



ENCUENTRO DE INVESTIGACIÓN Y POLÍTICAS CIENTÍFICAS

La Facultad de Ciencias de cara a la sociedad

25 – 27 de abril 2018

Escuela Politécnica Nacional



· **PONENCIAS Y CONFERENCIAS PLENARIAS** ·
· **DE LOS PROFESORES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS** ·

· **FORO DE DISCUSIÓN** ·

Presentaremos a la comunidad académica y a la sociedad ecuatoriana la investigación que la Facultad de Ciencias ha realizado, realiza y se propone realizar. Estableceremos un espacio de discusión entre la comunidad académica, autoridades institucionales y gubernamentales para generar propuestas que impulsen el desarrollo de la investigación en ciencias básicas en el Ecuador.

La universidad de excelencia que el Ecuador necesita

Libro de Resúmenes



ENCUENTRO DE INVESTIGACIÓN Y POLÍTICAS CIENTÍFICAS

La Facultad de Ciencias de cara a la sociedad

25 al 27 de abril de 2018

Libro de Resúmenes

*“Desconocemos los designios del universo, pero sabemos que
razonar con lucidez y obrar con justicia es ayudar a esos
designios...”*

Jorge Luis Borges

ENCUENTRO DE INVESTIGACIÓN Y POLÍTICAS CIENTÍFICAS

La Facultad de Ciencias de cara a la sociedad

25 al 27 de abril de 2018

PRESENTACIÓN

Este documento recoge los resúmenes y proyecciones de los trabajos de investigación que los profesores de la Facultad de Ciencias de la Escuela Politécnica Nacional (EPN) han realizado o realizan en la actualidad. Dichos escritos están redactados mediando entre lo divulgativo y lo técnico, enfatizando el problema de investigación. Hoy, la Facultad de Ciencias de la EPN cuenta con departamentos de: Matemática, Física, Biología y Economía Cuantitativa; es quizá la unidad académica pública con el mayor potencial para el desarrollo de la ciencia en el país. Los resúmenes se presentan clasificados por departamentos.

Las presentaciones de dichos trabajos fueron realizadas en el *ENCUENTRO DE INVESTIGACIÓN y POLÍTICAS CIENTÍFICAS – LA FACULTAD DE CIENCIAS DE CARA A LA SOCIEDAD*, llevado a cabo del 25 al 27 de abril de 2018 en las instalaciones de la EPN. Este evento, abierto a todo público y gratuito, tuvo los siguientes objetivos:

1. Dar a conocer a la comunidad científica y al público en general, lo que la Facultad de Ciencias realiza y lo que está en capacidad de realizar en investigación científica.
2. Discutir temas relacionados con la Investigación Científica, buscando definir políticas científicas que impulsen definitivamente la investigación en ciencia básica en el país. En términos generales, los temas discutidos fueron:
 - Reglamentación y operatividad de la Investigación
 - Desafíos y metas de la investigación
 - Futuro de la investigación en ciencia básica en el Ecuador

Alcanzar el primer objetivo puede significar ampliar las interrelaciones entre los mismos investigadores, y/o entre los investigadores y diferentes sectores de la sociedad; así como también vislumbrar nuevos problemas de investigación y posibles impactos en la sociedad de lo que hacemos o estamos en capacidad de hacer. Además, es una acción que se corresponde con el compromiso que la Universidad tiene con la sociedad.

El segundo objetivo, concretado mediante un Foro con la participación de investigadores y estudiantes de la facultad, autoridades institucionales y de gobierno, busca soluciones a problemas que los investigadores de nuestra facultad plantearon al responder un cuestionario que fue realizado meses atrás (problemas que quizá existen en la mayoría de universidades del país). Particularmente, nos preocupa el ejercicio y el desarrollo de la ciencia fundamental. Y podría decirse que, hasta la fecha, en el Ecuador no ha existido una política de estado transparente que afirme o niegue la importancia de hacer ciencia básica o fundamental, es decir, una política argumentada que no contenga discursos vacíos ni declaraciones superfluas.

Pensamos que para decidir Políticas Científicas Estatales es necesario el diálogo directo entre los investigadores y las autoridades de gobierno.

Agradezco a los compañeros-amigos de la Comisión que organizó el evento, y a los profesores de la Facultad de Ciencias por su valiosa participación. Aspiro que sus iniciativas y sueños vayan construyéndose como parte de un colectivo con objetivos cada vez más comunes.

Dr. Luis Lascano Lascano
Decano
Coordinador General

AGRADECIMIENTOS

- A LA DRA. MARÍA DOLORES FERNÁNDEZ Y AL DR. JOSÉ LUIS PAZ POR SU LABOR EN LA EDICIÓN DEL PRESENTE DOCUMENTO.
- A LA DIRECCIÓN DE RELACIONES INSTITUCIONALES DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL; EN PARTICULAR A SU DIRECTOR, LCDO. CÉSAR HERRERA, Y A LA LCDA. PAULINA FONSECA, POR SU TRABAJO EN LA ORGANIZACIÓN DEL EVENTO.
- A LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD QUE COLABORARON CON LA LOGÍSTICA DEL ENCUENTRO.

COMITÉ ORGANIZADOR

Holger Benalcázar Paladines

Esteban Irribarra Cazar

Luis Lascano Lascano

José Luis Paz Rojas

Miguel Pinto Báez

Yasmín Salazar Méndez

Miguel Yangari Sosa

CONTENIDO

CONFERENCIAS PLENARIAS	
REGULARIDAD L^p PARA LOS SISTEMAS DE STOKES Y NAVIER-STOKES	<u>P. Acevedo</u> C. Amrouche A. Ghosh C. Conca
SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE NANOESTRUCTURAS MAGNÉTICAS	María José Benítez
ESTUDIO Y ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS DE PREFERENCIA COMPENSATORIA Y NO COMPENSATORIA	Rafael Burbano Rodríguez
LAS COLECCIONES DE HISTORIA NATURAL Y LA BIOLOGÍA EN LA EPN	C. Miguel Pinto
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA	
ESTUDIOS SOBRE LA DIVERSIDAD DE HERPETOFAUNA EN LA EPN	Ana Almendáriz
DINÁMICA Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES MONTANOS TROPICALES EN RESPUESTA A CAMBIOS AMBIENTALES GLOBALES	Selene Báez
LA ICTIOLOGÍA EN EL ECUADOR	Ramiro Barriga Salazar
DISTRIBUCIÓN Y LISTA COMENTADA DE MOLUSCOS TERRESTRES DE LA COLECCIÓN DE INVERTEBRADOS DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	<u>Vladimir Carvajal L.</u> Sebastián Andrade
EFFECTOS DE LA INTERACCIÓN ENTRE UN GRADIENTE DE PRECIPITACIÓN Y DEGRADACIÓN DE HÁBITAT EN LA COMUNIDAD DE AVES DEL OCCIDENTE DEL ECUADOR	Luis Daniel Montalvo <u>Edith Montalvo</u>

ADAPTACIONES ANTI-MURCIÉLAGO: ABSORBANCIA DE ULTRASONIDO EN ALAS DE POLILLAS	<u>P. Rivera</u> C. Ramos
LAS COLECCIONES PALEONTOLÓGICAS DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	José Luis Román Carrión
HORMIGAS DE ECUADOR EN LA FRONTERA BIOLÓGICA DESCONOCIDA: EL DOSEL DE LOS BOSQUES TROPICALES	Adrián Troya Terry Erwin Luis Espinoza <u>Jefferson Salazar</u>
DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA CUANTITATIVA	
POLÍTICA ECONÓMICA E INTEGRACIÓN REGIONAL: DE LA TEORÍA AL CASO LATINOAMERICANO	Andrea Bonilla Bolaños
EFFECTOS DE LA MIGRACIÓN EN LOS NIVELES DE VIDA DEL PAÍS DE ORIGEN. EL CASO ESPECÍFICO DE LOS NIVELES DE HACINAMIENTO DE LOS HOGARES ECUATORIANOS	Juan Pablo Díaz
MIGRACIÓN, GÉNERO Y DESARROLLO	Silvia González
IMPACTO DE LA AGLOMERACIÓN ESPACIAL EN EL RENDIMIENTO ECONÓMICO	Carolina Guevara
ECONOMÍA INDUSTRIAL: UN ENFOQUE EN TEORÍA DE CONTRATOS	Cintya Lanchimba
APROXIMACIÓN Y OPTIMIZACIÓN MATEMÁTICA EN ECONOMÍA	Julio Medina
LA DOLARIZACIÓN DEPENDE DE LA ACTIVIDAD ECONÓMICA	Marco P. Naranjo Chiriboga

