulting in a frameshift which determines a premature stop codon. This study, besides adding a new mutation to the already large spectrum of disease causing variation at HPRT, allows therefore providing genetic counseling for the family as well as prenatal diagnosis.

Keywords: Lesch-Nyhan, HGPRT deficiency, genetic counseling, X-linked recessive, mutation

1. MSc en Ciencias Básicas Biomédicas. Docente Asociado. Genetic Laboratory of Industrial University of Santander (UIS). Bucaramanga. Colombia. Corresponding author: labgen1@uis.edu.co

2. MSc en Ciencias Biológicas. Docente Titular. Genetic Laboratory of Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Colombia.

3. DNA Diagnostic Laboratory (LDD), State University of Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, Brazil.

4. Instituto de Investigação e Inovação em Saúde //IPATIMUP, Universidade do Porto, Portugal,

5. Faculty of Sciences, University of Porto, Portugal.

6. Profesor Asistente de la UIS, Msc. en Biología, PhD en Ciencias Biomédicas.

INTRODUCTION

Lesch-Nyhan syndrome (LNS) is an X-linked recessive inborn error of metabolism, due to deficiency of the enzyme Hypoxanthine-guanine-phosphoribosyltransferase (HGPRT; EC.2.4.2.8) resulting in hyperuricemia, neurological and behavioural disturbances. In the present work, we report the results of the study of a Colombian family, where LNS was previously clinically and biochemically diagnosed. Sequence analysis allowed the detection of new LNS causing mutation, an adenine deletion in exon 2 of HPRT1 gene resulting in a frame shift which determines a premature stop codon.

The Lesch-Nyhan syndrome (LNS) is an inborn error of purine metabolism caused by a virtually complete deficiency (less than 1.5% of the normal level) of the enzyme Hypoxanthine-guanine phosphoribosyl transferase (HGPRT) causing hyperuricemia and profound neurological disturbances (OMIM#300322). LNS is characterized by an overproduction of uric acid, neurological dysfunction, varying degrees of learning disability, and some behavioral abnormalities including self-mutilation¹. Three main phenotypic subgroups are recognized. The most severe subgroup is Lesch-Nyhan disease (LND), in which full classical syndrome occurs.

Least affected subgroup is HGPRT-related hyperuricemia (HRH), where patients exhibit overproduction of uric acid and show a residual enzyme activity of 8%. In HRH the neurobehavioral features are absent or sufficiently mild with no clinical significance. An intermediate subgroup is HGPRT-related neurological dysfunction (HND), where patients exhibit overproduction of uric acid along with varying degrees of neurological impairments and display 1.5–8% of residual enzyme activity².

The mutations are dispersed all over the gene, both in exons and intronic regions, and are very heterogeneous both in type and effects on HPRT activity². However, recent studies have revealed multiple unrelated patients with similar mutations, providing an opportunity to examine genotype–phenotype correlations³.

HPRT gene is located on X chromosome, at Xq26-q27 region, and consists of nine exons and eight introns, spanning 45 kb⁴; the mRNA transcript is 1.6 kb long, encoding a protein with 218 amino acids¹. More than 400 different causing HPRT deficiency mutations have been described, including a total of 250 responsible for LNS. As a consequence of the sex-linked mode of transmission LNS affects almost exclusively males and an allele frequency of approximately 2×10^{-3} is responsible for an estimated incidence at birth of 1/380,000.

Although there are many reports on families carrying the LNS, until now a single case has been described for a Colombian family. Two affected members of this family were first clinically diagnosed in 1992⁵ and later they

were characterized biochemically⁶. Subsequently analysis of alleles at an STR locus in intron 3 of the HPRT gene were performed in 16 members from this family in order to establish the carrier statuses of the women⁷. In this work we report the results of the sequencing study on this Colombian family with members affected by LNS, which revealed a new mutation at HPRT locus.

MATERIALS AND METHODS

The genealogy of the studied family is shown in **Figure 1**. Samples were collected after informed consent. DNA was extracted from total blood by salting-out⁸. Kinship was confirmed using a previously described protocol for the amplification of 10 X chromosome STRs^{9,10}.

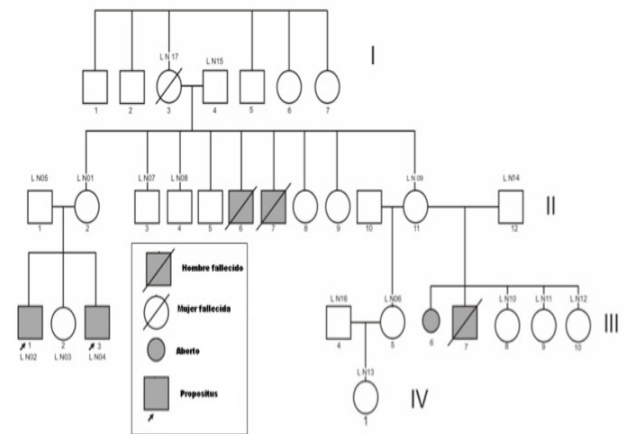


Figure 1. The genealogy of the family with Lesch-Nyhan syndrome. Greyed symbols correspond to affected individuals; a smaller circle to a newborn death; arrows point to the proposita. Note that all coded individuals, except LN17, were sequenced.

The full HPRT gene, including 9 exons and 8 introns, was amplified on eight separate DNA fragments following a previous described protocol¹¹. Both strands, forward and reverse, of the amplified DNA fragments were sequenced employing Big Dye Terminator Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems) in an ABI PRISM 377 DNA sequencer (Applied Biosystems)¹². Obtained sequences were compared with those deposited at NCBI⁴.

RESULTS

Complete sequencing of the 9 exons and 8 introns of HPRT gene of both affected individuals, has revealed an adenine deletion at position 52 of exon 2. No other variation previously associated with the disease was found. The sequencing results of the affected male and a normal homozygote female are shown in **Fig 2** and **Fig 3** respectively.

6. PhD en Ciencias Bológicas. Docente Titular. Industrial University of Santander (UIS). Bucaramanga. Colombia.

C C A G G T T A T G A C C T T G A T T T A T T

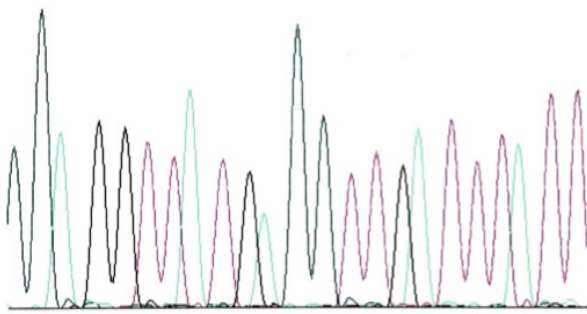


Figure 2. Sample of a woman homozygous for the normal sequence of exon 2 of HPRT1 gene.

del A



C C A G G T T A T G C C T T G A T T

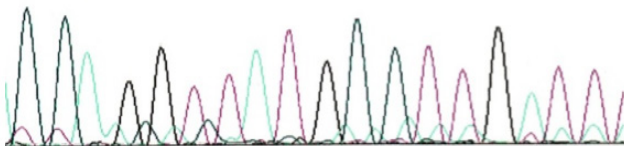


Figure 3. Sample of a male hemizygous for the sequence with the deletion of adenine at position 52 of exon 2 of HPRT1 gene.

This deletion causes a shift of the reading frame in Y17 and generates a stop codon at 41. Figure 2 shows the sequencing of an analyzed sample of a homozygous for the normal sequence of exon 2. Figure 4 shows the sequences of the normal allele and the mutated one for a carrier.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS:

Sequencing of the HPRT gene in this family members allowed the discovery of a new mutation at exon 2, an adenine deletion determining a premature codon stop at position 41 of this exon. Although other mutations at codon 2 were previously reported, none corresponds to the variant here described^{13,14}. The diagnosis in patients LN02 and LN04 was confirmed and we were able to trace the transmission of the mutation in the family and namely to establish the carrier status of females (LN01, LN09, LN06, LN10, LN12). This study, besides adding a new mutation to the already large spectrum of disease causing variation at HPRT, allows therefore providing genetic counseling for the family as well as prenatal diagnosis⁷.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to acknowledge the contribution of R.J. Torres and J.G. Puig for sequencing the HPRT1 gene, in Division of clinical Biochemistry, La Paz University Hospital, Madrid, Spain.


REFERENCES

1. Jinnah HA, Friedmann T. Lesch-Nyhan disease and its variants in: Scriver CR, Beaudet AL, Sly D, Valle. *The Metabolic & molecular bases of inherited disease*. 8th ed. New York: McGraw-Hill, 2001; (4):2543.
2. Fu F, Jinnah HA. Genotype-Phenotype correlations in Lesch-Nyhan disease moving beyond the gene. *J. Biol. Chem.* 2012; 287(5):2997-3008.
3. Sampat R, Fu R, Larovere L, Torres RJ, Ceballos-Picot I, Fischbach M et al. Mechanisms for phenotypic variation in Lesch Nyhan disease and its variants *Hum Genet.* 2011; 129(1):71-8.
4. Argos P, Hanei M, Wilson JM, Kelley WN. The National Center for Biotechnology Information (NCBI) Nucleotide [database on internet] En: M26434. Reports Human hypoxanthin...[gi:184369] Available from: www.ncbi.nlm.nih.gov/Genbank, 2001.
5. Barrera LA, Rodríguez F, Gómez A, Echeverry O, Escudero E. Aspectos clínicos y bioquímicos del síndrome de Lesch-Nyhan. *Acta méd. colomb.* 1992; 17(6):447-52.
6. Rodríguez F, Barrera A. Actividad de la enzima HG-PRT en Eritrocitos de una familia afectada por el síndrome de Lesch Nyhan. *Salud UIS.* 2001; 33:32-5.
7. Gil A, Castillo A, Rodríguez F, Amorim A, Gusmão L. Linkage between HPRTB STR alleles and Lesch-Nyhans syndrome inside a family: Implications in forensic casework. *Forensic Sci. Int Genet.* 2013; 7:e5-e6.
8. Miller SA, Dykes DD, Polesky HFRN. A simple salting out procedure for extracting DNA from human nucleated cells, *Nucl. Ac. Res.* 1988; 16(3):1215.
9. Gomes I, Prinz M, Pereira R, Meyers C, Mikasovich RS, Amorim A, et al. Genetic analysis of three US population groups using a X-Chromosomal STR decaplex, *Int. J. Legal Med.* 2007; 121(3):198-203.
10. Pico A, Castillo A, Vargas C, Amorim A, Gusmão L. Genetic profile characterization and segregation

- analysis of 10 X-STRs in a sample from Santander, Colombia. *Int. J. Legal Med.* 2008; 122(4):347-51.
11. Torres RJ, Mateos FA, Molano J, Gathoff BS, O'Neill JP, Gundel RM, Trombley L, Puig JG. Mutations in the Hypoxanthine-Guanine Phosphoribosyltransferase Gene in Spanish HPRT Deficient Families. In *Purine and Pyrimidine Metabolism in Man X*, *Adv. Exp. Med Biol.* 2002; 11-4.
 12. Edwards A, Voss H, Rice P, Civitello A, Stegemann J, Schwager C, Zimmermann J, Erfle H, Caskey CT, Ansorge WE, et al. Automated DNA Sequencing of the Human HPRT locus. *Genomics.* 1990; 6(4):593-608.
 13. Jinnah HA, Harris JC, Nyhan WL, O'Neill JP. Department of Neurology, Johns Hopkins Hospital, Baltimore, Maryland 21287, USA. The spectrum of mutations causing deficiency: an update Nucleosides Nucleotides. *Nucleic Acids.* 2004; 23(8-9):1153-60.
 14. Fu R, Ceballos-Picot I, Torres RJ, Larovere LE, Yamada Y, Nguyen KV, Hegde M, Visser JE, Schretlen DJ, Nyhan WL, Puig JG, O'Neill PJ, Jinnah HA. For the Lesch-Nyhan Disease International Study Group. Genotype-phenotype correlations in neurogenetics: Lesch-Nyhan disease as a model disorder. *Brain.* 2014; 137(5):1282-1303.

Innovaciencia 2015; 3 (1): 22 - 28

UN MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA PARA EVALUAR LA PREVALENCIA DEL SÍNDROME METABÓLICO EN LA POBLACIÓN GENERAL, MÉRIDA, VENEZUELA

Erasmus Rafael Salazar¹, Luis Antonio Nava Puente² , Douglas Edwin Rivas Olivo³, Alejandro Ramón González Benítez⁴,
Xiomara Josefina Maldonado Quintero⁵

Cómo citar este artículo: Salazar, ER, Nava Puente, LA, Rivas Olivo, DE, González Benítez, AR. Maldonado Quintero, XJ. Variables asociadas con la prevalencia del síndrome metabólico en la población general, Mérida, Venezuela, 2005. Innovaciencia facultad cienc. exactas fis. naturales. 2015; 3(1): 22 - 28

Artículo recibido el 06 de mayo de 2015 y aceptado para publicación el 25 noviembre de 2015

DOI: <http://dx.doi.org/10.15649/2346075X.365>

RESUMEN

Introducción: Esta investigación ajusta un modelo para la prevalencia del Síndrome Metabólico y, evalúa *el nivel de acuerdo* en la clasificación de la población general, área metropolitana, municipio Libertador de la ciudad de Mérida, Venezuela, 2005, según las variables PREV1 y PREV2, diseñadas empleando criterios de NCPE-ATP III. **Materiales y Métodos:** Se propone el uso del coeficiente kappa de Cohen para medir dicho acuerdo. Se emplea el procedimiento propuesto por Nava y Sinha (2007), para ajustar un modelo de regresión logística que relaciona la prevalencia de Síndrome Metabólico (SM), también conocido como Síndrome X, con las variables sexo, talla, peso, índice de masa corporal (IMC), alcohol, tabaco, sedentarismo, glucosa, HDL, triglicéridos, obesidad, clase social, edad y estado civil; considerando información referente a un grupo de 275 habitantes. **Resultados discusión:** Los resultados indican que las variables relacionadas en forma significativa con la presencia de SM son sexo, IMC, glucosa, HDL, triglicéridos y edad. Glucosa, HDL, triglicéridos e índice de masa corporal corregido, son variables que incrementan en forma significativa las posibilidades de prevalencia de SM. **Conclusiones:** Se concluye, que las mujeres tienen mayores posibilidades que los hombres de presentar SM; el valor obtenido para el coeficiente kappa de Cohen, indica que existe un alto acuerdo en la clasificación de los individuos considerados en la investigación según las variables PREV1 y PREV2, es decir, cualquiera de esas variables puede usarse para determinar la prevalencia de SM.

Palabras clave: Prevalencia, síndrome X, metabólico, regresión logística, coeficiente Kappa

1. Licenciado en Matemática. MSc. en Matemáticas. Docente Agregado. Universidad de Oriente Núcleo Sucre, Facultad de Ciencias. Sucre. Venezuela. E-mail: erasmo7772003@yahoo.com

2. Licenciado en Estadística. MSc. En Estadística. PhD en Estadística Aplicada. Docente Titular. Universidad de Los Andes, Facultad de Economía, Grupo de Investigación en Estadística y Matemática. Mérida. Venezuela. E-mail: luis.lucho6884@gmail.com

3. Ingeniero de Sistema, MSc. en Estadística Aplicada. Docente Agregado. Universidad de Los Andes, Facultad de Economía, Grupo de Investigación en Estadística y Matemática. Mérida. Venezuela. E-mail: drivas@ula.ve

4. Licenciado en Matemática, MSc en Estadística Aplicada. Docente Asistente. Universidad de Los Andes, Facultad de Economía, Grupo de Investigación en Estadística y Matemática. Mérida. Venezuela. E-mail: alegonza@ula.ve

5. Ingeniero de Sistema, Especialista en Investigación de Operaciones. Universidad de Los Andes, Facultad de Economía, Grupo de Investigación en Estadística y Matemática. Mérida. Venezuela. E-mail: mxioama@ula.ve

PREVALENCE OF THE METABOLIC SYNDROME IN SUBJECTS FROM THE GENERAL POPULATION, MÉRIDA, VENEZUELA, 2005

ABSTRACT

Introduction: This research sets a model for the prevalence of Metabolic Syndrome and evaluates the level of agreement in the classification of the general population, metropolitan area, Libertador municipality of the city of Mérida, Venezuela, 2005, according to variables PREV1 and PREV2, designed using the criteria of the NCPE-ATP III. **Materials and methods:** We propose the use of Cohen's kappa coefficient to measure this deal. This paper uses the proposed procedure by Nava and Sinha (2007), to fit a logistic regression model that relates the prevalence of metabolic syndrome (MS) or syndrome X, with the variables sex, height, weight, CBMI, alcohol, snuff, sedentary lifestyle, glucose, HDL, triglycerides, obesity, social class, age and marital status, considering information on a group of 275 people. **Results and discussion:** Results shows that the variables significantly associated with the presence of MS are sex, CBMI, glucose, HDL, triglycerides and age. Glucose, HDL, triglycerides and CBMI, are variables that increases significantly the chances of prevalence of MS. **Conclusions:** We conclude that women are more likely than men to have SM; the value obtained for the Cohen kappa coefficient, indicate a high agreement on the classification of individuals considered in the investigation according to the variables PREV1 and PREV2, i.e. any of these variables can be used to determine the prevalence of MS.

Keywords: Prevalence, syndrome X, metabolic, logistic regression, kappa coefficient.

INTRODUCCIÓN

El Síndrome Metabólico (SM), también conocido como Síndrome X, trata una asociación de problemas de salud que pueden aparecer de forma simultánea o secuencial en un mismo individuo, causados por la combinación de factores genéticos y ambientales asociados al estilo de vida, en los que la resistencia a la insulina se considera el componente patogénico fundamental. La presencia del SM se relaciona con un incremento significativo de riesgo de *diabetes mellitus tipo 2 (DM2)*, *enfermedad coronaria* y *enfermedad cerebro vascular*, con disminución en la supervivencia, en particular, por el incremento unas 5 veces en la mortalidad cardiovascular. La prevalencia del SM es la proporción de personas que sufren el SM con respecto al total de la población en estudio.

El SM se ha convertido en uno de los principales problemas de salud pública del siglo XXI, y según reportes de la Organización Mundial de la salud (OMS) la

prevalencia varía entre 1.6 a 15%; no obstante, cuando el índice de masa corporal (IMC) se incrementa a 35 o más, la prevalencia se incrementa hasta el 50%. Asimismo, se indica que la OMS reporta la prevalencia modificada directamente por la edad, pues, entre personas de 20 a 29 años 6.7% son los portadores de SM, mientras que en personas mayores de 60 años, la prevalencia es mayor a 43%^{1,2}.

Específicamente en Estados Unidos, hasta 1994, la prevalencia del SM era de alrededor de 20 a 25%, sin diferencias de sexo, esto es, 47 millones de norteamericanos con SM. Se destaca un incremento de esta prevalencia para el año 2000 a 26.7%^{1,3}.

En América Latina, se alcanza un estado relativamente avanzado de la transición epidemiológica con la aparición de la doble carga de morbilidad, donde coexiste la desnutrición con la obesidad. La última como consecuencia de los malos hábitos alimenticios, la falta de actividad física y el deficiente nivel de información de la población⁴.

Se destaca la prevalencia de 33% de SM en una población mayor a 30 años en Bogotá (Colombia) durante el 2002¹¹. Y para el año 2004, en México, se reportan prevalencias que van del 13.6 al 26.6% en la población general, incrementándose hasta el 36.6%⁵.

Se conoce que existen múltiples factores para el desarrollo de SM, cabe mencionar la predisposición genética a desórdenes metabólicos, el peso al nacer, el sexo, la edad, la obesidad, el sedentarismo, los hábitos dietéticos deficientes, el estrés social y el tabaquismo, todos resultado de un estilo de vida moderno acorde al desarrollo y necesidades de finales del siglo XX y del siglo XXI⁶.

Lo anterior sugiere la importancia de estudiar la prevalencia en la región donde se vive, con el propósito de cuantificar la magnitud del problema, y compararlo con otras realidades epidemiológicas internacionales. En este sentido, se propone un estudio epidemiológico de la población general, Área Metropolitana Municipio Libertador de la ciudad de Mérida, Venezuela, 2005, con el propósito de describir la prevalencia de SM según los criterios de la NCPE-ATP III.

Para orientar esta investigación se plantean como objetivos medir mediante el coeficiente kappa el acuerdo global en la clasificación de la población general, Área Metropolitana Municipio Libertador de la ciudad de Mérida, en el año 2005, usando los criterios de la NCPE-ATP III; y analizar el efecto de las variables medidas sobre el SM mediante regresión logística.

MATERIALES Y MÉTODOS

Coeficiente Kappa de Cohen

El Coeficiente Kappa de Cohen^{6,7} es un índice de acuerdo de uso común dada su facilidad de cálculo e interpretación. Puede ser aplicado a tablas de

clasificación cruzada para dos o más evaluadores. Es un estadístico que condensa y proporciona en un solo valor, información relevante acerca del acuerdo y está definido por (1) como sigue:

$$k = (\pi_0 - \pi_c) / (1 - \pi_c) \quad (1)$$

Donde π_0 representa la probabilidad de que ambos evaluadores acuerden, y π_c la probabilidad de acuerdo por casualidad.

Ahora bien, si se tienen n elementos a ser clasificados por dichos evaluadores, los resultados de tal clasificación pueden presentarse en una tabla de contingencia $r \times r$, como la que se muestra en la tabla 1. Aquí n_{ij} representa el número de elementos clasificados en la celda ij , n_{i+} el número de elementos clasificados por el evaluador A en la categoría i , y n_{+j} el número de elementos clasificados por el evaluador B en la categoría j .

Sean $p_{i+} = n_{i+}/n = \sum_j p_{ij}$ y $p_{+j} = n_{+j}/n = \sum_i p_{ij}$ los estimadores de π_{i+} y π_{+j} respectivamente. De esta forma, p_{i+} y p_{+j} representan la proporción total para la fila y la columna de la tabla de contingencia [6, 7].

Tabla 1. Tabla de Contingencia

Evaluador B	Evaluador A				Total
	1	2	...	r	
1	n_{11}	n_{12}	...	n_{1r}	n_{1+}
2	n_{21}	n_{22}	...	n_{2r}	n_{2+}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
r	n_{r1}	n_{r2}	...	n_{rr}	n_{r+}
Total	n_{+1}	n_{+2}	...	n_{+r}	n

Fuente: Autores

Asumiendo independencia en las clasificaciones realizadas por los dos evaluadores, la proporción de casos en el cual dichos evaluadores acuerdan por casualidad puede estimarse como:

$$P_c = \sum_{i=1}^r (P_i + P_{+i}) \quad (2)$$

Luego, en base a los datos de la tabla 1 se obtiene el estimador del coeficiente Kappa de Cohen, el cual toma la forma dada en (2), como sigue:

$$k = (n \sum_i n_{ii} - \sum_i n_{i+} n_{+i}) / (n^2 - \sum_i n_{i+} n_{+i}) = (\sum_i p_{ii} - \sum_i p_{i+} p_{+i}) / (1 - \sum_i p_{i+} p_{+i}) = (p_0 - p_c) / (1 - p_c) \quad (3)$$

De este modo, k representa la proporción corregida por casualidad de casos en el cual los evaluadores A y B usan la misma categoría para clasificar un número de objetos.

Tamaño de la muestra

El diseño de la muestra fue hecho según las especificaciones dadas en la “Ficha Técnica del Diseño Muestral” desarrollada por el CEAPE (Centro de Asesoría y Proyectos Estadísticos de la Universidad de Los Andes), que se describe a continuación, y con base en estas especificaciones el tamaño de la muestra fue estimado en 275 muestras.

Cobertura

La cobertura de la investigación es la ciudad de Mérida, definida ésta por las parroquias que integran el Municipio Libertador del Estado Mérida, excepto las parroquias El Morro y Los Nevados.

Cobertura horizontal

Los niveles de desagregación deseados en el diseño muestral son los definidos por las variables sexo y edad; la edad referida a la población es de 18 años y más.

Universo

El universo está integrado por la población residente en Mérida para el momento de la aplicación de la encuesta, mayores de 18 años y de ambos sexos.

Período de referencia

Se establece como período de referencia el momento de recolección de la muestra, que corresponde al primer cuatrimestre del año 2005, con una duración para la recolección de datos, que incluye el trabajo de campo y la toma de muestras entre 7 y 8 semanas.

Diseño muestral

El diseño muestral usado es polietápico, con la muestra distribuida proporcionalmente de acuerdo al tamaño del municipio, con el fin de garantizar la representatividad geográfica y de todos los estratos sociales; con selección aleatoria de los segmentos que integran cada municipio como unidades primarias de muestreo, selección aleatoria de las viviendas en los segmentos previamente seleccionados y, finalmente, selección de los individuos candidatos a someter a las pruebas; por cuotas equivalentes a las proporciones de sexo y de grupos de edad que presenta la población.

Error muestral

El tamaño de la muestra se calcula para un muestreo aleatorio simple, con un nivel de confianza de 94.5% (dos sigmas) y un error de $\pm 5\%$ para el conjunto de la muestra, tomando p estimado igual a 0.24 y, por ende, q estimada igual a 0.76, para garantizar la representatividad de la muestra.

Tamaño de la muestra

Para los niveles de error y confianza prefijados, el tamaño de muestra calculado es de 268 individuos; sin embargo se recolectó información sobre 275 individuos.

Recolección de la información

El relevo de la información se realiza mediante la aplicación de un cuestionario a las personas seleccionadas, que aborda las variables estudiadas. Se registra la edad, el sexo, si realizan ejercicio físico y si fuman. Se recolecta la información sobre las medidas antropométricas y la tensión arterial. La talla se mide hasta el último milímetro, y el peso hasta el último 0,1 Kg, utilizando una balanza. Se pesa a los entrevistados, y partir de estas medidas se calcula el índice de masa corporal (IMC) mediante el cociente entre el peso (en Kg) y el cuadrado de la talla (en m²). Luego, se determina la prevalencia de sobrepeso y obesidad calculando el porcentaje de sujetos que superan los puntos de corte de IMC que definen estos parámetros (sobrepeso para IMC a partir de 25 Kg/m², y obesidad a partir de 30 Kg/m²). Asimismo, se mide el perímetro abdominal hasta el último milímetro con una cinta métrica, tomando como referencia, la circunferencia medida desde la espina ilíaca y el margen costal inferior y la toma de la tensión arterial fue medida en el brazo derecho, en posición sentado, con reposo previo de 5 minutos.

Para definir la variable dependiente síndrome metabólico (PRV1) se utilizan los criterios de la NCEP-ATP III; que considera que existe SM cuando se cumplen 3 o más de los siguientes incisos:

- Obesidad abdominal >102 cm en varones y >88 cm en mujeres.
- Triglicéridos > o igual de 150 mg/dL.
- Colesterol HDL < 40 mg/dL en varones o <50 mg/dL en mujeres.
- Tensión arterial > o igual de 130/85 mmHg.
- Glicemia en ayunas > o igual de 110 mg/dL.