MODELO DE EQUILIBRIO GENERAL COMPUTABLE. EXTENSIÓN CON REDES PRODUCTIVAS	<u>José Ramírez Álvarez</u> Wilson Pérez Oviedo
PREFERENCIAS POR REDISTRIBUCIÓN EN AMÉRICA LATINA	Yasmín Salazar Méndez
DEPARTAMENTO DE FÍSICA	
LA FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS Y EL DESARROLLO TECNOLÓGICO	Edy Ayala A
UN MUNDO DE IDEAS EN 2D	Leonardo Basile
EVALUACIÓN ANATÓMICA DE LAS DOSIS DE RADIACIÓN EN TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA	Marco V. Bayas
INSTRUMENTACIÓN DE BAJO COSTO Y DE FUENTE ABIERTA: HERRAMIENTA PODEROSA O INFATUACIÓN	<u>César Costa-Vera</u> José Luis Paz
ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE ESTABILIDAD NUMÉRICAS PARA LA RESOLUCIÓN DE LAS ECUACIONES DE NAVIER – STOKES EN VARIABLES PRIMITIVAS USANDO EL MÉTODO MAC PARA LA CAJA GUIADA BIDIMENSIONAL	<u>Aníbal Cruz</u> Christian Vásconez
PLASMAS SUPERSIMÉTRICOS FUERTEMENTE ACOPLADOS Y HOLOGRAFÍA	Á. Dueñas-Vidal
INTERACCIÓN DE PARTÍCULAS CARGADAS CON MATERIA	V.I. Alexeyev A.N. Eliseyev <u>E. Iribarra</u> V. Karpov I.A. Kishin A.S. Kubankin R.M. Nazhmudinov
ESTUDIO DE EXOPLANETAS DETECTADOS POR EL TELESCOPIO KEPLER	<u>Ericson López</u> Hugo Babier

FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS MOLECULARES	Henry Marcelo Osorio
ÓPTICA NO LINEAL: CONSIDERACIONES GENERALES Y DESARROLLOS RECIENTES	<u>José Luis Paz</u> Luis Lascano, César Costa-Vera
ESTUDIOS DE TRANSPORTE DE CARGA EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	Cristian Santacruz
ESTUDIO DE SISTEMAS PLANETARIOS USANDO EMPIRICAL MODE DECOMPOSITION	Christian L. Vásquez
ASTROPARTÍCULAS Y ASTROFÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS	Nicolás Vásquez
LA UTILIDAD PRÁCTICA DEL ESTUDIO TOPÓGICO DE LAS REDES COMPLEJAS	Ramon Xulvi-Brunet
DEPARTAMENTO DE MATEMATICA	
CONSTRUCCIÓN DE MODELOS SOBRE ESTADÍSTICAS MÉDICAS	<u>Carlos Almeida</u> Paúl Medina
INVESTIGACIÓN POR MUESTREO, GEOESTADÍSTICA, SIMULACIÓN, PLANES DE SEGUROS, MODELOS ECONOMÉTRICOS, Y ENSEÑANZA DE LA MATEMÁTICA; APLICACIONES EN EL CONTEXTO DEL ECUADOR.	Alejandro Araujo
INTERVENCIÓN SOBRE EL ABUSO SEXUAL INFANTIL (ASI) EN EL ECUADOR	Holger Benalcázar
ECUACIONES SEMILINEALES ELÍPTICAS: ANTECEDENTES Y PERSPECTIVAS	Marco Calahorrano Recalde

ESTUDIO DE LA CAUSALIDAD POR FRECUENCIA PARA SERIES FUERTEMENTE ESTACIONALES	<u>Alexandra M. Espinosa</u> Ignacio Díaz-Emparanza Luis Horna
<i>THE STATISTICAL PROPERTIES OF THE THRESHOLD MODEL AND THE FEEDBACK LEADERSHIP CONDITION</i>	<u>Alexandra M. Espinosa</u> Luis Horna
NUEVAS APORTACIONES DEL ANÁLISIS DE DATOS FUNCIONALES EN EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS. INDUSTRIA 4.0 Y METROLOGIA 4.0	Miguel Flores
INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES AL SERVICIO DE LA SOCIEDAD	Sandra E. Gutiérrez Pombosa
PREDICCIÓN DE TABLAS DE MORTALIDAD DINÁMICAS Y RIESGO DE LONGEVIDAD EN ECUADOR	<u>Luis Horna</u> Diego Huaraca
MODELO DE CUENTAS NOCIONALES COMO INSTRUMENTO PARA MEJORAR EL SISTEMA DE PENSIONES ECUATORIANO	<u>Luis Horna</u> Diego Huaraca
DESCRIPCIÓN DE UN MODELO COMPUTACIONAL DE PERCEPCIÓN BAJO INFLUENCIA DE CONTEXTO	Francisco Lara
ALGUNOS RESULTADOS EN HOMOTOPÍA DE ESTRUCTURAS BINARIAS REFLEXIVAS	David Pazmiño
OPTIMIZACIÓN EN EL SECTOR PÚBLICO	Fernanda Salazar
<i>INFINITE PRODUCTS OF RESOLVENTS OF M--COACCRETIVE OPERATORS</i>	Simeon Reich <u>Zuly Salinas</u>
MODELOS DE OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS DE CLASE	<u>Luis Miguel Torres</u> Ramiro Torres

MÉTODOS EXACTOS PARA UN PROBLEMA DE PARTICIONAMIENTO GENERAL DE GRAFOS	Diego Recalde <u>Ramiro Torres</u> Polo Vaca
ENERGÍA Y DESARROLLO ECONÓMICO	Adriana Uquillas Andrade
INVESTIGACIÓN DE RIESGO Y GESTIÓN DE CRÉDITO	Adriana Uquillas Andrade
SOSTENIBILIDAD FISCAL Y BIODIVERSIDAD DEL ECUADOR	Ruth Utreras
EXPERIENCIAS DE APLICACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN COMBINATORIA PARA LA RESOLUCIÓN DE ALGUNOS PROBLEMAS DE LA SOCIEDAD	Polo Vaca Arellano
SOLUCIONES VISCOSAS A PROBLEMAS PARABÓLICOS FRACCIONARIOS	Miguel Yangari

CONFERENCIAS PLENARIAS

REGULARIDAD L^p PARA LOS SISTEMAS DE STOKES Y NAVIER-STOKES

P. Acevedo¹, C. Amrouche², A. Ghosh², C. Conca³

¹Departamento de Matemática, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador. ²Laboratoire de Mathématiques et de leurs Applications de Pau (LMAP) - UMR CNRS 5142, Université de Pau et des Pays de l'Adour, Pau, Francia. ³Departamento de Ingeniería Matemática, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile
paul.acevedo@epn.edu.ec

El objetivo de esta charla es dar a conocer la resolución bajo la teoría L^p con $1 < p < +\infty$, de los sistemas de Stokes y Navier-Stokes con condiciones de frontera de Navier, el cual depende de un coeficiente de fricción y del tensor de estrés asociado a la velocidad del fluido.

Veremos que la existencia y unicidad tanto de las soluciones generalizadas en $W^{1,p}(\Omega)$ como de las soluciones fuertes en $W^{2,p}(\Omega)$, pueden ser demostradas considerando una mínima regularidad para el coeficiente de fricción. Además, se analizará el comportamiento de la solución con respecto a α , en particular cuando $\alpha \rightarrow +\infty$.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

El estudio de la regularidad de soluciones constituye un tema fundamental, pero a la vez de carácter complejo, en el análisis de las Ecuaciones en Derivadas Parciales (EDPs) que se tienen en las diversas áreas de la Matemática Aplicada, en la Física, en la Ingeniería, etc. En particular, mi investigación está centrada en los sistemas de ecuaciones que surgen en el campo de la Mecánica de Fluidos.

Dentro de la Mecánica de Fluidos existen dos sistemas de ecuaciones que sobresalen en su aplicación: los sistemas de Stokes y de Navier-Stokes. El estudio de estas ecuaciones juega un rol fundamental en la comprensión del movimiento de los fluidos (líquidos y gases) y abre la posibilidad de estudiar sistemas de ecuaciones aún más complejos, pero que están basados en estos dos sistemas.

Inicialmente, la perspectiva de mi investigación a futuro está orientada en aplicar tanto la metodología de investigación como las herramientas teóricas que se han utilizado, a otros sistemas de EDPs más complejos dentro de la misma Mecánica de Fluidos, de tal forma que se pueda obtener resultados relevantes referentes a la regularidad de las soluciones para estos sistemas. Uno de estos sistemas constituye el de Boussinesq, un sistema de EDPs que acopla el sistema de Navier-Stokes con la ecuación de convección-difusión para la temperatura. Este sistema tiene una gran aplicación a problemas aplicados donde la aplicación de temperatura al fluido puede generar un nuevo comportamiento de éste a lo largo del tiempo.

Luego, mi intención es seguir ampliando el campo de aplicación de estas técnicas de investigación de regularidad a otras áreas del conocimiento, de tal forma que se pueda realizar un trabajo multi e interdisciplinario el cual generaría mayores resultados y abriría más las perspectivas colaborativas de mi investigación.

SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE NANOESTRUCTURAS MAGNÉTICAS

María José Benítez

Departamento de Física, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253,
170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.

maria.benitezr@epn.edu.ec

Las nanoestructuras magnéticas han atraído mucho interés entre los investigadores en el área del magnetismo por décadas debido a su enorme potencial en aplicaciones tecnológicas, como en aparatos de espintrónica, fotónica, celdas solares o para almacenamiento de información en alta densidad [1]. En esta charla se presenta el método de nanocasting [2], como método de síntesis, para la preparación de óxidos metálicos. Este método consta de tres pasos principales, formación del molde de sílice mesoporoso y ordenado, formación de la réplica y la eliminación del molde. La figura 1 muestra un esquema del método de nanocasting. La principal ventaja en el uso de la sílice mesoporosa es la facilidad de controlar el tamaño de poro, el ancho de la pared del poro, así como el tamaño de partícula y morfología. La estructura, morfología y parámetros de textura del material réplica se ven afectados por el tipo de molde utilizado, el número de pasos de impregnación, la cantidad de precursor, el procedimiento de secado y la temperatura de calcinación. Se mostrará la síntesis de dos moldes de sílice mesoporosa, SBA-15 y KIT-6. El primero consiste en un arreglo en paralelo de tubos huecos, mientras que el segundo puede ser representado como un arreglo de un par de canales interpenetrados. Se discutirán técnicas comunes de la caracterización de estos moldes como son difracción de rayos X, microscopía electrónica de transmisión y curvas de adsorción y desorción de nitrógeno. Para demostrar el segundo paso del método nanocasting, e.d., la etapa de impregnación, se mostrarán los resultados obtenidos para el óxido de cobalto [3]. El nitrato de cobalto, que es el precursor del Co_3O_4 final, es incorporado en los canales de la plantilla de sílice y luego descompuesto térmicamente en el interior la matriz de sílice. En el paso final, la plantilla de sílice se elimina produciendo matrices de nanoalambres que están en el mismo rango de tamaño que los poros de la plantilla de sílice. Finalmente, se presentarán los resultados recientes de la síntesis de ferritas mesoporosas. Específicamente de ferrita de bismuto, BiFeO_3 , que ha llamado nuestra atención debido a que posee a temperatura ambiente un ordenamiento simultáneo ferroeléctrico y antiferromagnético, con temperaturas de transición de 1100 K y 640K, respectivamente. Además, se ha reportado que en escala nanométrica, BiFeO_3 presenta propiedades inusuales, tales como gran susceptibilidad magnética y aumento del acoplamiento dieléctrico [4]. Igualmente, BiFeO_3 es un candidato prometedor en aplicaciones fotocatalíticas debido a su estrecha banda prohibida de energía de 2.2-2.8 eV y buena estabilidad química. Se mostrará la caracterización realizada en los nanolambres utilizando difracción de rayos X, microscopía electrónica de transmisión y curvas de adsorción y desorción de nitrógeno.

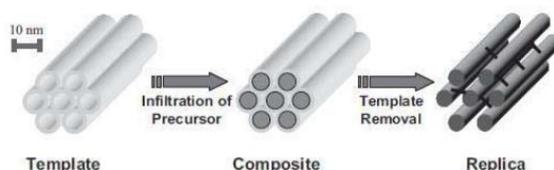


Figura 1. Esquema del método de nanocasting tomado de la Ref. [2]

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Esta investigación pretende abrir una nueva línea de investigación en el Ecuador, la de síntesis de materiales *nanoestructurados porosos* por el método de nanocasting; y proporcionar una formación excelente a jóvenes investigadores en las capacidades que son necesarias para transformar la economía ecuatoriana a una basada en tecnologías más avanzadas. Esta investigación se enfoca tanto en investigación básica como en investigación aplicada. En relación a la investigación básica, el proyecto tratará dos aspectos importantes, i.e. la obtención de materiales de ferrita de fase pura con una mínima distribución de tamaño de poro y partícula y la importancia de las condiciones de síntesis en la brecha energética. Por lo tanto, se estudiarán las influencias de la morfología, del tamaño de poro, del ancho de la pared de poro, del área superficial y de la presencia del molde de sílice en la brecha energética de las ferritas. En cuanto a la investigación aplicada, el proyecto busca dar alternativas para resolver los problemas relacionados con la contaminación del agua para mejorar la calidad de vida. Este problema se aborda desde la búsqueda de *nuevos materiales* fotocatalíticos de fácil procesamiento que, trabajando en el rango de la luz visible, degraden tales contaminantes y mejoren así la calidad del agua. Las mejores muestras obtenidas en la síntesis serán utilizadas como catalizadores en degradación fotocatalítica de contaminantes orgánicos. Se pondrá a prueba la degradación de contaminantes de color, tales como el azul de metileno y rodamina b. Las influencias del tamaño de poro, de la concentración del catalizador, de la temperatura y de la concentración del sustrato serán investigadas para optimizar la eficiencia del catalizador. En el futuro mediato, el proyecto allanará el camino para investigaciones futuras en el área de la ciencia de materiales y establecerá colaboraciones con entidades nacionales e internacionales. La siguiente investigación se enfocará en el estudio de la gran susceptibilidad magnética y el incremento de acoplamiento dieléctrico en las partículas sintetizadas de BiFeO₃ mesoporosa no dopada y dopada de materiales compuestos basados en BiFeO₃.

- [1] A.H. Lu, E.L. Salabas, F. Schüth (2007) Magnetic nanoparticles: synthesis, protection, functionalization, and application. *Angew Chem Int Ed Engl.*, 46, 1222-1244.
- [2] A. H. Lu y F. Schüth. (2006). Nanocasting: A Versatil Strategy for Creating Nanostructures Porous Materials. *Adv. Mater.* 18, 1793-1805.
- [3] Benitez, M. J.; Petravic, O.; Salabas, E. L., Radu, F.; Tüysüz, H.; Schüth, F.; Zabel, H. (2008) Evidence for core-shell magnetic behavior in antiferromagnetic Co₃O₄ nanowires. *Phys. Rev. Lett.* 101, 097206.
- [4] S. Chaturvedi, R. Das, P. Poddar y S. Kulkarni. (2015). Tunable band gap and coercivity of bismuth ferrite-polyaniline core-shell nanoparticles: the role of shell thickness. *RSC Advances* 5, 23563-23568.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS DE PREFERENCIA COMPENSATORIA NO COMPENSATORIA

Rafael Burbano Rodríguez

Departamento de Economía Cuantitativa, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de
Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador
rafael.burbano@epn.edu.ec

El Análisis Multicriterio (AMC), es una herramienta de la economía ecológica que se permite estudiar aquellos problemas caracterizados por la presencia de impactos en varias dimensiones: por ejemplo, la dimensión económica, social, ambiental, etcétera; y, por la presencia de diversos actores sociales con intereses distintos y, muchas veces, antagónicos entre sí. Los diferentes métodos del AMC permiten trabajar con variables cualitativas y cuantitativas, con diversos grados de certidumbre, variables no difusas y difusas, y variables estocásticas. Cada una de estas variables se representa mediante un criterio.

Uno de los principios que fundamentan el uso de estas técnicas es la posibilidad de compensación. La compensabilidad se entiende como la posibilidad de resarcir las desventajas en algunos criterios por las ventajas en otros criterios. Así, un método es compensatorio si existe total compensación entre criterios; es no compensatorio, si no existe compensación; y, parcialmente compensatorio, si existe algún tipo de compensación. Finalmente, dada la posibilidad de compensación, el político debe establecer el monto de estas compensaciones.

He propuesto un marco conceptual que permite definir estructuras de preferencia paramétrica no-compensatorias compensatorias, con un sentido preciso para el parámetro de compensación, que toma el valor cero en el caso no compensatorio, uno si la compensación es total y absoluta, y toma algún valor entre cero y uno si la compensación es parcial. Sin embargo, el sistema axiomático construido por Burbano se limita a estructuras de preferencia definidas en el espacio vectorial real n -dimensional.