Adicionalmente, se usa otra variable de síndrome metabólico (PRV2), cambiando solamente glicemia en ayunas mayor o igual de 100 mg/dL, que tiene su significación para laboratorios donde consideran problemas en el nivel de glicemia cuando es mayor o igual a 100 mg/dL.

Previa cita, las personas concurren al laboratorio en ayuno de 10 a 12 horas, y se les extrae 10 mL de sangre, para determinar niveles de glucosa, colesterol y triglicéridos mediante métodos enzimáticos.

PRINCIPALES VARIABLES BAJO ESTUDIO

a) SEXO: F=femenino; M=masculino.

b) PESO: Variable de tipo que permite conocer el peso.

c) TALLA: Variable de tipo continuo que permite conocer la altura.

d) IMCC: Variable que mide el índice de masa corporal (IMC). Esta variable es codificada de la siguiente manera:

Si $IMC < 25$ entonces $IMCC = 0$

Si $25 \leq IMC < 29.9$ entonces $IMCC = 1$

Si $IMC \geq 30$ entonces $IMCC = 2$

f) TABACO: Variable que mide el hecho sobre si la persona fume o no.

g) ALCOHOL: Variable que mide el hecho sobre si la persona ingiere bebida alcohólica o no (Toma = 0, No toma = 1).

h) SEDENTARISMO (SED): Variable que mide el hecho sobre si la persona practica algún ejercicio o no.

i) VALORGLUCO: Medida de la glucosa en ayuna.

j) HDLCOD: Medida del colesterol malo.

k) TRIGLICOD: Mide el nivel de triglicéridos en la sangre.

l) OBESIDADAD: Variable que mide el hecho sobre si la persona es obesa o no.

m) CS1: variable que mide la clase social de la persona. Esta variable es codificada de la siguiente manera:

$CS1 = 0$, si la clase social es baja

$CS1 = 1$, si la clase social es media baja o media

$CS1 = 2$, si la clase social es media alta o alta

n) ECO: Variable que mide la edad en años de la persona. Esta variable es codificada de la siguiente manera:

Si $EDAD < 29$ entonces $ECO = 0$

Si $29 \leq EDAD < 40$ entonces $ECO = 1$

Si $40 \leq EDAD < 53$ entonces $ECO = 2$

Si $EDAD \geq 53$ entonces $ECO = 3$

l) EC1: Variable que mide el estado civil de la persona. Esta variable es codificada de la siguiente manera:

Si estado civil es Soltero o Separado o Divorciado o Viudo entonces $EC1 = 0$.

En caso contrario $EC1 = 1$

o) PREV1: Mide la prevalencia del SM en la persona.

p) PREV2: Mide la prevalencia del SM en la persona variando con respecto a PREV1 en que la glicemia en ayunas es anormal cuando es mayor o igual a 100 mg/dL.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta investigación cuenta con dos variables dependientes PREV1 y PREV2. Se realiza un estudio sobre las Medidas e Índices de Acuerdo para estas dos variables, mediante el índice de Kappa de Cohen, k , propuesto por Cohen (1960) y citado por Nava, L. y Sinha, S. (2007). En la tabla 2, se muestra la clasificación de las personas entrevistadas de acuerdo a PREV1 y PREV2, las dos variables usadas en la investigación para medir prevalencia.

Tabla 2. Clasificación de las personas entrevistadas según PREV1 y PREV2

PREV1			
PREV2	1	2	Total
1	171	4	175
2	22	78	100
Total	193	82	275

Fuente: Autores

La tabla 3, muestra el valor estimado de k y un intervalo de confianza del 95%. Este valor indica que estas variables concuerdan en la clasificación de la población en el 78.75% de los casos, y de acuerdo a la escala de valoración propuesta por Landis y Koch^{6,7}, el mismo es considerado sustancial.

Tabla 3. Valor estimado del Coeficiente Kappa

Coeficiente Kappa simple	
Kappa	0.7875
ASE	0.0392
95% Límite coef. inferior	0.7108
95% Límite coef. Superior	0.8643

Fuente: Landis y Koch (1977), citado por Nava, L. y Sinha, S. (2007)

Esto significa que cualquiera de las dos variables se puede usar para estudiar la prevalencia del SM; en el caso particular, en esta investigación se selecciona la variable PREV1 para avanzar en el estudio. Para la construcción del modelo de regresión logística se decide seguir el procedimiento propuesto por Nava, L. y Sinha, S.⁸

Inicialmente, se realiza un análisis de correlación entre las variables medidas con el objeto de identificar variables que tengan una alta asociación, y así excluir algunas variables redundantes para la construcción de dicho modelo. A un nivel de significación del 5%, resultan altamente correlacionadas las variables TALLA, PESO, OBESIDAD ABD e IMCC, por tanto, sólo

se selecciona la variable IMCC. De esta manera, el conjunto de variables independientes a considerar es: IMCC, ECO, SEXO, EC1, TABACO ALCOHOL, SED, CS1, VALORGLUCO, HDLCOD y TRIGLICOD.

En primer lugar, se efectúa la evaluación de cada uno de los factores cualitativos de interés en el estudio, y se construye la tabla 4, que presenta el efecto global de cada uno de estos factores y su significación estadística⁹.

Tabla 4. Efecto Global para los modelos de un factor

Modelo	Efecto Global	G.L	Pr >ChisSq
IMCC	79,1553	2	<0,0001
ECO	28,2865	3	<0,0001
SEXO	1,5643	1	0,2110
EC1	4,5197	1	0,0335
TABACO	2,5702	1	0,1089
ALCOHOL	2,4805	1	0,1153
SED	2,1225	1	0,1452
CS1	0,1872	1	0,6653
VALORGLUCO	14,861	1	0,0001
HDLCOD	8,7790	1	0,0030
TRIGLICOD	17,1276	1	<0,0001

GL: Grados de Libertad. Fuente: Autores

Este efecto global resulta de la diferencia entre el deviance del modelo nulo y el de cada modelo de un factor y los grados de libertad en caso, están dados por la diferencia entre los grados de libertad del modelo nulo y los del modelo ajustado⁹.

Se observa que al comparar estos resultados con $\chi^2_{1;0,05}=3.84146$, resultan significativos a un nivel de significación del 5% de los efectos globales de IMCC, ECO, EC1, VALORGLUCO, HDLCOD y TRIGLICOD.

En segundo lugar, se construye un modelo aditivo. Para lograrlo, se utiliza el procedimiento de selección de variables hacia adelante, tomando en cuenta las variables que resultaron significativas individualmente e incorporando las variables SED y SEXO, pues, estudios realizados por la ATP-III, muestran que las mismas son importantes. Como se muestra en la tabla 5, el procedimiento considera que el modelo debe incluir las variables IMCC, ECO, VALORGLUCO, HDLCOD y TRIGLICOD.

Se observa en la tabla 5, que los niveles 1 y 2 de la variable ECO resultan no significativos, mientras que el nivel 3 si es significativo, luego se concluye que dicha variable es significativa (al ser significativo un nivel, lo es la variable). Se puede observar, además, que la variable SEXO resulta significativa en este modelo.

A partir de los resultados mostrados en esta tabla, se tiene que: El valor $e^{(-0,2106)}=0,81$; asociado con la variable EDAD, indica que las personas con edad menor a 29 años tienen 19% más de posibilidades de tener prevalencia en el SM que los que tienen edades entre 30 y 39 años.

Adicionalmente, se observa que las personas de edad entre 40 años y 53 años tienen dos veces

Tabla 5. Análisis del estimador de máxima verosimilitud. Modelo Completo

Parámetro	GL	Estimador	Error Estandar	chi-cuadrado de Wald	Pr >ChisSq
Intercepto	1	-4.7328	1.0011	22.3482	<0.0001
ECO	1	-0.2106	0.6770	0.0967	0.7558
ECO	1	0.6934	0.6332	1.1992	0.2735
ECO	1	1.3904	0.6260	4.9334	0.0263
SEXO	1	-1.1921	0.4212	8.0092	0.0047
IMCC	1	-1.9908	0.5361	13.7918	0.0002
IMCC	1	2.1074	0.4721	19.9270	<.0001
VALORGLUCO	1	2.7898	0.8304	11.2857	0.0008
HDLCOD	1	2.9803	0.7063	17.8065	<.0001
TRIGLICOD	1	1.9847	0.4456	19.8348	<.0001

GL: Grados de Libertad. Fuente: Autores

más posibilidades de tener prevalencia en el SM que los que tienen edades menores a 29 años, y los que tienen edad mayor de 53 años tienen cuatro veces más posibilidades de tener prevalencia en el SM que los que tienen edades menores a 29 años.

Por otro lado, al observar la variable SEXO, se infiere que las mujeres tienen más de tres veces posibilidades de tener prevalencia en el SM que los hombres.

En relación a la variable IMCC, las personas con índice de masa corporal normal tienen siete veces más posibilidades de tener prevalencia en el SM que las personas con índice de masa corporal menor a 25; y las personas con índice de masa corporal mayor de 30 tienen ocho veces más posibilidades de tener tal prevalencia que las personas con índice de masa corporal normal. Así mismo, según la variable VALORGLUCO, las personas con valor de glucosa

mayor de 110 mg/dL tienen 16 veces más posibilidades de tener prevalencia en el síndrome metabólico que las personas con glucosa menor de 110 mg/dL.

La variable HDLCOD, indica que las personas con valor de HDL menor de 50 mg/dL tienen 19 veces más posibilidades de tener prevalencia en el síndrome metabólico que las personas con HDL mayor de 50 mg/dL.

La variable TRIGLICOD, sugiere que las personas con valor de triglicéridos mayor de 150 mg/dL tienen siete veces más posibilidades de tener prevalencia en el síndrome metabólico que las personas con valor de triglicéridos menor de 150 mg/dL.

Por último, dado que otras investigaciones han considerado importante la relación entre las variables EDAD y SEXO, se ajusta un modelo que considera la interacción entre estas variables además de las variables del modelo anterior y SED. Los resultados se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Estimador de máxima verosimilitud. Modelo con interacción ECO-SEXO

Parámetro	GL	Estimador	Error Estandar	chi-cuadrado de Wald	Pr >ChisSq
Intercepto	1	-5.0116	1.1389	19.3627	<.0001
ECO	1	-0.7485	0.8816	0.7209	0.3959
ECO	1	0.3035	0.7996	0.1441	0.7042
ECO	1	1.4446	0.8032	3.2351	0.0721
SEXO	1	-2.1112	1.2999	2.6376	0.1044
SED	1	0.7208	0.4155	3.0097	0.0828
IMCC	1	-2.2515	0.5699	15.6101	<.0001
IMCC	1	2.0450	0.4901	17.4071	<.0001
VALORGLUCO	1	2.8697	0.8424	11.6058	0.0007
HDLCOD	1	3.0990	0.7282	18.1092	<.0001
TRIGLICOD	1	2.1253	0.4668	20.7255	<.0001
ECO*SEXO	1	1.7655	1.5550	1.2890	0.2562
ECO*SEXO	1	1.3335	1.4712	0.8216	0.3647
ECO*SEXO	1	0.4631	1.4809	0.0978	0.7545

Se observa que a un nivel de significación del 5%, la variable SED y la interacción entre ECO y SEXO, no resultan significativas, esto es, no deben ser incluidas en el modelo. Al comparar estos modelos, evaluando la diferencia entre sus deviance, $104.9447-71.9303=33.0144$, se puede concluir a un nivel de significación del 5% ($\chi^2_{(41;0,05)}=56.94$) que el aporte de la variable SED y la interacción SEXO*ECO, no es significativo.

Por tanto, el modelo a considerar es:

$$g(x) = -4.7328 - 0.2106 \times ECO1 + 0.6934 \times ECO2 + 1.3904 \times ECO3 - 1.1921 \times SEXO - 1.9908 \times IMCC0 + 2.1074 \times OMCC2 + 2.7898 \times VALORGLUCO + 2.9803 \times HDLCOD + 1.9847 \times TRIGLICOD$$

CONCLUSIONES

Se concluye que mediante el uso del coeficiente kappa de Cohen se puede medir el grado de acuerdo en la clasificación de la población por los criterios usados en la determinación de las variables PREV1 y PREV2. Los dos procedimientos presentan un alto acuerdo en dicha clasificación, por tanto, cualquiera de las dos variables propuestas pueden usarse para tal fin. Según los resultados obtenidos, las variables que tienen un efecto significativo sobre la prevalencia de SM son: SEXO, IMCC, HDLCOD, VALORGLUCO, TRIGLICOD y ECO; y se obtuvo alta prevalencia de SM en las personas mayores de 40 años, respecto a las personas con edad inferior a 29 años; así mismo las mujeres presentan tres veces más posibilidades que los hombres de prevalencia de SM. Las personas con IMC mayor de 30, tienen 8 veces más posibilidades que los que tienen IMC normal, mientras que aquellas personas que tienen un IMC menor a 25 tienen menos posibilidades de prevalencia de SM que aquellas que tienen un IMC normal. Las personas con valor de glucosa mayor de 110 mg/dL, tienen 16 veces más posibilidades de prevalencia de SM que las personas con glucosa menor de 110 mg/dL y aquellos sujetos cuyos valores de triglicéridos sean mayores de 150 mg/dL, tienen siete veces más posibilidades de prevalencia de SM que las personas con valor de triglicéridos menor de 150 mg/dL.