En la investigación propuesta se busca extender el trabajo de Burbano a contextos más generales, esto es, a estructuras de preferencia definidas sobre un espacio de categorías ordinales (variables cualitativas). En particular, se analizará la evaluación del grado de compensación de la familia de métodos de análisis multicriterio conocidos como ELECTRE (*ELimination Et Choix Traduisant la REalit'e*).

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

La investigación propuesta tiene varias posibilidades de ampliación hacia otros campos del análisis multicriterio. En primer lugar el estudio del significado de los pesos. Se conoce que en el AMC los pesos se califican como pesos importancia (estos son los pesos asociados a los métodos no compensatorios) o como pesos compensación (pesos que expresan la tasa de compensación en los métodos compensatorios). Se considera que esta clasificación es excluyente. Sin embargo, el trabajo que he realizado abre la posibilidad a considerar los pesos mixtos, que pueden describir la importancia de un criterio y permitir el cálculo de la tasa de compensación.

Otro campo de desarrollo es el concepto de sinergia. La sinergia que se parafrasea como “el todo es más que la suma de las partes”, expresa los efectos positivos generados por la combinación de las ventajas en los criterios. Se busca determinar, en el método de Burbano, un parámetro que mida la sinergia.

Finalmente al ser el AMC una metodología para el análisis y evaluación de problemas y proyectos complejos, queda abierta la posibilidad a trabajos de investigación conjunta con investigadores de las áreas sociales, ambientales e ingeniería.

LAS COLECCIONES DE HISTORIA NATURAL Y LA BIOLOGÍA EN LA EPN

C. Miguel Pinto

Departamento de Biología. Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253,
170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.

miguel.pinto@epn.edu.ec

Esta charla está dividida en dos partes: las colecciones de historia natural como recurso valioso para los científicos en general, y una reseña del pasado, presente, y proyección al futuro de la biología en la EPN. (1) En el público hay la percepción común de que las colecciones de historia natural son bodegas viejas y polvorientas de curiosidades. En realidad, estas colecciones son un repositorio de información que tienen una amplia utilidad para investigadores de varias áreas de conocimiento y otros actores de la sociedad. Además del uso tradicional de estas colecciones —que es la documentación de la biodiversidad— existen usos tan importantes como la detección de contaminantes ambientales a través del tiempo, detección de patógenos que pueden infectar humanos, e incluso estas colecciones ayudan a resolver crímenes. Presentaré casos de estudio de dichos ejemplos. (2) La historia de la biología en la EPN puede dividirse en cuatro etapas: (A) *Fundación de la EPN*.- La creación de la EPN en 1869 es un hito importante para el Ecuador, se crea la primera universidad de ciencia y tecnología en el país. Desde sus inicios se impartían cátedras relacionadas a la zoología y botánica, y se establecen colecciones de historia natural. Lamentablemente esta etapa se interrumpe y se pierden las colecciones. (B) *Resurgimiento de biología en la EPN*.- En 1946 se reestablecen las colecciones de historia natural con un énfasis en la paleontología a cargo de Robert Hoffstetter, especialista francés. Posteriormente, en 1948 ingresa el profesor ecuatoriano Gustavo Orcés y comienza la producción científica local en zoología. (C) *Formación de investigadores ecuatorianos*.- Orcés forma a los investigadores Luis Albuja, Ana Almendáriz y Ramiro Barriga quienes permanecen en la EPN, principalmente con cargos administrativos. Posteriormente se unen más investigadores, con cargos administrativos. El impulso de los investigadores nacionales posiciona las colecciones de la EPN entre las más grandes e importantes del país, destacándose las colecciones de anfibios, fósiles, mamíferos y peces. A pesar de toda clase de limitantes (ej.: infraestructura deficiente, investigadores con cargos administrativos, falta de financiamiento) biología ha sido una de las dependencias más productivas en número de publicaciones. (D) *El presente*.- desde el año 2016 se contratan profesores con títulos de cuarto nivel, tienen alta productividad que ayuda al posicionamiento de la EPN en 'rankings' nacionales e internacionales. En el 2017 se forma el Departamento de Biología absorbiendo al antiguo Instituto de Ciencias Biológicas y ampliando la visión de la biología en la EPN. La creación de este departamento impulsa el crecimiento de la investigación biológica y multidisciplinaria en la EPN. Los dos ejes de investigación que se fomentarán son: la *Biología de Organismos* para el desarrollo de investigaciones tradicionales en biología haciendo uso extenso de las colecciones de historia natural, y la *Biología Cuantitativa* para promover la interrelación de la biología con las ciencias exactas. El futuro para la biología en la EPN es promisorio, siempre y cuando exista el apoyo necesario de las autoridades para contratar más personal, financiar proyectos, mantener las colecciones y equipar laboratorios de investigación.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Mi investigación se enfoca en el estudio de la diversidad, distribución y evolución de los organismos, particularmente de los mamíferos y sus agentes infecciosos. Estoy muy interesado en la evolución de las enfermedades zoonóticas como la leishmaniasis y la enfermedad de Chagas, en esta última he desarrollado la mayor parte de mi investigación. También me interesan los usos alternativos y nuevos de las colecciones de historia natural para ello colaboro en varios estudios multidisciplinarios con geólogos, ingenieros químicos, ingenieros de sistemas y matemáticos. Para mi investigación hago uso de colecciones de historia natural, datos genéticos, datos publicados y métodos filogenéticos.

En el futuro me interesa involucrarme en el análisis y generación de datos genómicos para entender asociaciones entre las características morfológicas de los organismos (fenotipo) y los genes que las están determinando (genotipo). Adicionalmente, me interesa incursionar en proyectos sobre la aplicabilidad de la biología evolutiva en campos productivos como la agricultura, la ganadería, y la medicina humana y veterinaria.

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

ESTUDIOS SOBRE LA DIVERSIDAD DE HERPETOFAUNA EN LA EPN

Ana Almendáriz

Departamento de Biología, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253,
170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.
ana.almendariz@epn.edu.ec

En la presente charla se pretende resaltar los estudios que ha realizado la EPN en el área de la Herpetología, como contribución al conocimiento de la diversidad de los anfibios y reptiles ecuatorianos. La importancia del estudio de estos vertebrados radica en que el Ecuador es considerado el cuarto país megadiverso y en cuanto a número de anfibios ocupara el tercer lugar a nivel mundial (594 sp); los reptiles ocupan el séptimo lugar (437 sp). Un aspecto importante de estos grupos es el alto nivel de endemismo, especialmente de las zonas montañosas de la Cordillera de los Andes.

En la EPN, la formación de la Colección de herpetofauna se inició por iniciativa del Dr. Gustavo Orcés V., y a él se deben los primeros trabajos sobre herpetofauna publicados en 1944, sobre los ofidios venenosos y tortugas continentales. Con el trabajo de este investigador se establecieron nexos de cooperación con museos y universidades del exterior (Museo de Senkenberg, *Conservation International*, Universidad de Illinois, *American Museum*, Museo de Philadelphia, Universidad de Kansas). La sección de Herpetología ha sido parte de proyectos relacionados principalmente con la biogeografía, taxonomía, ecología, conservación y biología molecular. Prospecciones avaladas por entidades gubernamentales, y los trabajos de extensión que realizó el actual Departamento de Biología para la ejecución de estudios de impacto ambiental de la industria petrolera, minera e hidroeléctrica, en zonas vulnerables y de importancia biológica, fueron de gran importancia para el incremento de la colección, la misma que es la segunda en el país y supera los 16.000 ejemplares, exceptuando lotes de renacuajos y tejidos.

El conocimiento que genera el material conservado se ha reflejado en publicaciones (un 60% indexadas), y una visión general de la distribución de las especies desde el punto de vista zoogeográfico se plasmó en el libro publicado en 2012 sobre la Fauna de Vertebrados del Ecuador. Actualmente, nos hallamos analizando el material colectado en la Cordillera del Cóndor, en el 2017 publicamos la descripción de dos especies nuevas de ranas de las familias Microhylidae y Craugastoridae. En edición se encuentran publicaciones sobre una especie nueva de serpiente del género *Atractus* y una especie de rana del género *Pristimantis*. En avance está la descripción de una rana del género *Lynchius* y la revisión de un cutín de los valles secos interandinos. A todos estos artículos respalda el análisis molecular realizado por investigadores coautores.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Siendo el Ecuador uno de los países megadiversos y los grupos de anfibios y reptiles de alta diversidad, es necesario ampliar los estudios hacia las estribaciones de la Cordillera de los Andes, e inclusive algunos remanentes boscosos de la costa que constituyen refugios no bien explorados. Otra zona de importancia es la región sur por la influencia de la Depresión del Huancabamba (Perú), donde los Andes alcanzan su menor altitud. También es importante realizar estudios en las localidades tipo, es decir, de donde fueron descritas las especies, información necesaria para elaborar las Listas Rojas de los Anfibios y Reptiles, con el objeto de determinar las categorías de amenaza.