RECOMENDACIONES

Se recomienda comparar resultados similares obtenidos mediante otros criterios internacionales diferentes al usado en este estudio (NCPE-ATP III), para determinar la prevalencia del SM, con el propósito de establecer diferencias o similitudes entre resultados obtenidos usando diferentes criterios.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aschner P. Concepto y Epidemiología del Síndrome Metabólico. Curso Latinoamericano sobre diabetes y síndrome metabólico para clínicos. Programa Educación Médica Continua, Asociación Latinoamericana de Diabetes. (ALAD), Cap.1. 2003.
2. Park, YW, Zhu, S., Palaniappan, L., Heshka, S., Carnethon, MR, & Heymsfield, SB The metabolic syndrome, prevalence and associated risk factor findings in the US population from the third national health and nutrition examination survey, 1988-1994. Arch. Intern. Med. 2003; 163(4):427-36.
3. Ford ES, Giles WH, Mokdad AH. Increasing prevalence of the metabolic syndrome among US adults. Diabetes care. 2004; 27(10):2444-9.
4. OMS. Salud Mundial. Retos Actuales. 2002.
5. Lerman GI, Aguilar-Salinas C, Gómez-Pérez F, Reza A, Hernández J, Vázquez CC, Rull, JA. El síndrome metabólico, posición de la sociedad Mexicana de nutrición y endocrinología, sobre la definición, fisiopatología y diagnóstico. Características del síndrome metabólico en México. Rev de Endocrinol y Nut. (2004). 12(3), 109-122.
6. Nava Puente, L. y Surendra Prasad, S. Medida de acuerdo entre dos clasificaciones de los docentes universitarios. Revista Economía. Universidad de Los Andes. Mérida. 2007; 32(24): 113-27.
7. Nava Puente L. Modelación GSK para acuerdo entre evaluadores usando mínimos cuadrados ponderados y su comparación con otros métodos alternos: log-lineal y GEE. Tesis Doctoral. Mérida, Escuela de Estadística, Universidad de Los Andes. 2008.
8. Nava Puente, L., Surendra Prasad, S. (2008). "Ajuste e interpretación de modelos de regresión logística con variables categóricas y continuas". Universitas Médica, Vol. 49, N° 1. Enero-Marzo.
9. Stokes Maura DC, Koch G. Categorical Data Analysis Using the SAS System. Second edition. North Carolina: SAS Institute Inc. 2000.

Innovaciencia 2015; 3 (1): 29 - 40

UN INDICADOR DE POBREZA MULTIDIMENSIONAL ALTERNATIVO PARA VENEZUELA

AN ALTERNATIVE MULTIDIMENSIONAL POVERTY INDICATOR FOR VENEZUELA

Eloy Antonio Peña Angulo¹ , Luis Antonio Nava Puente² 

Cómo citar este artículo: Peña Angulo, EA, Nava Puente, LA. Un indicador de pobreza multidimensional alternativo para Venezuela. Innovaciencia facultad cienc. exactas fis. naturales. 2015; 3(1): 29 - 40

Artículo recibido el 29 de mayo de 2015 y aceptado para publicación el 16 de octubre de 2015

DOI: <http://dx.doi.org/10.15649/2346075X.366>

RESUMEN

Introducción: Se desarrolló un Indicador de Pobreza Multidimensional Alternativo particularizado para el caso venezolano, con la finalidad de estimar los factores que inciden sobre este fenómeno social, a partir de los datos recolectados mediante la Encuesta de Hogares por Muestreo. **Materiales y métodos:** Mediante la utilización de la técnica multivariante de Análisis de Correspondencias Múltiples se determinaron las variables que caracterizan en mayor grado el comportamiento de dichos datos, así como su respectiva ponderación, a través de las cargas factoriales. Elaborando de esta manera la ecuación para el indicador propuesto. **Resultados:** Se clasificaron los hogares bajo análisis en tres grupos, hogares que no se encuentran bajo condiciones de pobreza, hogares pobres y otros que se hallan en pobreza extrema. El Indicador evidenció que las variables más significativas representan las condiciones de infraestructura y el acceso a los servicios. **Discusión:** Se obtuvo una clasificación de manera similar a la realizada por el Instituto Nacional de Estadística mediante la metodología de Necesidades Básicas Insatisfechas, ofreciendo de esta manera un Indicador que permite estimar el porcentaje de hogares que se encuentran bajo condiciones de pobreza y pobreza extrema, desde el punto de vista multidimensional. **Conclusiones:** Mediante la construcción de dicho Indicador se propone una nueva metodología para el estudio de la pobreza desde el punto de vista multidimensional, donde las variables y su respectiva ponderación o importancia en el momento de clasificar un hogar no quedan a juicio del investigador, sino que la metodología establece dichos parámetros de manera directa.

Palabras clave: Análisis de correspondencias múltiples, indicador de pobreza multidimensional alternativo, pobreza. Venezuela, necesidades básicas insatisfechas.

1. Ingeniero de Sistemas. MSc en Estadística Aplicada. Docente Instructor. Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería. Mérida. Venezuela. E-mail: eloy@ula.ve

2. Licenciado en Estadística. PhD en Estadística Aplicada. Docente Titular. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Mérida. Venezuela. Correspondencia: navalu@ula.ve

ABSTRACT

Introduction: an alternative multidimensional poverty indicator was developed for the Venezuelan scenario, in order to estimate the factors that contribute this social phenomenon, using the data collected from the survey sample household. **Materials and Methods:** Using the multivariate Multiple Correspondence Analysis technique, it was determined the variables that distinguish in a greater scale the behavior of the data, and their weightings through the factorial loads. This way the equation for the proposed indicator can be created. **Results:** The households were classified under analysis in three groups, homes that aren't under poverty circumstances, poor homes, and others that are in extreme poverty. The indicator showed that the more significant variables represent the weak conditions of the infrastructure and the access to basic services. **Discussion:** the classification obtained was similar to the one obtained by the National Statistics Institute through the Unsatisfied Basic Needs methodology, offering an indicator that allows to estimate the percentage of homes that are under poverty and extreme poverty conditions, from a multidirectional point of view. **Conclusions:** Due to the construction of the mentioned indicator a new methodology is proposed for the poverty research, from the multidimensional point of view, where the variables and their importance at the moment of the household classification is not left to the investigator to decide, but the methodology would establish the parameters in a direct manner.

Keyword: Multiple correspondence analysis, alternative multidimensional poverty indicator, poverty, Venezuela, unsatisfied basic needs.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día los estudios para el análisis de la pobreza están enfocados en los distintos factores que influyen en que los individuos lleven una vida pobre en general. Esto no es sólo desde el punto de vista de los ingresos que presentan, ya que todos los investigadores concuerdan con lo mencionado por Sen “debemos mirar vidas empobrecidas, y no sólo carteras vacías”¹, reconociendo de esta manera el carácter multidimensional de la pobreza.

Por lo tanto, se deben considerar factores adicionales que contribuyen a la clasificación de un individuo como pobre, debido a que si se toma en cuenta únicamente el ingreso, no hay garantía de que un aumento en dicho parámetro sea utilizado para disminuir su nivel de pobreza, pues no todos los individuos tienen la misma capacidad para transformar medios como el ingreso en logros, y de esta manera seguiría presentando carencias en otros niveles de su vida que podrían afectar su desenvolvimiento en la sociedad, llevándolo de esta manera a la exclusión social.

En Venezuela, existen dos métodos mediante el cual el Instituto Nacional de Estadística (INE) calcula los

indicadores de pobreza, estos son: Línea de Pobreza (LP) y Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI).

El primero de ellos se obtiene a través de una comparación directa del ingreso del hogar con la línea de pobreza, calculándose esta última a través de una relación entre el monto del ingreso y elementos de la Canasta Básica, tales como algunos alimentos y servicios prioritarios para la salud y la educación. De esta forma, un hogar se puede considerar como pobre si sus ingresos no alcanzan para comprar la Canasta Básica, y se trata de pobreza extrema cuando no alcanza para comprar la Canasta Alimentaria.

En el segundo método, NBI, se estudia un conjunto de cinco variables, estas son: inasistencia escolar, hacinamiento crítico, vivienda inadecuada, carencia de servicios básicos y alta dependencia económica. De acuerdo a este método, un hogar se clasifica como pobre si presenta al menos una necesidad básica insatisfecha y como pobre extremo aquel que reporta dos o más.

Como se puede observar, el primer método está basado en la medición de la pobreza respecto al ingreso del hogar, dándole un carácter estrictamente unidimensional, y el segundo tipifica la pobreza mediante un conjunto, generalmente pequeño, de necesidades específicas, definidas a conveniencia. Se genera de esta forma la necesidad de desarrollar un análisis de la pobreza desde el punto multidimensional.

Son muchos los países de Latinoamérica que han realizado un análisis multidimensional de la pobreza, entre ellos: Colombia, Hernández²; Uruguay, Arim y Vigorito³; Paraguay, Gómez⁴, y en algunos casos han desarrollado su Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) bajo el enfoque de Alkire y Foster⁵, entre los que se pueden mencionar, Argentina, Conconi y Ham⁶; Chile, Torche y Bravo⁷; Colombia, Angulo, Díaz y Pardo⁸; México, Foster⁹ y Perú, Vásquez¹⁰.

En Venezuela también se ha desarrollado este Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) bajo la metodología de Alkire y Foster⁵, llevado a cabo por Gallo y Roche¹¹, encontrando que dicha medida de pobreza multidimensional es sensible al número de dimensiones en las cuales el individuo u hogar pobre se encuentra carente, así como, a la asignación de los pesos de los distintos indicadores considerados.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, se plantea en esta investigación adaptar la metodología propuesta por Alkire y Foster⁵ para la creación de un Índice de Pobreza Multidimensional para Venezuela en el período 2005 – 2009, haciendo uso de la información registrada en la Encuesta de Hogares por Muestreo (EHM), con la finalidad de solventar las diferentes limitaciones que presenta dicha metodología, utilizando la técnica estadística multivariante Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM), para obtener de esta manera las variables que podrían influir en la clasificación de un hogar como pobre, así como sus respectivas ponderaciones.

Ya que bajo el enfoque de Alkire y Foster⁵ ambos factores están sujetos a los criterios del investigador.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación desarrollada es explicativa según la naturaleza de los objetivos planteados, y cuantitativa según la naturaleza de la información. La misma se lleva a cabo utilizando los datos obtenidos en la EHM, periodo 2005- 2009, correspondiente a la última data existente en el país, permitiendo proponer una nueva metodología para abordar el estudio de la pobreza desde el punto de vista multidimensional, ilustrando su uso y bondades con la información disponible para el momento.

Se construye un Índice de Pobreza compuesto para Venezuela basado en el método de Alkire y Foster⁵, y posteriormente mejorado por Alkire y Santos¹², para el cálculo de un indicador de pobreza multidimensional, IPM.

La metodología planteada por Alkire y Foster⁵, propone hacer el cálculo en base a 10 indicadores agrupados en tres aspectos básicos, referentes a Educación, Asistencia Sanitaria – Salud y Calidad de Vida – Bienestar Social, los cuales son:

1. Educación:

- Años de escolarización.
- Niños escolarizados.

2. Asistencia Sanitaria – Salud:

- Mortalidad infantil.
- Nutrición

3. Calidad de vida – Bienestar social:

- Electricidad: si el hogar tiene acceso a la electricidad.
- Saneamiento: si el hogar tiene un baño con condiciones suficientes.
- Agua potable: si el hogar cuenta con el servicio de agua potable.
- Suelo: el tipo de suelo de la vivienda.
- Combustible de hogar: si cocinan utilizando gas, leña, carbón.
- Bienes: si en el hogar poseen radio, televisión, teléfono, entre otros.

Bajo el enfoque de Alkire y Foster⁵, las variables que podrían influir en la clasificación de un hogar como pobre, así como sus respectivas ponderaciones, están sujetos a los criterios del investigador. Posteriormente, Alkire y Santos¹² establecieron la misma ponderación para cada una de las dimensiones, y entre los diferentes indicadores de cada una de ellas.

Sin embargo, la EHM no considera información alguna referente a los indicadores que componen el grupo “Asistencia Sanitaria - Salud”, lo que reduce el IPM a un conjunto de solamente ocho.

Cabe destacar que la dimensión referente a “Calidad de vida – Bienestar social” considera como indicador

el “Suelo”, siendo este el único representante de las variables asociadas a la estructura de la vivienda, por esta razón, es importante incluir variables relacionadas a la infraestructura en la obtención del IPM, cumpliendo los argumentos planteados por Alkire y Santos¹² en la escogencia de sus dimensiones, los cuales son, la parsimonia, el consenso, la interpretabilidad, la documentación de los datos y la inclusividad. Por lo tanto, dicha dimensión se puede dividir en dos grupos, considerando de igual forma el bienestar o nivel de vida con el que los hogares cuentan, tanto desde el punto de vista de los servicios, como de la infraestructura.

Es importante señalar que la dimensión referente a “Educación” considera una variable relacionada con los años de escolarización, en este caso se analizará solamente el nivel educativo del jefe de familia, fungiendo como representante del hogar. Por otra parte, el saneamiento corresponde a las instalaciones sanitarias del hogar, evaluándose mediante indicadores referentes tanto desde el punto de vista de infraestructura como de servicio.

Resultando así, las siguientes dimensiones:

1. Educación:

- Nivel educativo
- Inasistencia escolar.

2. Bienestar de Servicios:

- Electricidad.
- Eliminación de excretas.
- Exclusividad de baño o ducha.
- Agua.
- Cocina a gas eléctrica.
- Bienes.

3. Bienestar de Infraestructura:

- Piso.
- Vivienda.
- Paredes.
- Total de cuartos.
- Número de pocetas.
- Número de baños o duchas en el hogar.