Siguiendo el tema principal al que el actual Departamento de Biología se enfocó durante años, es decir los estudios taxonómicos, las publicaciones de descripción de especies se deberán complementar con análisis moleculares, pues la filogenia ayuda a establecer con mayor certeza la ubicación de las especies dentro de la sistemática. Otra aplicación de la filogenética se enfoca a aclarar el estatus de las especies crípticas, identificadas tanto para especies de la baja amazonía como de las estribaciones y páramo. Como una perspectiva a futuro se sugiere el análisis de las toxinas de los anfibios como una aplicación biomédica, como el caso de Epibatidina, cuyos efectos anestésicos no producen efectos secundarios. Otro aspecto importante es el estudio de los anfibios como bioindicadores de alteraciones tanto antropogénicas como industriales, dado que su fase larvaria depende del medio acuático y su respiración cutánea.

DINÁMICA Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES MONTANOS TROPICALES EN RESPUESTA A CAMBIOS AMBIENTALES GLOBALES

Selene Báez

Departamento de Biología, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253,
170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.
selene.baez@epn.edu.ec

Los bosques montanos tropicales de América del Sur son ecosistemas críticos para la conservación de la biodiversidad mundial. Adicionalmente, el funcionamiento ecosistémico de estos bosques, principalmente por la captación de carbono y la provisión de agua, proveen de servicios ambientales claves para más de 50 millones de personas. En consecuencia, su manejo y conservación son críticos para mantener la calidad de vida de los habitantes de la región. Mis investigaciones se enfocan en el área de la Macroecología, que investiga patrones ecológicos temporales y espaciales considerando gran variación espacial y/o temporal. En consecuencia, mis investigaciones se enfocan en tres aspectos principales de la ecología de los bosques montanos tropicales: 1) cambios en diversidad y funcionamiento de bosques montanos a escala regional y a través del tiempo, como respuesta los cambios ambientales globales, 2) experimentación en campo para conocer las respuestas de los bosques a presiones ambientales específicas, y 3) recuperación de diversidad y funcionamiento ecosistémico a través de prácticas de reforestación/restauración. Hasta el momento los resultados de mis estudios demuestran que los bosques andinos son altamente sensibles a los cambios ambientales globales. Los patrones de dinámica regional indican que los bosques montanos más húmedos y fríos tienden a tener alta mortalidad, lo cual resulta en pérdidas netas de carbono a escala del ecosistema (Báez et al. 2015). Estos cambios parecen estar relacionados con la baja tolerancia de ciertas especies de árboles a temperaturas más altas (Fadrique et al. *en revisión*). Por otra parte, investigaciones experimentales revelan que la diversidad de las respuestas de los árboles de bosques montanos a las presiones ligadas al cambio ambiental global (i.e., mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo) tienen el potencial de amortiguar cambios que podrían cambiar el funcionamiento del ecosistema (i.e., capacidad para fijar y almacenar carbono) (Báez & Homeier 2018). Mis investigaciones acerca de recuperación de biodiversidad y funcionamiento ecosistémico están comenzando a través de un proyecto a ser ejecutado entre 2018 y 2019, en el que se evaluarán parcelas de bosque restaurado y bosque natural en un gradiente de elevación de 2000 m en el nor-occidente de Pichincha.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Tengo varias ideas para continuar con mi trabajo de ecología en bosques montanos andinos. Primero, pienso seguir colaborando con la Plataforma de Investigación Alemana basada en Loja, Ecuador, con el fin de conocer más a fondo cómo los rasgos funcionales de las distintas especies influyen en sus respuestas frente al cambio ambiental global. De la misma manera, pienso continuar con mis estudios regionales de dinámica de bosques andinos para conocer de manera más detallada cómo el aumento en la temperatura, y los cambios en los regímenes de precipitación, influyen en la diversidad y en la capacidad de almacenar carbono de los bosques montanos. Pienso continuar mis proyectos de recuperación de biodiversidad y regeneración de bosque en gradientes altitudinales, a través de mi colaboración con investigadores de la Universidad de Ghent, Bélgica.

LA ICTIOLOGÍA EN EL ECUADOR

Ramiro Barriga Salazar

Departamento de Biología. Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253,
170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador

ramiro.barriga@epn.edu.ec

El Dr. Gustavo Orcés Villagómez inició, en 1946, el estudio de los peces marinos y de agua dulce del Ecuador. Sus resultados dieron las bases de la ictiofauna marina y de agua dulce ecuatoriana. Es importante señalar que los estudios de la ictiología ecuatoriana realizados en la Politécnica Nacional también ayudaron a iniciar las investigaciones icticas de los peces de los países vecinos. Desde fines de los años 40 hasta la presente fecha el Departamento de Biología ha mantenido estrecha colaboración con las Divisiones de Ictiología de las principales universidades de los Estados Unidos como Stanford, Harvard, Michigan, Chicago, Syracuse etc., y otras de América del Sur como la Universidad de Sao Paulo, Río de Janeiro, la Universidad Católica de Rio Grande del Sur, la Universidad Mayor de San Marcos de Lima y las secciones de ictiología de los principales museos de América y Europa como el Smithsonian, American Museum de New York, Field Museo de Chicago, Academia de Ciencias Naturales de Philadelphia, Estocolmo, Ginebra, Paris, Viena y Londres, entre los principales. La sección de Ictiología ha colaborado en proyectos relacionados con la taxonomía, sistemática, ecología, biología, pesquerías y biología molecular. Los proyectos de extensión ejecutados tuvieron relación con las consultorías ambientales en los campos de la minería, la actividad petrolera y la construcción de las hidroeléctricas ubicadas en los diferentes sistemas hídricos del país. Con base en la colección que reúne 19.215 lotes de peces procedentes de todas las cuencas hidrográficas del Ecuador nos ha permitido realizar la ictiohidrografía de los peces ecuatorianos, dando facilidad de conocer la distribución de los peces en los diferentes ecosistemas acuáticos ecuatorianos. En el libro de la Fauna de Vertebrados del Ecuador se aborda la historia natural de los peces de agua dulce y marinos del Ecuador. Cabe señalar que las investigaciones ictiológicas relacionadas con nuevos descubrimientos de nuevas especies de peces, ecología, biología y las pesquerías han sido publicadas en revistas indexadas a nivel internacional y nacional.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

El Ecuador es un país megadiverso, siendo el grupo de los peces el que tiene mayor diversidad: 1000 especies de peces de agua dulce y 800 especies marinas. La Politécnica en los años 50 realizó la primera lista de peces marinos del Ecuador. En la parte continental se ha registrado cerca de 1000 especies de peces de agua dulce con su respectiva distribución biogeográfica. Es necesario tomar en cuenta que en la amazonía, debido a la dificultad orográfica e hidrográfica, no se ha podido muestrear en algunos sitios de interés ictiológico; por lo tanto es necesario emprender nuevas expediciones hacia la mencionada región. En las comunidades de peces se han registrado numerosas especies crípticas y que presentan un alto grado de polimorfismo que han sido determinadas con las revisiones de los diferentes grupos de peces existentes en el Departamento de Biología. Al incrementar las colecciones ícticas de los grupos de interés, los especímenes colectados ayudarán a esclarecer numerosas dudas en la taxonomía y filogenia de los peces, siendo necesario coleccionar tejidos para que sean sometidas a estudios moleculares que nos permitan aclarar los problemas taxonómicos que hasta la presente fecha se presentan en varios grupos taxonómicos que provienen de todas las cuencas hidrográficas del Ecuador. Continuaremos con los proyectos que dan aplicabilidad a la diversidad íctica y se relacionan con los estudios en ecología, biología y pesquerías de los peces continentales que en la amazonia y en la cuenca del río Guayas. La pesca es un recurso alimenticio vital, ya que es la fuente más valiosa en proteínas de la población costera y amazónica.