Siguiendo el enfoque de los índices tradicionales para medir la pobreza, se calcularon algunas variables adicionales utilizadas por estos para incluirlos en el análisis. Las cuales son:

- Número de personas en el hogar: número de integrantes que conforma dicho hogar.

- Hacinamiento: según el Instituto Nacional de Estadística (INE)¹³ el hacinamiento se presenta si el hogar cuenta con más de tres personas por cuarto para dormir.

- Inasistencia escolar: según el INE¹³ esta variable se presenta cuando al menos un niño en edad escolar (7 a 12 años) no asiste a la escuela.

Dado que la variable edad no se encuentra en forma categórica, se van a utilizar dos enfoques para categorizar la edad del Jefe del Hogar:

- Edad grupos etarios: según el INE se identifican estos cuatro grupos dependiendo de la edad en años de las personas, entre 15 y 24, 25 y 44, 45 y 64, y por último, 65 años o más.
- Edad económicamente activa: como lo indica Poza¹⁴, se aprecian mayores niveles de pobreza en la población mayor de 65 años, es por eso que se hace una distinción de las personas respecto a su vida laboral formando dos categorías, menor a 65 y 65 años o más.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índice de Pobreza Multidimensional según Alkire y Santos (IPM A-S).

La tabla 1 presenta las categorías que denotan algún tipo de privación para los indicadores considerados en esta investigación, siguiendo los lineamientos del enfoque de Alkire y Santos¹².

Tabla 1. Categorías que denotan algún tipo de privación para los indicadores considerados

DIMENSIÓN	INDICADOR	PRESENTA PRIVACIÓN SÍ:	VALOR	
Educación	Nivel educativo	Básica	03	
	Inasistencia escolar	Sin nivel Preescolar	04	
Bienestar de servicios	Electricidad	No tiene servicio eléctrico público	02	
	Eliminación de excretas	Escusado a hoyo o letrina No tiene poceta o escusado	03	
	Exclusividad de baño o ducha	No tiene uso exclusivo de baños con ducha o regadera	02	
	Agua	Pila pública Camión Otros medios		02
		Cocina a gas o eléctrica	No posee cocina a gas o eléctrica	02
	Bienes	Si en el hogar no poseen más de uno de los siguientes artículos: radio, TV, teléfono, bicicleta o moto, y no posee un carro.	02	
Bienestar de Infraestructura	Piso	Tierra	03	
		Otros		
	Vivienda	Casa de vecindad	03	
		Vivienda Rustica o (Rancho) Rancho campesino Otro tipo	04	
		Paredes	Adobe - tapia - bahareque sin frisar Otros (caña, palma, tablas, etc)	03
	Total de cuartos	Número de cuartos igual a 2	03	
		Número de cuartos igual a 1	04	
Número de baños o duchas en el hogar	Número de baños con ducha igual a 0	03		

Fuente: Autores

La metodología propuesta por Alkire y Foster⁵ se basa en logros, es decir, mientras menor sea el valor de cierta variable para un determinado hogar, mayor carencia presentará en dicho atributo. Sin embargo, este trabajo se desarrolla en función de carencias, a mayor valor de una variable para un determinado hogar, mayor carencia presentará en dicha característica. Esto implica el cambio de la desigualdad planteada por dichos autores, es decir, ellos proponen que el individuo y_i presenta una carencia o privación en la dimensión j , cuando el valor presentado en determinada variable es menor que la establecida como línea de corte, es decir, si $y_{ij} < z_j$, siendo z_j ($z_j > 0$) la línea de pobreza (o corte de privación) en la dimensión j . En este caso, un individuo (hogar) presentará privación cuando $y_{ij} > z_j$.

La tabla 2 muestra las líneas de corte establecidas para el cálculo del IPM, de acuerdo a lo establecido anteriormente.

Tabla 2. Líneas de corte

Dimensión	Indicador	Líneas de Corte (Z_i)
Educación	Nivel educativo	02
	Inasistencia escolar	01
Bienestar de Servicios	Electricidad	01
	Eliminación de excretas	02
	Exclusividad de baño o ducha	01
	Agua	01
	Cocina a gas o eléctrica	01
	Bienes	01
	Bienestar de Infraestructura	Piso
	Vivienda	02
	Paredes	02
	Total de cuartos	02
	Número de pocetas	02
	Número de baños o duchas en el hogar	02

Fuente: Autores

Para los pesos se utilizó el criterio señalado por Alkire y Santos¹², donde se establece la misma ponderación para cada una de las dimensiones, y dentro de cada dimensión, la misma ponderación entre los diferentes indicadores que la conforman. De esta forma se obtiene el resultado mostrado en la tabla 3.

Tabla 3. Ponderación porcentual resultante

Dimensión	Indicador	Ponderación porcentual resultante
Educación (1/3)	Nivel educativo (1/2)	1/6
	Inasistencia escolar (1/2)	1/6
Bienestar de Servicios (1/3)	Electricidad (1/6)	1/18
	Eliminación de excretas (1/6)	1/18
	Exclusividad de baño o ducha (1/6)	1/18
	Agua (1/6)	1/18
	Cocina a gas o eléctrica (1/6)	1/18
	Bienes (1/6)	1/18
	Bienestar de Infraestructura (1/3)	Piso (1/6)
	Vivienda (1/6)	1/18
	Paredes (1/6)	1/18
	Total de cuartos (1/6)	1/18
	Número de pocetas (1/6)	1/18
	Número de baños o duchas en el hogar (1/6)	1/18

Fuente: Autores

Sin embargo, ya que la suma de las ponderaciones para todas las dimensiones debe ser igual al número total de dimensiones, es decir, $\sum_{j=1}^d w_j = d$, se deben obtener los elementos w_j que representan la ponderación aplicada para la dimensión j . El resultado se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Ponderación resultante

Dimensión	Indicador	Ponderación resultante (w _j)
Educación	Nivel educativo	2,333
	Inasistencia escolar	2,333
Bienestar de Servicios	Electricidad	0,778
	Eliminación de excretas	0,778
	Exclusividad de baño o ducha	0,778
	Agua	0,778
	Cocina a gas o eléctrica	0,778
	Bienes	0,778
Bienestar de Infraestructura	Piso	0,778
	Vivienda	0,778
	Paredes	0,778
	Total de cuartos	0,778
	Número de pocetas	0,778
	Número de baños/duchas en el hogar	0,778

Fuente: Autores

Para identificar quien puede ser considerado multidimensionalmente pobre, se selecciona una segunda línea de corte escogiendo un valor de $k > 0$. Para obtener el valor de k se utilizó el enfoque propuesto por Alkire y Santos¹², donde se establece que un hogar es multidimensionalmente pobre si los indicadores ponderados en los que sufre privaciones suman un valor como mínimo del 30% del total de los indicadores considerados, en este caso se están estudiando 14 variables, por lo tanto, el valor de k es igual a 4,2 ($k = 0,3 * 14$). Lo que significa que un hogar es identificado como pobre si su número de privaciones ponderado es mayor o igual a 4,2.

La tabla 5 muestra los cálculos de la suma ponderada de las privaciones de los hogares pobres, dividida por el producto entre el número de hogares y el número total de dimensiones consideradas, $M_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^d g_{ij}^0}{n \cdot d}$, la tasa de pobreza multidimensional (H) y la privación promedio compartida entre los pobres (A). Para la obtención de dichos cálculos se utilizó la

siguiente información: número de hogares analizados (n), número de dimensiones consideradas (d), número de hogares pobres (q), elementos de la matriz de privaciones (g_{ij}^0) y elementos del vector censurado de recuento de privaciones ($c_i(k)$), ver Alkire y Santos¹².

Evidenciando así los valores porcentuales para M_0 o el IPM, permitiendo apreciar que ha disminuido aproximadamente a una tasa uniforme, ubicándose para el año 2009, el cual corresponde al último año bajo análisis en este caso, en un valor igual a 5,19%. Cabe destacar, que el IPM resume la información de la privación promedio compartida entre los pobres (A) y la tasa de pobreza multidimensional (H), siendo de especial interés esta última, ya que es la que va a permitir comparar resultados obtenidos mediante el indicador propuesto.

De acuerdo con estos resultados, para el año 2009 el porcentaje de hogares pobres (H) bajo el enfoque multidimensional es igual a 11,56%. Durante todo el periodo en estudio, se evidencia un descenso en este porcentaje.

Tabla 5. Cálculo de M_0 para los diferentes años bajo análisis

Año	n	d	q	$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^d g_{ij}^0$	$M_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^d g_{ij}^0}{n \cdot d}$	$H = q/n$	$A = \frac{\sum_{i=1}^n c_i(k)}{n \cdot d}$
2005	37735	14	5728	35972,2222	0,0681	0,1518	0,4486
2006	38395	14	5460	35693,7778	0,0664	0,1422	0,4670
2007	39712	14	5285	34427,5556	0,0619	0,1331	0,4653
2008	39204	14	4813	30638,2222	0,0558	0,1228	0,4547
2009	39156	14	4528	28427	0,0519	0,1156	0,4484

Fuente: Autores

Índice de Pobreza Multidimensional ACM (IPMACM)

A continuación se describe el procedimiento asociado a la construcción del IPM bajo la técnica multivariante de Análisis de Correspondencia Múltiple, IPMACM. Dicho proceso se aplica para cada uno de los años bajo estudio, haciendo cero en las bases de datos la información faltante.

Inicialmente se corre un ACM considerando todas las variables en estudio, resultando que los datos analizados están representados por las variables “Vivienda”, “Paredes”, “Techo”, “Piso”, “Total_Cuartos”, “Elim_Excretas”, “Num_Pocetas”, “Num_Banos_Ducha_Viv”, “Exc_Banos_Ducha” y “Num_Banos_Ducha_Hog”.

En base a estas variables, se procede a realizar un nuevo análisis con el fin de establecer las cargas factoriales definitivas. Un segundo ACM realizado, indica que las variables que deben permanecer en el análisis son todas excepto “Techo”, la cual presenta una carga factorial cercana al origen, evidenciando que dicha variable no caracteriza el comportamiento de los datos, o está siendo explicada por otra variable.

Al correr nuevamente un ACM sin la variable “Techo”, se obtiene el modelo definitivo cuyas medidas de discriminación, para el año 2009, se muestran en la tabla 6, representando el grado en que dichas variables caracterizan el conjunto de datos analizado.

Tabla 6. Medidas de discriminación asociadas al modelo final año 2009

	Dimensión		Media
	1	2	
Vivienda	0,625	0,188	0,406
Paredes	0,671	0,084	0,378
Piso	0,580	0,318	0,449
Total_Cuartos	0,475	0,162	0,318
Elim_Excretas	0,632	0,063	0,348
Num_Pocetas	0,651	0,794	0,722
Num_Banos_Ducha_Viv	0,693	0,788	0,740
Exc_Banos_Ducha	0,678	0,001	0,339
Num_Banos_Ducha_Hog	0,697	0,758	0,728
Total activo	5,702	3,155	4,429
% de la varianza	63,357	35,058	49,207

Fuente: Autores

La tabla 7 muestra el resultado del modelo descrito arriba para el periodo 2005-2009, así como el promedio de las medidas de discriminación obtenidas.

Tabla 7. Promedio resultante de las medidas de discriminación obtenidas

Variable	2005	2006	2007	2008	2009	Promedio
Vivienda	0,608	0,636	0,692	0,636	0,625	0,64
Paredes	0,652	0,676	0,718	0,681	0,671	0,68
Piso	0,520	0,616	0,673	0,621	0,580	0,60
Total_Cuartos	0,471	0,469	0,504	0,494	0,475	0,48
Agua	-	0,596	0,592	-	-	0,59
Elim_Excretas	0,564	0,607	-	0,656	0,632	0,61
Num_Pocetas	0,773	0,811	0,754	0,814	0,794	0,79
Num_Banos_Ducha_Viv	0,786	0,813	0,781	0,816	0,788	0,80
Exc_Banos_Ducha	0,670	0,653	0,623	0,692	0,678	0,66
Num_Banos_Ducha_Hog	0,707	0,782	0,754	0,790	0,758	0,76

Fuente: Autores

Con la finalidad de establecer la fórmula para el IPMACM, se utilizarán los resultados mostrados en la tabla 7, donde el promedio de las ponderaciones de cada una de las variables representa los coeficientes de las mismas, concluyendo así, que el Indicador de Pobreza Multidimensional (IPMACM) estaría estructurado de la siguiente manera:

$$\text{IPMACM} = 0,64 \cdot \text{Vivienda} + 0,68 \cdot \text{Paredes} + 0,60 \cdot \text{Piso} + 0,48 \cdot \text{Total_Cuartos} + 0,59 \cdot \text{Agua} + 0,61 \cdot \text{Elim_Excretas} + 0,79 \cdot \text{Num_Pocetas} + 0,80 \cdot \text{Num_Banos_Ducha_Viv} + 0,66 \cdot \text{Exc_Banos_Ducha} + 0,76 \cdot \text{Num_Banos_Ducha_Hog}$$

Ahora bien, para definir el valor de corte del IPMACM, se debe definir el umbral correspondiente a la variable Número de baños o duchas en la vivienda (el resto ya están definidos en la tabla 2). Este umbral se definirá bajo los mismos criterios utilizados en las definiciones anteriores. Obteniendo así, que la línea de corte para denotar privación en dicha variable es 2.

En este caso, y tal como se trabajó en el IPM calculado bajo la metodología de Alkire y Santos¹², IPM A-S, un hogar presenta privación en algún indicador si $y_{ij} > z_j$. Por lo tanto, sustituyendo en (1) las líneas de corte establecidas para la variables consideradas en este indicador, se obtiene como línea de corte 11,98, valor que se usa para realizar la clasificación de un hogar como “Pobre” o “No Pobre”.

Si el IPMACM calculado es mayor que dicho valor de corte, el hogar será clasificado como multidimensionalmente “Pobre”, de lo contrario, será clasificado como “No Pobre”. Esto es:

{Si IPMACM > 11,98 (Valor de corte) El hogar se clasifica como Pobre. En caso contrario, El hogar se clasifica como No Pobre

En la tabla 8, se muestra el resultado de la aplicación de esta regla para el periodo 2005-2009, donde se evidencia el porcentaje de hogares clasificados como “Pobres” utilizando el Indicador propuesto, en la cual se puede observar que el comportamiento en general tiende a la disminución, sin embargo, el año 2008 presenta el mismo valor del año anterior, y para el año siguiente, nuevamente, regresa al comportamiento descendente. Cabe destacar que en este caso dicho porcentaje no presenta una tasa de disminución constante, a diferencia del porcentaje de hogares clasificados como “Pobres” mediante el IPM A-S.

Tabla 8. Clasificación de los Hogares bajo el IPMACM

Año	n	q	% de Hogares Pobres
2005	37735	4987	13,22
2006	38395	4477	11,66
2007	39712	4534	11,42
2008	39204	4478	11,42
2009	39156	4185	10,69

Fuente: Autores

en la clasificación de los hogares, tomando en cuenta todos los años bajo estudio. Ambas técnicas catalogan el 84,09% de los hogares como “No Pobres”, y el 9,05% como “Pobres”, obteniendo de esta manera un porcentaje de aciertos por encima del 93%, lo cual se podría considerar un valor alto, indicando que ambos IPM realizan la clasificación de los hogares de forma muy semejante.

Tabla 9. Porcentaje de aciertos en la clasificación de los hogares

		IPMACM	
		No Pobre	Pobre
IPM A-S	No Pobre	84,09%	2,62%
	Pobre	4,03%	9,05%

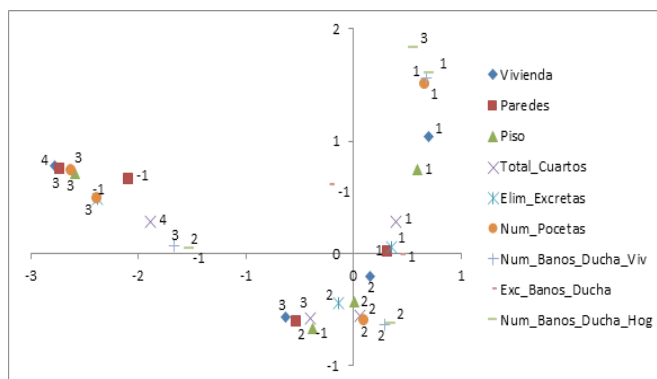
Fuente: Autores

Hasta ahora la clasificación se ha realizado tomando en cuenta solamente dos grupos, los hogares “Pobres” y “No Pobres”, ya que este es el enfoque planteado por la metodología de Alkire y Santos¹². Sin embargo, algunos métodos para clasificar el nivel de pobreza consideran tres grupos, los cuales son: “No Pobreza”, “Pobreza” y “Pobreza Extrema”.

Por ello, se decide realizar un ACM seleccionando adicionalmente la opción de cargas factoriales por categoría para cada una de las variables seleccionadas, y de esta manera poder observar si existe una distinción entre las categorías que expresan algún tipo de privación, es decir, si se puede establecer una discriminación entre “Pobreza” y “Pobreza Extrema”, los resultados se pueden observar en la figura 1.

Tomando como base la figura 1, es importante definir la diferencia establecida entre las categorías que expresan o

Figura 1. Representación gráfica de las cargas factoriales por categoría para cada una de las variables



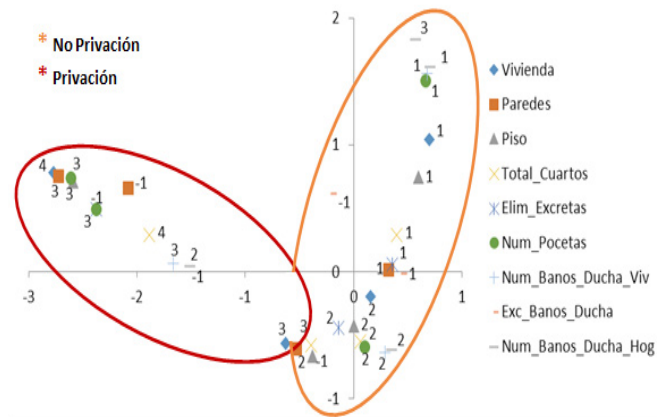
Fuente: Autores

no privación de algún tipo en los indicadores elaborados hasta el momento, tanto el IPM A-S como el IPMACM.

Tal distinción fue realizada bajo las recomendaciones establecidas en la metodología propuesta por Alkire y Santos¹², la cual se muestra en la figura 2.

Como se puede apreciar en la figura 2, del lado derecho del eje Y están las categorías que no representan

Figura 2. Distinción bajo la metodología de Alkire y Santos (2010)

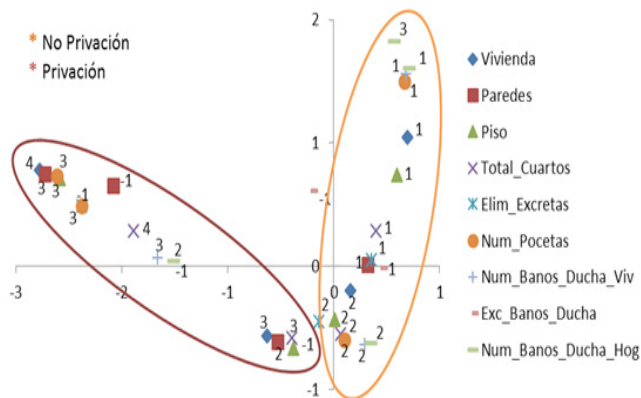


Fuente: Autores

privación alguna, mientras que del lado izquierdo las que si lo hacen, por lo tanto, se decidió incluir en las categorías que presentan algún tipo de privación la opción representada por un valor igual a “2” referente al Indicador “Paredes”, según la EHM, correspondiente a la modalidad “Bloque o ladrillo sin frisar”. Aunque del lado izquierdo del eje Y, también aparece el Indicador “Eliminación de Excretas” bajo la categoría “Poceta a pozo séptico” denotada con un valor igual a “2”, la misma no se incluye, pues según expertos presenta carencia en dicho servicio. De esta forma se obtiene la discriminación mostrada en la figura 3.

Como se puede observar en la figura 3, el grupo que contiene a las categorías que indican privación presenta

Figura 3. Distinción propuesta bajo el Análisis de Correspondencias Múltiples



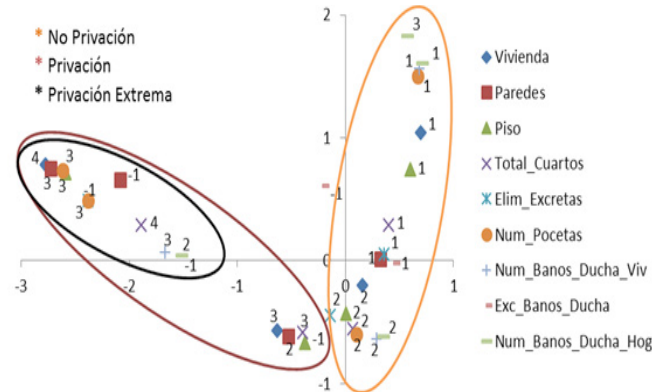
Fuente: Autores

dos extremos, caracterizados básicamente por las variables “Vivienda”, “Paredes” y “Total_Cuartos”, quedando del lado izquierdo las categorías cuyo nivel de privación es mayor. De este modo, se establecieron nuevos valores límites o líneas de pobreza para algunas categorías, y así hacer una distinción entre “Privación (Pobreza)” y “Privación Extrema (Pobreza Extrema)”, tal y como se muestra en la figura 4, con la finalidad

de realizar la clasificación de los hogares según los siguientes criterios, “No Pobre”, “Pobre” y “Pobre Extremo”. Las correspondientes líneas de pobreza se muestran en la tabla 10.

Con las líneas de pobreza establecidas, recordando que el Indicador propuesto está dado por (1), se obtienen los

Figura 4. Distinción propuesta para la clasificación de los hogares en tres grupos



Fuente: Autores

Tabla 10. Líneas de pobreza para clasificar en tres grupos

Variable	Líneas de Corte para distinguir entre “No Pobre” y “Pobre”	Líneas de Corte para distinguir entre “Pobre” y “Pobre Extremo”
Vivienda	2	3
Paredes	1	2
Piso	2	2
Total_Cuartos	2	3
Agua	1	1
Elim_Excretas	2	2
Num_Pocetas	2	2
Num_Banos_Ducha_Viv	2	2
Exc_Banos_Ducha	1	1
Num_Banos_Ducha_Hog	2	2

Fuente: Autores

nuevos valores de corte, que permiten clasificar los hogares de acuerdo a las tres categorías planteadas; No Pobres, Pobres y Pobres Extremos. Los valores de cortes son entonces 11,30 (para clasificar entre No Pobres y Pobres) y 13,10 (para discriminar entre Pobres y Pobres Extremos).

De esta forma, se tiene la siguiente regla de decisión:

{Si IPMACM ≤ 11,30 → El hogar se clasifica como No Pobre
 Si 11,30 < IPMACM ≤ 13,10 → El hogar se clasifica como Pobre
 Si IPMACM > 13,10 → El hogar se clasifica como Pobre Extremo}

Los resultados para todos los años bajo estudio respecto a la clasificación de los hogares como “No Pobre”, “Pobre” y “Pobres Extremos”, se muestran en las tablas 11 y 12.

La tabla 11 muestra el porcentaje de hogares clasificados como “No Pobres” y “Pobres”, en la cual se puede observar que este último, no evidencia una clara tendencia a la disminución, tal y como se había presentado en los indicadores calculados anteriormente, tablas 5 y 8.

Tabla 11. Porcentaje de Hogares clasificados como “No Pobres” y “Pobres”

Año	% de Hogares No Pobres	% de Hogares Pobres
2005	76,52%	23,48%
2006	79,34%	20,66%
2007	79,56%	20,44%
2008	78,55%	21,45%
2009	79,78%	20,22%

Fuente: Autores

La tabla 12 muestra el comportamiento monótono descendente en el porcentaje de hogares clasificados como de “Pobreza Extrema”, sin embargo, el porcentaje de hogares catalogados como de “Pobreza No Extrema” no presenta un claro comportamiento, ya que exhibe un patrón oscilatorio, producto de la transferencia en la clasificación, es decir, este grupo de “Pobreza No Extrema” recibe tanto a los hogares que mejoran en su calidad de vida y abandonan la categoría de “Pobreza Extrema”, como a los que descienden en su nivel de vida y abandonan el estatus de “No Pobre”.

Tabla 12. Porcentaje de Hogares Pobres clasificados como “Pobres” y “Pobres Extremos”

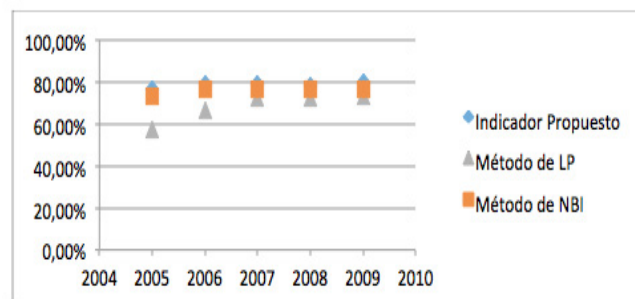
Año	Total de Hogares Pobres	
	% de Hogares Pobres	% de Pobres Extremos
2005	14,22%	9,26%
2006	12,00%	8,66%
2007	12,24%	8,20%
2008	13,85%	7,60%
2009	13,18%	7,05%

Fuente: Autores

Ahora se procede a comparar los resultados obtenidos mediante la utilización del Método de IPCACM, Línea de Pobreza (LP) y el de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)¹⁵.

La figura 5 presenta los porcentajes de hogares clasificados como “No Pobres” de acuerdo a los tres métodos. Obsérvese que el IPCACM presenta un comportamiento similar a NBI.

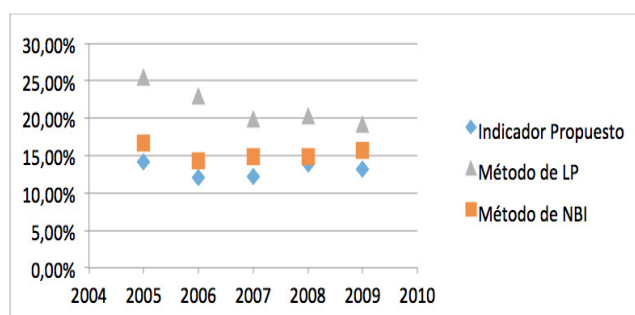
Figura 5. Porcentaje de Hogares clasificados como “No Pobres” por las distintas metodologías



Fuente: Autores

La figura 6 muestra los porcentajes de hogares clasificados como “Pobres” según estos tres métodos, donde nuevamente la clasificación realizada según el IPCACM presenta mayor similitud con el efectuado por el método de NBI.