DISTRIBUCIÓN Y LISTA COMENTADA DE MOLUSCOS TERRESTRES DE LA COLECCIÓN DE INVERTEBRADOS DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Vladimir Carvajal L¹ y Sebastián Andrade²

¹Departamento de Biología, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador. ²Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador

vladimir.carvajal@epn.edu.ec, sebas_anpro@hotmail.com

El Ecuador posee una diversidad de moluscos poco conocida (Correoso, 2014). Continentalmente encontramos especies tanto terrestres como fluviales, ocupando rangos altitudinales desde los 0 metros a nivel del mar hasta los 4.000 metros en las cumbres andinas. Algunas especies, por su aprovechamiento como alimento o por su relación dentro del hábitat, revisten gran importancia sanitaria y ecológica, debido a su capacidad como reservorios o vectores de parásitos (Paraense, 1995; Paraense, 2004). Los moluscos del Ecuador han sido poco estudiados. Existen reportes históricos de sabios y naturalistas como Gaetano Osculati o de grandes expediciones europeas, como la Comisión Científica del Pacífico, que estudiaron estos moluscos. Algunos aportes provinieron de viajeros y colectores como Edward Whymper y Enrico Festa. A inicios de la época republicana, los moluscos terrestres fueron estudiados por varios extranjeros como: Cousin (1858), Jousseume (1887), Miller (1878), Rivet (1903) Paraense (1973). En el siglo XX e inicios del XXI, varios investigadores nacionales estudiaron a los moluscos terrestres, entre ellos: Luis A. León, Rodríguez Maridueña, Cornelio Sáenz, Edmundo Blum, con un punto de vista epidemiológico. Finalmente tenemos a Moreno Espinoza, Gustavo Orcés y Modesto Correoso que realizaron aportes al estudio de la biodiversidad de los moluscos terrestres ecuatorianos.

A mediados del siglo XX se realiza la segunda fundación de la Escuela Politécnica y con ella la incorporación de profesores franceses como el Dr. Robert Offstetter. Una de sus primeras tareas fue la colección de material conquiológico con la ayuda de importantes colectores de fauna y colaboradores como: Claudio Reyes, Luis Mena, L. Ponce, B. Pazmiño, T. Mena, Antonio Proaño, J. Estrella, Gonzalo Herrera, Alfonso María Olalla y los hermanos Jorge, Manuel y Ramón Olalla. Posteriormente se hace cargo del trabajo conquiológico, el profesor Gustavo Orcés V., quien junto a su ayudante y colector César Durán, incrementó e identificó buena parte de la colección. También se incorporó una importante colección de referencia de moluscos del Perú proporcionada por Wolfgang K. Weyrauch. Lastimosamente esta colección, por falta de especialistas quedó abandonada por más de 40 años. Actualmente se ha planteado su recuperación, de tal manera que nos permita entender su grado de representatividad del total de la fauna de moluscos terrestres conocida para todo el Ecuador.

Se trabajó en el proceso de curación, ingreso de base de datos y georreferenciación de los especímenes que integran la colección. Se realizó cambio de contenedores y re-etiquetación de los especímenes, actualizando su taxonomía cuando era el caso. Se tomaron fotos de los especímenes más carismáticos

La colección de moluscos terrestres del Departamento de Biología de la Escuela Politécnica Nacional (DB-EPN), cuenta con 595 lotes de conchas de moluscos terrestres distribuidas en 17 familias: Camaenidae, Charopidae, Clausiliidae, Cyclophoridae, Cymatiidae, Epiphragmophoridae, Helicinidae, Neocyclotidae, Orthalicidae, Pupillidae, Scolodontiidae, Spiraxidae, Strophocheilidae, Subulinidae, Succineidae, Systrophiidae y Vallonidae. En total la colección comprende 56 géneros y 382 especies de conchas de moluscos terrestres, distribuidas principalmente en el Callejón Interandino y en las estribaciones a ambos lados de la Cordillera.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

El conocimiento de la diversidad de los moluscos terrestres guarda un importante significado desde varios aspectos biológicos. Los moluscos terrestres constituyen un alimento ancestral que todavía se consume en distintas poblaciones del Ecuador; sin embargo, todavía no se ha caracterizado cuáles son los grupos que más se consumen. Muchos moluscos son reservorios y vectores conocidos de parásitos que han sido controlados (duela hepática), sin embargo, con las migraciones humanas, estos moluscos pueden recibir nuevos parásitos de los cuales no se tiene conocimiento sobre su capacidad de infestar a la fauna malacológica local (*Angiostrongylus cantonensis*).

Por otro lado, al modificarse los ambientes y generarse procesos de agricultura intensiva, muchos de estos organismos endémicos e inofensivos pasan a convertirse en plagas agrícolas que es necesario controlar y combatir (caracol africano y caracol manzana). También se ha experimentado en las últimas décadas la importación de especies foráneas con fines de producción alimenticia y cosmética (l'escargot), emprendimientos que con el pasar de los años han perdido el control dejando que estas especies invadan zonas naturales y sin estudios que puedan medir sus impactos. Existen especies carnívoras con la capacidad de devorar a las especies exóticas, y cuyo uso en control biológico todavía no se ha desarrollado. Finalmente, el conocimiento adecuado sobre la distribución de estos moluscos, puede permitirnos evaluar el estado del ambiente, cuando conozcamos adecuadamente su diversidad, su ecología y su distribución, información que en buena parte puede extraerse de las colecciones museológicas.

EFFECTOS DE LA INTERACCIÓN ENTRE UN GRADIENTE DE PRECIPITACIÓN Y DEGRADACIÓN DE HÁBITAT EN LA COMUNIDAD DE AVES DEL OCCIDENTE DEL ECUADOR.

Luis Daniel Montalvo¹, Edith Montalvo²

¹Ordway Lab of Ecosystem Conservation, Florida, Museum, University of Florida.

²Departamento de Biología, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.

edith.montalvo@epn.edu.ec

El occidente del Ecuador está caracterizado por un gradiente de humedad que se extiende desde el Occidente-Chocó-Darién en el norte hasta la región seca tumbesina del Sur. Estas regiones albergan una gran diversidad y endemismo y a la vez enfrenta graves problemas de conservación (Mittermeier et al. 1998, Myers et al. 2000). Particularmente en escenarios como este, el manejo y conservación de la biodiversidad requiere la evaluación espacial de los recursos naturales y sus amenazas (Margules and Pressey 2000, Groves et al. 2002). Este estudio pretende entender los efectos de factores climáticos, como la precipitación en la distribución espacial de las comunidades de aves en el occidente del Ecuador, información que es especialmente importante para el planeamiento de la conservación bajo escenarios de cambio climático, cuando existen modelos climáticos que predicen una mayor precipitación en el suroccidente (Marengo et al. 2012). Sumado a esto, está el hecho que los rangos de distribución de algunas especies de la región Tumbes-Choco-Magdalena podrían disminuir en 43% debido al cambio climático (Velásquez-Tibatá et al. 2013). El presente estudio pretende conocer los factores que determinan la estructura de las comunidades de aves en el occidente del Ecuador. Para esto se analizarán patrones de riqueza y abundancia de aves así como la influencia de endoparásitos (malaria aviar en sangre), estructurando la composición de la comunidad de aves. Además, realizar mediciones de tolerancia térmica e hídrica durante 2018 para conocer adaptaciones de las aves a diferentes factores climáticos. Es así como se plantean dos objetivos: 1. Entender los patrones de distribución de las comunidades de aves en el occidente del Ecuador. 2. Cuantificar los efectos de factores climáticos, precipitación y endoparásitos en los patrones de distribución de las aves en el occidente del Ecuador.

La investigación científica incluye 13 áreas protegidas (públicas y privadas) de la costa Ecuatoriana, donde se realizan capturas de aves para toma de muestras biológicas y observaciones para analizar la composición de las comunidades; estas reservas son: Reserva Natural La Ceiba, Reserva Natural Cazaderos, Reserva Ecológica Arenillas, Reserva Ecológica Manglares Churute, Bosque Protector Cerro Blanco, Reserva Ayampe, Agua Blanca Parque Nacional Machalilla, Reserva Ecológica Comunal Loma Alta, Reserva Natural Punta Gorda, Reserva Bosque Seco Lalo Loor, Reserva Canandé, Refugio de Vida Silvestre El Pambilar, Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje.