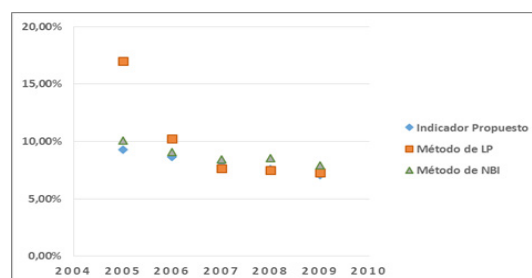
Figura 6. Porcentaje de Hogares clasificados como “Pobres” por las distintas metodologías



Fuente: Autores

La figura 7 evidencia los porcentajes de hogares clasificados como “Pobres Extremos” según las tres metodologías, donde nuevamente, la clasificación realizada con el IPCACM presenta un comportamiento similar al obtenido mediante el método de NBI.

Figura 7. Porcentaje de Hogares clasificados como “Pobres Extremos” por las distintas metodologías



Las figuras 5, 6 y 7 evidencian que el IPCACM presenta un comportamiento adecuado y permite realizar una asignación satisfactoria de los hogares tomando en cuenta características propias de su entorno, en base a un Índice creado particularmente para el caso venezolano.

CONCLUSIONES

Aunque Alkire y Foster⁵ han desarrollado una metodología ampliamente utilizada, la cual ha sido perfeccionada posteriormente por Alkire y Santos¹², ciertos aspectos de dicha técnica quedan a criterio del investigador, tal y como ellos mismos lo mencionan. Por ser una alternativa al análisis de la pobreza desde el punto de vista multidimensional, dicha técnica fue aplicada para el caso venezolano por Gallo y Roche¹¹, permitiendo servir de base para la construcción de una medida de pobreza en el país. Para el Índice de Pobreza Multidimensional creado utilizando la técnica de Análisis de Correspondencias Múltiples, (IPMACM), absolutamente todos los parámetros (variables y coeficientes) involucrados en su construcción resultan de la aplicación de esta técnica multivariante, lo que representa su principal fortaleza frente al indicador multidimensional elaborado bajo la metodología de Alkire y Santos¹². Al generar un indicador de pobreza multidimensional mediante el uso del ACM, el mismo se puede ajustar a las particularidades del país para el cual se construye.

El IPMACM permite clasificar a los hogares bajo estudio en tres grupos, como tradicionalmente se acostumbra en este ámbito, hogares que no se encuentran bajo condiciones de pobreza, hogares pobres y otros que se hallan en pobreza extrema. Es importante destacar, que tomando en cuenta las líneas de pobreza construidas bajo la metodología de Alkire y Santos¹², el indicador planteado se ajusta al comportamiento de una de las medidas propuestas por Gallo y Roche¹¹ elaborada bajo la metodología de Alkire y Foster⁵, lo que permite inferir la adecuación del mismo. El IPMACM para tres clases, presenta un alto nivel de concordancia en la clasificación efectuada respecto a la realizada por la técnica de Necesidades Básicas Insatisfechas que llevó a cabo el Instituto Nacional de Estadística para los mismos años, evidenciando así, la adecuación del indicador creado y la validez de sus resultados, ya que se está comparando con una técnica ampliamente reconocida a nivel mundial.

BIBLIOGRAFÍA

- Sen, A. Social Exclusion: Concept, Application and Scrutiny. *Social Development Papers*. No 1. 2000. Recuperado el 12 de septiembre de 2012 en: http://housingforall.org/Social_exclusion.pdf.
- Hernández Flórez M. La pobreza en Colombia: un fenómeno multidimensional. Facultad de Economía, Tesis maestría en economía, Universidad de Los Andes. Bogotá, Colombia 2007.
- Arim R, Vigorito A. Un Análisis Multidimensional de la Pobreza en Uruguay 1991-2005. Instituto de Economía, Serie Documentos de Trabajo/FCEA-IE; DT10/06. 2007. Recuperado el 25 de junio de 2012 en http://observatoriosocial.mides.gub.uy/mides/portalMides/portalMides/Documentos/documento_mides_72.pdf
- Gómez, JM. Pobreza Multidimensional como herramienta de focalización de políticas públicas y complemento a los cálculos de pobreza oficial según líneas de corte. Recuperado el 12 de marzo de 2013 en <http://www.cadep.org.py/uploads/2013/07/Pobreza-Multidimensional-como-herramienta-de-focalizacion-de-politicas-publicas.pdf>
- Alkire S, Foster J. Recuento y medición multidimensional de la pobreza. Documento de trabajo OPHI, k No. 7. 2007. Recuperado el 12 de septiembre de 2012 en <http://www.ophi.org.uk/wp-content/uploads/ophi-wp7-es.pdf>.
- Conconi A, Ham González A. Pobreza multidimensional relativa: una aplicación a la Argentina. Documentos de Trabajo del CEDLAS. Universidad Nacional de La Plata. 2008. Recuperado el 25 de junio de 2012 en <http://www.plataformademocratica.org/Publicacoes/2444.pdf>
- Torche A, Bravo J. Un enfoque multidimensional de la pobreza en Chile: Su evolución temporal y regional. Recuperado el 08 de marzo de 2013 en http://www.sociedadpoliticaspublicas.cl/archivos/BLOQUEM/Pobreza/Enfoque_multidimensional_de_la_Pobreza.pdf
- Angulo R, Díaz Y, Pardo R. Índice de Pobreza Multidimensional para Colombia (IPM-Colombia) 1997-2010. Departamento Nacional de Planeación, Dirección de Estudios Económicos, Documento 382. 2011. Recuperado el 25 de junio de 2012 en <https://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=3zmCFrWUVF4%3D&tabid=1231>
- Foster JA. Report on Mexican Multidimensional Poverty Measurement. OPHI Working paper No. 40. 2007. Recuperado el 18 de enero de 2013 en <http://www.ophi.org.uk/wp-content/uploads/ophi-wp40.pdf>
- Vásquez E. El Perú de los pobres no visibles para el Estado: La inclusión social pendiente a Julio del 2012. Universidad del Pacífico, Centro de Investigación, Documento de discusión DD/12/04. 2011. Recuperado el 12 de marzo de 2013 en <http://srvnetappseg.up.edu.pe/siswebciup/Files/DD1204%20-%20Vasquez.pdf>
- Gallo C, Roche J. Las Dimensiones de la Pobreza en Venezuela y sus cambios entre 1997 y 2010:

Propuesta de una Medida Multidimensional. Banco Central de Venezuela, Colección Economía y Finanzas, Serie Documentos de Trabajo, N° 126. 2011. Recuperado el 18 de enero de 2013 en <http://www.bcv.org.ve/Upload/Publicaciones/docu126.pdf>

12. Alkire S, Santos M. Acute multidimensional poverty: a new index for developing countries. OPHI. Working paper No. 38. 2010. Recuperado el 24 de enero de 2013 en <http://www.ophi.org.uk/wp-content/uploads/ophi-wp38.pdf>
13. INE. Ficha técnica de las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). Consultado el 12 de septiembre de 2012 en http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com_content&id=353&Itemid=45&view=article%20%20%20
14. Poza C. Pobreza Multidimensional: el caso específico español a través del panel de hogares de la Unión Europea. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Departamento de Economía Aplicada III. 2008. Recuperado el 03 de julio de 2012 en <http://eprints.ucm.es/7962/2/T30364.pdf>
15. INE. Hogares en situación de pobreza. Consultado el 12 de junio de 2013 en http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com_content&view=category&id=104&Itemid=45

Innovaciencia 2015; 3 (1): 41 - 45

CATASTROFES NATURALES, RESPUESTA A LA FALTA DE SOLIDARIDAD DE LA ESPECIE

NATURAL DISASTERS, RESPONSE TO THE LACK OF SOLIDARITY OF THE SPECIES

SERGIO DANIEL QUIROGA FLÓREZ ¹

Cómo citar este artículo: Quiroga Flórez, S. D. Catastrofes naturales, respuesta a la falta de solidaridad de la especie. Innovaciencia facultad cienc. exactas fis. naturales. 2015; 3(1): 41 - 45

Artículo recibido el 22 de julio de 2015 y aceptado para publicación el 10 noviembre de 2015

DOI: <http://dx.doi.org/10.15649/2346075X.376>

RESUMEN

El presente artículo pretende dar una mirada de alerta a la ausencia de solidaridad entre las especies por la coexistencia a partir de la física cuántica y la química orgánica.

Todos miramos un mundo desde perspectivas muy distintas: Cultura, raza, familia, género entre otros, pero en definitiva la visión de preservación de las especies debe ser uno desde la lógica natural y es allí donde cobra sentido la presente reflexión sobre la vida y algunas variables.

Así mismo encontrará unas declaratorias que permitirán tomar partido y decisiones en favor de nuestra supervivencia: Una transformación de la cosmovisión actual creacionista por una cosmovisión sostenible basada en juicios de valor; una declaratoria por el valor de la cooperación y finalmente lo que implica vivir en paz con lo otro.

Palabras clave: Caos, supervivencia, coexistencia, cosmovisión, sustentable, especies, gaya, mecanicista, otredad.

ABSTRACT

This article aims to give a look of warning the lack of solidarity among coexisting species from quantum physics and organic chemistry. We all looked a world from very different perspectives: culture, race, family, genus and others, but ultimately the vision of preservation of the species should be one from the natural logic and makes sense where this reflection on life and some variables.

Also you will find some declarations that will take sides and decisions in favor of our survival: A transformation of the current creationist worldview for sustainable worldview based on value judgments; declaratory by the value of cooperation and finally the implications of living in peace with the other.

Keywords: Chaos, survival, coexistence, worldview, sustainable, species, gaya, mechanistic, otherness.

1. Licenciado en Filosofía y Pensamiento Político y Económico – USTA. Magister en Pedagogía – UIS/ Colombia. Candidato a Doctor en Educación con énfasis en Mediaciones Pedagógicas La Salle/ Costa Rica. Docente Universidad Autónoma de Bucarmanaga - UNAB. Correo: squiroga634@unab.edu.co

INTRODUCCIÓN

Desde el contexto de la visión holística y ecológica en la que el ser humano proyecta su existencia se propone el siguiente escrito, el cual pretende desarrollar la idea: *Nunca antes como en la realidad actual se ha evidenciado tanta ausencia de solidaridad de la especie humana ante el mundo en el que habita*. De ahí, que los cambios del mundo disponen una crisis planetaria para la especie “dominante”, en medio de efectos naturales causados por el acelerado e indiscriminado uso de los recursos.

No es algo nuevo, es una premisa constante, desde el momento en que las interconexiones de átomos (naturaleza física y química de los organismos) prepararon la oportunidad de existencia para la especie humana. Pudo haber sido un accidente o una secuencia lógica de la unión natural; sin embargo, hoy vive y transforma su realidad de forma desproporcionada. Pareciera que en ese momento de evolución, iniciara una carrera inevitable para su extinción (transformación de la materia).

Ahora bien, es necesario entender las decisiones del ser humano con respecto a su hábitat y los eventos que ocasionan las mismas y que permiten entender el reclamo de la naturaleza por un equilibrio dinámico entre la especie y el lugar donde sobrevive. El documental: *“The Rise of Ecology, 10 disasters that changed the World”*⁽¹⁾⁽²⁾, presenta diferentes eventos que afectan la existencia de la especie humana. En el año 2005 cuando el huracán Katrina golpeo Nueva Orleans, destruyendo todo a su paso ⁽³⁾, América descubrió bruscamente que el desorden climático no era una ilusión es una catástrofe de consecuencias dramáticas que podría causar la extinción de la especie. Inundaciones en Mozambique en el 2000 (4), oleadas de calor en Europa en el 2003 ⁽⁵⁾, sequía extrema en Australia en 2006 ⁽⁶⁾ y ciclones repetidos en el Caribe ⁽⁷⁾. Los eventos anteriores son ejemplos del poder devastador de la naturaleza como respuesta a procesos industriales y al desarrollo de los pueblos; en este sentido las alarmas se han disparado frente a la magnitud de los daños, y es así como el jurado del Premio Nobel de la Paz, envió un mensaje en el año 2007 al conceder el premio para aquellos que luchaban por llamar la atención de la especie humana sobre el cuidado del hábitat; los galardonados fueron el profesor Rajendra K. Pachauri, quien demostró científicamente, la realidad del calentamiento global ⁽⁸⁾ y Al Gore, excandidato a la presidencia de los Estados Unidos de Norteamérica, luchador por la conservación del ambiente ⁽⁹⁾.

SON SUFICIENTES MILLONES DE MUERTES O FALTAN

La historia de la humanidad ha tenido episodios y hechos que como cicatrices cuentan las catástrofes que alertan y deben cambiar nuestra conciencia y la forma de ver el mundo, a continuación se presentan algunos episodios provocados por la cosmología de la dominación:

1. La gripe española (entre 50 y 100 millones de muertes en todo el mundo).
2. La peste negra (75 millones de muertes).
3. La 1ª guerra mundial (10 millones de muertes).
4. La 2ª guerra mundial (60 millones de muertes).
5. La catástrofe nuclear de Chernobyl (aún no se conocen los muertos y contaminados totales).
6. Terremoto en Tangshan, China (entre 242.000 y 655.000 muertes).
7. El terremoto de Haití (316.000 muertes, 350.000 heridos y miles de desaparecidos).
8. El “Tsunami” del índico o terremoto en Tailandia (275.000 muertes y millones de desaparecidos).
9. Bombardeo atómico de Hiroshima y Nakasaki (220.000 muertes e incontables contaminados).

Cada uno de estos eventos, señala un cambio de rumbo, distinto. Para algunos se llama devenir, para otros cambio y los más atrevidos, evolución. Lo único que refiere es la probabilidad de los actos exagerados al entrar en contacto con el mundo natural. Esto significa que siempre estará en probabilidad de ser algo diferente, mejor o peor de lo que se tiene. Sin embargo, en aquellos eventos que surgen fruto de las alteraciones físicas de la especie humana, presuponen una consecuencia, resultado de su intervención y de la percepción natural (forma de ver el universo).