Las placas y tubos de sangre son colectados por duplicado, las muestras correspondientes a la Escuela Politécnica son depositadas en la colección de tejidos del Departamento de Biología. Esta investigación se está realizando en cooperación con dos instituciones, **Luis Daniel Montalvo** de la Universidad de Florida y **Edith Montalvo** de la Escuela Politécnica Nacional, y está supervisada por Scott Robinson y John Blake profesores de la Universidad de Florida.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Durante la campaña de campo 2017 se pudo observar el interés que existe en las reservas por este tipo de estudios, sin embargo, la existente falta de conocimiento sobre métodos de campo y análisis básico de datos en las diferentes reservas hace difícil que monitorizaciones de aves sean realizadas. Durante el 2017, trabajando en conjunto con los guardaparques de cada reserva, se pudo transmitir un poco de nuestro conocimiento técnico, esta práctica dio buenos resultados tanto para ellos como para nosotros. Durante la campaña 2018 nos hemos comprometido a repetir el mismo método de trabajo, de esta forma trabajando en colaboración con los guardaparques de las áreas interesadas podemos optimizar nuestro trabajo al mismo tiempo que ellos aprenden técnicas de campo. Nuestra idea es capacitar a gente de cada localidad, y entre las instituciones interesadas realizar convenios, cartas de compromiso etc., a fin de trabajar en conjunto, logrando que esta manera se pueda realizar estudios a largo plazo con bajo presupuesto, siendo la EPN y UF autores y colaboradores de los diferentes estudios que se puedan realizar.

BIBLIOGRAFÍA

Groves, C. R., D. B. Jensen, L. L. Valutis, K. H. Redford, M. L. Shaffer, J. M. Scott, J. V. Baumgartner, J. V. Higgins, M. W. Beck, and M. G. Anderson. 2002. Planning for biodiversity conservation: Putting conservation science into practice a seven-step framework for developing regional plans to conserve biological diversity, based upon principles of conservation biology and ecology, is being used extensively by the nature conservancy to identify priority areas for conservation. *BioScience* **52**:499-512.

Marengo, J. A., S. C. Chou, G. Kay, L. M. Alves, J. F. Pesquero, W. R. Soares, D. C. Santos, A. A. Lyra, G. Sueiro, and R. Betts. 2012. Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTEC/HadCM3 climate change projections: climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Paraná River basins. *Climate Dynamics* **38**:1829-1848.

Margules, C. R., and R. L. Pressey. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* **405**:243-253.

Mittermeier, R. A., N. Myers, J. B. Thomsen, G. A. Da Fonseca, and S. Olivieri. 1998. Biodiversity hotspots and major tropical wilderness areas: approaches to setting conservation priorities. *Conservation Biology* **12**:516-520.

Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca, and J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**:853-858.

Sheldon, L. D., Chin, E. H., Gill, S. A., Schmaltz, G., Newman, A. E., & Soma, K. K. 2008. Effects of blood collection on wild birds: an update. *Journal of Avian Biology*, 39(4): 369-378.

Velásquez-Tibatá, J., P. Salaman, and C. H. Graham. 2013. Effects of climate change on species distribution, community structure, and conservation of birds in protected areas in Colombia. *Regional Environmental Change* **13**:235-248.

ADAPTACIONES ANTI-MURCIÉLAGO: ABSORBANCIA DE ULTRASONIDO EN ALAS DE POLILLAS

P. Rivera¹, C. Ramos²

¹Departamento de Biología, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador. ²Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias, Universidad de las Américas, Quito, Ecuador.
pamela.rivera@epn.edu.ec, acu.ramosromero@gmail.com

La relación predador-presa que existe entre murciélagos insectívoros y polillas es un ejemplo de co-evolución que se desarrolla en un ambiente acústico. Los murciélagos insectívoros utilizan su sistema de ecolocación para encontrar y caracterizar a sus presas, específicamente los murciélagos escuchan los cambios que se dan en la amplitud de los ecos de retorno producidos por el aleteo de los insectos. Como resultado de esta presión selectiva, las polillas han evolucionado un órgano timpánico que les permite escuchar las llamadas de ultrasonido de los murciélagos. Esto a su vez les ha permitido evolucionar diversos mecanismos anti-murciélago, como por ejemplo: alteraciones en el patrón de vuelo y la capacidad de producir clics de ultrasonido; estos mecanismos pueden tener efectos en la acústica de la señal percibida por el murciélago. Dado que el aleteo es la señal percibida por los murciélagos, cualquier cambio en su propia estructura podría causar un cambio en la señal. Para medir la influencia de la estructura de las alas de las polillas en la acústica de la señal percibida por los murciélagos, se construyó una cámara de reverberación a escala y específica para ultrasonido, compuesta de una combinación de difusores de residuo cuadrático y empíricos. Se midió si existe absorbanza del sonido en las alas de polilla de diferentes especies. Los resultados preliminares muestran que las alas de diferentes especies de polilla de la familia Noctuidea tienen diferentes perfiles acústicos, con la mayor absorbanza en las frecuencias más usadas por murciélagos insectívoros. Las defensas que han evolucionado las polillas implican intrincadas adaptaciones anatómicas que convierten a sus alas en escudos acústicos.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Mi principal línea de investigación es la bioacústica y el comportamiento animal. Espero seguir investigando las relaciones predador-presa en diferentes estancias y con diferentes herramientas además de la acústica.

La relación predador-presa que existe entre murciélagos y polillas presenta un modelo experimental con muchas líneas diferentes de investigación, espero poder llevar este proyecto a una instancia más experimental. Analizar la captura de polillas durante un vuelo natural en un cuarto de vuelo acondicionada con equipos de video y sonido. Realizar experimentos de captura bajo diferentes escenarios donde se manipulara las condiciones anatómicas de las polillas.

De igual manera, la línea de bioacústica me ha llevado a iniciar investigaciones de fauna urbana, principalmente con aves y murciélagos. Con aves estoy analizando el efecto del ruido urbano en las canciones de diferentes especies de aves en el centro urbano de Quito. En cuanto a los murciélagos, vamos a realizar búsqueda de refugios utilizando métodos de detección acústica, lo que no solo nos dará información de presencia-ausencia de especies, sino también de patrones de actividad y movimiento de las poblaciones.

En cuanto a vinculación con la sociedad, esperamos colaborar con datos para programas de conservación de la fauna urbana. Específicamente trabajar con el Programa de Conservación de murciélagos, para iniciar un programa de caminatas nocturnas educativas, donde se explicada a las personas la importancia de los murciélagos y su conservación, mientras mediante herramientas de muestreo acústico se enseña a las personas la biología de los murciélagos.

LAS COLECCIONES PALEONTOLÓGICAS DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

José Luis Román Carrión

Departamento de Biología. Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253,
170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.
joseluis.roman@epn.edu.ec

Las Colecciones de Paleontología del actual Departamento de Biología de la EPN, constituyen las principales colecciones científicas de esta ciencia en el Ecuador. Si bien la colección empezó a ser organizada desde 1952, existe material colectado desde 1880 por reconocidos científicos nacionales y sobretodo extranjeros, responsables de sentar las bases del conocimiento geológico y paleontológico del Ecuador.

Con base en las colecciones de fósiles de la EPN se han escrito muchas publicaciones científicas en las que se resalta la importancia de su material; entre ellas el *Léxico Estratigráfico Internacional* (capítulo Ecuador) y *Mamíferos Pleistocénicos del Ecuador*, ambos escritos por Robert Hoffstetter, constituyen publicaciones básicas en los estudios geológicos y estratigráficos de nuestro país.

En las últimas décadas se han realizado nuevos trabajos en localidades antes no registradas y de diferentes edades geológicas; tal es el caso de las localidades miocénicas del sur del Ecuador, en las provincias de Cañar, Azuay y Loja, donde contamos con nuevos registros fósiles que nos permiten conocer una de las etapas más importantes del levantamiento de la Cordillera de los Andes. Existen formaciones sedimentarias del centro del callejón interandino, donde registramos nuevas localidades fosilíferas relacionadas con la actividad volcánica Pleistocénica, y las formaciones del paleozoico del sur oriente ecuatoriano, donde hemos realizado nuevas exploraciones contando con material fósil antes no registrado en nuestras colecciones, y que nos muestran las formaciones geológicas más antiguas del Ecuador rebasando los 300 millones de años. En base a los trabajos antes mencionados se han realizado varias tesis de pregrado de carreras como Biología y Geología de universidades nacionales, y se ha aportado con datos y material para la realización de tesis de post grados de autores internacionales.

Se desarrollan diversos proyectos de investigación cuyo material colectado incrementa de sobremanera las colecciones de fósiles de vertebrados, invertebrados, paleobotánica, Icnofósiles y micropaleontología.

Son varias hasta el momento el número de artículos científicos publicados en revistas arbitradas, con aporte de la colección de Paleontología de la EPN, y se siguen desarrollando proyectos de investigación en colaboraciones con Universidades e Institutos especializados de todo el mundo.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Las Colecciones de Paleontología del actual Departamento de Biología de la EPN, constituyen las principales colecciones científicas de esta ciencia en el Ecuador. Desde su primera etapa de organización se contó con material proveniente de diversas colecciones que quedaron olvidadas y casi a punto de perder como es el caso de la colección del Gabinete de Ciencias Naturales de la Universidad Central del Ecuador, cuyo responsable fue el Dr. Franz Spillmann. A partir del año 1952 la EPN prestó un singular apoyo a la investigación paleontológica y organizó la primera colección científica de fósiles del Ecuador a cargo del Dr. Robert Hoffstetter.