La balanza real, es que nunca podremos estar siempre en el mismo lugar, bajo las mismas condiciones. Tal como lo señalaba Heráclito de Éfeso, filósofo griego: *“nadie se baña dos veces en el mismo río”*; tal afirmación, aplicada a la reflexión del presente escrito evidencia el concepto de incertidumbre en donde se puede predecir el aumento de la temperatura; pero no, hasta dónde puede llegar y que tanto puede durar con exactitud. Variables modificadas por la “mano” del ser humano y las cuales; cada vez, están más distantes de su control y regulación. La tendencia es convertirse en un ser del silencio enfrentado por decisiones de equilibrio dinámico *Yin –Yang*. Este último, el Yang, afirma Fritjof Capra *“Inclina la balanza por lo exigente, agresivo, competitivo, expansivo y en lo que se refiere al comportamiento humano, utilizando un pensamiento lineal y analítico. Por el contrario, la integración en la unidad se halla favorecida por un comportamiento yin: sensible, cooperador, intuitivo y consciente del entorno. Para lograr la armonía en las relaciones sociales y ecológicas se necesita tanto el yin como el yang, tanto la integración como la autoafirmación. Un exceso de autoafirmación se manifiesta en forma de poder, control*

y dominación de los demás por la fuerza; de hecho este es el modelo que predomina en la sociedad”⁽¹⁰⁾.

HABLAR DE SOLIDARIDAD

Richard Rorty, señala un concepto importante al hablar de solidaridad y que empalma perfectamente con el argumento del presente escrito: *“Hay dentro de cada uno de nosotros algo – nuestra humanidad esencial – que resuena ante la presencia de eso mismo en otros seres humanos”. Claramente el autor no coincide con este concepto tradicional de solidaridad y ello manifiesta una deliberada vaguedad. Rorty entiende que lo que se quiere referir con ello es una humanidad como un “yo nuclear”⁽¹¹⁾.* El término solidaridad, tal como se presenta, es una clara respuesta a la desafortunada acción del ser humano con el hábitat e invita a establecer una declaración de actos en favor del ambiente y a apostarle a consolidar acciones que sin lugar a duda llegarán a la esencia misma del ser humano, su “naturalidad”.

Este mundo no va a cambiar, a menos que estemos dispuestos a cambiar nosotros mismos
Rigoberta Menchú 2014., Conferencia)

Estas condiciones de eventos naturales, entretnejidos por las decisiones de los seres humanos entre las fuerzas del Yin y el Yang. Invitan a iniciar un cambio de rumbo. Pasar de lo estático, la falta de principio de conservación, a una solidaridad de la especie frente a su hábitat.

La conferencia pronunciada por Leonardo Boff *“El tao de la liberación: explorando la ecología de la transformación”* en el marco del VI Encuentro Mundial de Valores, llevado a cabo en Monterey – México. (2014), señala algunos aspectos que están en completa sintonía con el argumento presentado: Propone la presencia de la tecnociencia, como un agente que cautiva la ciencia y la tecnología por parte del capitalismo, tomando su fuerza y desarrollo en las fuentes de la dinámica del mundo actual: poder y riqueza; dicha lógica, determina la razón analítica e instrumental del planeta en una carrera del ser humano por poseer más bienes y recursos de forma desproporcionada; los ricos cada vez más ricos y los pobres cada vez más pobres, atentando contra el equilibrio natural. Colocando en evidencia una visión reduccionista del mundo. El fundamento de esta visión según Capra (1982) radica en: *“el aumento del coste de la producción de alimentos en un terreno limitado...la población aumenta con mayor rapidez que la oferta de víveres”⁽¹⁰⁾* y en ese mismo sentido, aparece la tecnociencia; la cual, ha generado una real idea de fracaso y eliminación de las especies a través del desarrollo de armas químicas y nucleares, las cuales, dan cuenta de la necesaria urgencia de la autodestrucción semiinconsciente. Pareciera que el ser humano juega a no darse cuenta de los efectos que tiene cada “desarrollo” por la necesaria urgencia de

apoderarse del mundo. A sabiendas, que nunca le ha pertenecido completamente.

Leonardo Boff afirmó: *“...el presupuesto de que los bienes y servicios de la tierra eran infinitos y han llegado a su término. Ahora la situación y posición es muy distinta. Con el tiempo; el ser humano se ha dado cuenta, que esto no es cierto y muchos de los bienes y recursos no son renovables”.* La tierra ya no es sostenible; un ejemplo claro, es su periodo de regeneración ante la explotación de los bienes y recursos. Boff continúa su reflexión señalando: *“mientras las economías, la población y la demanda de recursos naturales crecen, el planeta permanece del mismo tamaño. Para satisfacer nuestra demanda, la comunidad humana utiliza los recursos vivos de la Tierra 35% más rápido de lo que ésta puede regenerarse. Esta demanda está en continuo crecimiento y de acuerdo a los escenarios moderados de Naciones Unidas, se proyecta que para el año 2030 nuestro consumo va a requerir la capacidad de dos planetas Tierra para satisfacerlo. Mientras esta tendencia continúe sin cambiar, el espacio de maniobra disminuirá rápidamente”.*

Tú debes ser el cambio que desea ver el mundo
(Mahatma Gandhi)

Todo parece indicar, un enfrentamiento entre la especie humana y la madre tierra Gaya, conocida como la diosa tierra, hija del dios Caos. Estas figuras espirituales de la esencia del hábitat sugieren una respuesta a la protección misma que señala el ser humano en épocas de escasez, existentes en todas las civilizaciones desde tiempos inmemoriales. Así mismo, el reconocimiento por la frontal guerra entre la humanidad y la deidad, por establecer una cultura saqueadora del disfrute desequilibrado de los bienes y servicios. Menciona Boff: *“Esto ha creado la crisis que actualmente se vive; donde los bienes y servicios naturales están en su extrema demanda y pocas acciones para su regeneración”.* En este sentido es urgente la reinención del ser humano, proponer un ser ecológico casi con la postura del Superhombre de Nietzsche. Un ser humano armónico con su realidad natural.

Algunos ejemplos claros son los señalados por la Comunidad Andina de Naciones sobre los efectos de las acciones actuales del ser humano y que han provocado una reacción natural como el calentamiento son:

“Los vehículos son responsables del 20% de la emisión de gases de efecto invernadero, pero indirectamente son responsables de las emisiones provenientes de la fabricación del acero, caucho, plomo, asfalto y cemento para la construcción de caminos. Existen 800 millones de automóviles en el mundo, estos vehículos necesitan una inversión permanente en nuevos caminos y otras superficies duras e impermeables que típicamente se desplazan sobre áreas bioproductivas.

En el esfuerzo por expandir la frontera agrícola, 80 millones de hectáreas de la cuenca Amazónica se han vuelto improductivas y han perdido su fertilidad. Los bosques tropicales almacenan entre 120 y 400 toneladas de dióxido de carbono por hectárea, la FAO estima que 7.300 millones de toneladas de dióxido de carbono, entre 18% y 25% de gases efecto invernadero globales, provienen anualmente de la deforestación. Afirmaciones de Bertrand Russell, filósofo norteamericano en la declaratoria de la comunidad Andina en el año 2012".

Se demuestra con estos ejemplos, la realidad de la situación en la que se vive. Ya está bien establecido por la comunidad científica que el fenómeno del calentamiento puede llegar a aumentar la temperatura hasta en 5 y 6 grados Celsius, y allí, ninguna forma de vida podría subsistir. Acudamos a las palabras de la carta de la tierra, en donde nos invita a lo siguiente:

"La humanidad es parte de un vasto universo evolutivo. La Tierra, nuestro hogar, está viva con una comunidad singular de vida. Las fuerzas de la naturaleza promueven a que la existencia sea una aventura exigente e incierta, pero la Tierra ha brindado las condiciones esenciales para la evolución de la vida. La capacidad de recuperación de la comunidad de vida y el bienestar de la humanidad dependen de la preservación de una biosfera saludable, con todos sus sistemas ecológicos, una rica variedad de plantas y animales, tierras fértiles, aguas puras y aire limpio. El medio ambiente global, con sus recursos finitos, es una preocupación común para todos los pueblos. La protección de la vitalidad, la diversidad y la belleza de la Tierra es un deber sagrado"⁽¹²⁾

Ahora bien las formas de ver el mundo, sugieren pasar de una cosmología de dominación, caracterizada por un ser mecanicista, utilitarista, atomística, determinista y reduccionista a un ser humano basado en una cosmología de la transformación responsable y en el conocimiento de los límites ecológicos del planeta, donde se imprime el rescate de la razón sensible, analítica y en especial del corazón; la cual, tiene más ancestralidad que la razón de la intelectualidad. De esta manera se invita al rescate de la razón sensible y cordial para que se establezca nuevamente el contrato natural:

1. Cosmología de la transformación: esencia del ser humano y la lógica del universo: sostenibilidad.
2. Unidad: gesto amoroso hacia la naturaleza.
3. Cooperación: en palabras del Papa Francisco "nuestra cultura ha perdido la sensibilidad por el dolor humano" ahora bien como no extrapolarlo a la sensibilidad por el dolor de la naturaleza.
4. Paz: relaciones adecuadas en el término de la otredad. Entendida como una conexión profunda con la esencia misma del universo.

A MANERA DE CONCLUSIÓN

Finalmente es necesario referir los acuerdos fruto de las preocupaciones de la humanidad sentidas a través de los líderes mundiales en la última cumbre sobre el cambio climático realizada en París en 2015 ⁽¹³⁾. Sin embargo un acuerdo es un primer paso para suplir las demandas de la supervivencia. En este acuerdo climático global señala aspectos tales como:

1. Reducir en 2°C el incremento de la temperatura global debido al efecto invernadero como consecuencia de la emisión de gases.
2. Aumentar la tecnología y ciencia disponible para poder reducir el incremento de la temperatura.
3. Implementar el principio de responsabilidades comunes, especialmente entre los países que mayor impacto de contaminación en la historia le han ocasionado al planeta.
4. Disponer de financiación con megaproyectos que ayuden a alcanzar esta iniciativa.
5. Se creara un comité de creación de capacidades para apoyar a los países en vía de desarrollo en temas de concientización en la población en temas de cambio climático.

Estos acuerdos en las palabras de Leonardo Boff permiten concluir que *"... la decisión más segura a una crisis planetaria actual, es la de formar a un ser humano apasionado y amante de la vida, que le permita proyectar su existencia y la de sus generaciones futuras"*. La catedra de la vida debe ser un tratado vinculado a la formación de la primera infancia, impartida por la familia, con consecuencia de la falta de respeto con el contrato natural.

Bibliografía

1. Linhart, Virginie. The Rise of Ecology, 10 disasters that changed the world. Francs 2, Elzevir Films, 2009.
2. 10 desastres que cambiaron el mundo:. Canal Odisea. [Online] 2015. [Cited: Marzo 17, 2015.] <http://www.documentalesgratis.es/10-desastres-cambiaron-mundo-documentales-naturaleza/>.
3. López Morales, Tatiana. El huracán y la ciudad rota. El País. [Online] Agosto 25, 2015. [Cited: Diciembre 13, 2014.] http://elpais.com/elpais/2015/08/24/opinion/1440433140_219143.html.
4. Rodríguez, Natalia. Las inundaciones de Mozambique crecen y se convierten en una catástrofe regional. El País. [Online] Febrero 29, 2000. [Cited: Diciembre

- 14, 2015.] http://elpais.com/diario/2000/02/29/internacional/951778801_850215.html.
5. Corral, Miguel G. and Fresneda, Carlos. El calor aprieta a Europa. El mundo. [Online] Septiembre 3, 2015. [Cited: Septiembre 15, 2015.] <http://www.elmundo.es/ciencia/2015/07/03/55958bd2ca47411e548b45a8.html>.
 6. Fayanñas Escuer, Edmundo. Australia, el extremismo hídrico. Nuevatribuna.es. [Online] abril 21, 2011. [Cited: Diciembre 12, 2015.] <http://www.nuevatribuna.es/articulo/medio-ambiente/australia-el-extremismo-hdrico/20110421133253053631.html>.
 7. EL Universal. Aviso de tormenta tropical en el Caribe ante avance de ciclón Danny. El Universal. [Online] Domingo 23, 2015. [Cited: Septiembre 15, 2015.] <http://www.eluniversal.com/internacional/150823/aviso-de-tormenta-tropical-en-el-caribe-ante-avance-de-ciclon-danny>.
 8. Nobelprize.org. Rajendra Pachauri. Panellist, Nobel Week Dialogue 2013. [Online] [Cited: Aug 14, 2015.] <http://www.nobelprize.org/events/nobel-week-dialogue/2013/panellists/rajendra-pachauri.html>.
 9. —. Al Gore - Facts. An Inconvenient Truth. [Online] [Cited: Aug 14, 2015.] http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/peace/laureates/2007/gore-facts.html.
 10. Capra, Frank. El punto Crucial. 4. Buenos Aires : Troquel, 1992.
 11. Rorty, Richard. Contingencia, ironía y Solidaridad. Barcelona : Padios, 1996. p. 2.
 12. Gorbachov, Mijail. Carta a la tierra. Barcelona : Del broce, 2003.
 13. Abengoa. La energía del cambio. Los retos de la Cumbre de París de 2015. [Online] Octubre09 2015. [Cited: Diciembre 11, 2015.] <http://www.laenergiadelcambio.com/los-retos-de-la-cumbre-de-paris-de-2015>.