En los últimos años, y especialmente a partir del año 2007, hemos venido realizando nuevos trabajos en localidades antes no registradas y de diferentes edades geológicas; tal es el caso de las localidades miocénicas del sur del Ecuador en las provincias de Cañar, Azuay y Loja donde contamos con nuevos registros fósiles que nos permitirán conocer de mejor manera una de las etapas más importantes del levantamiento de la Cordillera de los Andes. Las formaciones sedimentarias del centro del callejón interandino donde continuamos estudiando nuevas localidades fosilíferas relacionadas con la actividad volcánica Pleistocénica y sus respectivos momentos glaciares y las formaciones del paleozoico del sur oriente ecuatoriano, donde continuamos realizando nuevas exploraciones contando con material fósil antes no registrado en nuestras colecciones, y que nos permiten conocer con más profundidad las formaciones geológicas más antiguas del Ecuador rebasando incluso los 300 millones de años.

Todo lo antes expuesto y los proyectos venideros nos permitirán continuar con la elaboración de artículos científicos que se publicaran en revistas arbitradas, y el material colectado incrementará de sobremanera las colecciones de fósiles de vertebrados, invertebrados, paleobotánica, Icnofósiles y micropaleontología.

Cabe destacar que además del trabajo de divulgación científica de la Paleontología del Ecuador, nos hemos involucrado con algunas de las poblaciones relacionadas directamente con los yacimientos fosilíferos en el trabajo de concienciación y conservación del Patrimonio Paleontológico, como es el caso de Quebrada Chalan en la provincia de Chimborazo, El Bosque Petrificado de Puyango entre las provincias de Loja y El Oro y los Valles orientales de Quito, Pichincha, convirtiéndose en un trabajo de vinculación con la sociedad.

HORMIGAS DE ECUADOR EN LA FRONTERA BIOLÓGICA DESCONOCIDA: EL DOSEL DE LOS BOSQUES TROPICALES

Adrián Troya¹, Terry Erwin², Luis Espinoza³, Jefferson Salazar⁴

¹Departamento de Biología, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador; ²Departamento de Entomología, Instituto Smithsonian de Washington; ³Facultad de Biología, Universidad Central del Ecuador; ⁴Escuela de Biología, Universidad Internacional del Ecuador.

luismespi@hotmail.com

Los bosques tropicales del norte de América del Sur albergan probablemente la fauna y flora más rica, pero a la vez más amenazada del mundo. Prácticamente todo el territorio en el que se circunscribe Ecuador está conformado por hábitats que rebozan de la llamada mega diversidad biológica, siendo los Andes tropicales y el Chocó-Daríen las regiones que contienen mayor endemismo de plantas y vertebrados a nivel mundial. Los invertebrados, aunque mucho menos conocidos, seguramente también están dentro de esta lista y su mayor riqueza, al menos en hábitats de tierra firme, se halla en los estratos arbóreos, conocidos en conjunto como el dosel, considerado entre las últimas fronteras biológicas, escasamente explorado pero con una abrumadora riqueza y abundancia de artrópodos, conformada mayormente por insectos, entre los cuales las hormigas representan el componente más abundante. La biomasa de este grupo representa cerca de un tercio del total de insectos en los bosques tropicales amazónicos y puede alcanzar hasta cuatro veces la del total de vertebrados, según estudios realizados en Brasil. Su naturaleza colonial, ubicuidad en virtualmente todos los hábitats naturales, y abundantes relaciones simbióticas con plantas y otros animales, hace de las hormigas un excelente grupo para estimar los componentes de la diversidad. El Departamento de Biología de la EPN (DB-EPN), a través de expediciones de muestreo regulares, ha logrado conformar una extensa colección científica de este grupo de insectos con especímenes obtenidos en el dosel arbóreo en varias localidades tropicales de Ecuador. La metodología empleada para la recolección de artrópodos que habitan y forrajean en los estratos arbóreos fue la aspersión de insecticida biodegradable (permetrina), técnica conocida como nebulización. Luego de un proceso sistemático de clasificación e identificación de especímenes en el Laboratorio de Entomología del DB-EPN, se han determinado hasta la fecha aproximadamente 400 especies de hormigas representadas en cerca de 90 géneros. Tomando en cuenta únicamente el total neto conocido de especies de este grupo (esto es, sin considerar recambio de especies) registradas para Ecuador (ca. 700), los resultados actuales, producto de cerca de 20 años de muestreos colaborativos, representarían ca. el 60% del total neto indicado y ca. el 8% del total de especies conocidas en la Región Neotropical (más de 70 veces el área de Ecuador). Adicionalmente, nuestros resultados sugieren que el número potencial de especies que habitan en las regiones naturales de este país sería significativamente más alto que el conocido. A pesar del esfuerzo realizado hasta el presente, existen aún varias zonas del país que no han sido inventariadas como los bosques tropicales deciduos y semideciduos de la Costa, en peligro de desaparecer debido al acelerado desarrollo humano.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Desde una perspectiva estrictamente humana ligada al desarrollo, por ejemplo, industrial o tecnológico, se ha desvirtuado en cierta medida, el potencial de la biodiversidad para generar recursos palpables. Así como las abejas y moscas son piezas clave en el mantenimiento de cultivos agrícolas a través de la polinización, el resto de grupos de insectos (aunque menos popularizados) contribuyen en la dinámica y mantenimiento natural de los bosques. Varias especies de hormigas cultivadoras de hongos (ej. *Atta cephalotes*) contribuyen en la oxigenación del suelo y reciclaje de nutrientes (ej. heces de vertebrados) necesarios para el desarrollo de plantas y otros animales. Nuestro conocimiento sobre este, y otros procesos ecológicos trascendentes como la dispersión de semillas por insectos en los bosques tropicales es aún incipiente, considerando que solo hemos identificado (asignado nombres) a una pequeña proporción de las especies que allí habitan. Los muestreos regulares en campo, además del descubrimiento de nuevas especies, facultan el monitoreo de cambios temporales en la estructura de sus poblaciones respecto de variables ligadas, o no, al desarrollo humano como por ejemplo, el incremento de la temperatura. Actualmente se conocen varias especies que han cambiado su comportamiento en función de dicho factor, convirtiéndose algunas de ellas en plagas de cultivos agrícolas. ¿Qué se conoce de la mayoría restante? ¿Cuáles serían los potenciales efectos de las variaciones ambientales en poblaciones de insectos que habitan en bosques tropicales? ¿De detectarse cambios en su comportamiento, qué consecuencias derivarían sobre la salud de poblaciones humanas? estas y otras interrogantes similares se pueden evaluar a través del enfoque en grupos diversos (ricos en especies) y relativamente fáciles de inventariar como las hormigas. El DB-EPN alberga en sus colecciones un contingente de información acumulado de varios años de muestreos regulares en la localidad amazónica de Onkonegare, un sitio bien conservado del Parque Nacional Yasuní, pero al mismo tiempo expuesto a disturbios antrópicos, es decir, un sitio experimentalmente apto para desarrollar este tipo de estudios. El Dr. Terry Erwin, del Instituto Smithsonian de Washington, con quien se mantiene una relación colaborativa, ha estudiado por varios años la comunidad de escarabajos arbóreos en este sector; no obstante, el resto de grupos habitantes del dosel, carecen de atención, incluyendo las hormigas. En función de las variaciones ambientales, el desarrollo de un programa de investigación ligado al monitoreo regular de la comunidad de hormigas en este sector, tendría el potencial de contribuir con información específica sobre el efecto de estos factores en la dinámica de estos insectos a mediano y largo plazo, por ejemplo, la aparición/desaparición de especies, dominancia de grupos herbívoros/depredadores, entre otros. Las conclusiones que se extraigan de este programa de investigación podrían ser incluso generalizables para el resto de grupos de invertebrados arbóreos, ya que, a manera general, estos organismos se encuentran ecológicamente ligados a través de redes tróficas. El cambio climático, deforestación, alteración del suelo, están entre los factores que impactan negativamente la diversidad biológica, que a la vez es una fuente de servicios ecosistémicos, como la polinización. Existen pocas iniciativas a nivel mundial que se hayan enfocado en el monitoreo a largo plazo de un determinado grupo de fauna o flora, tomando en cuenta factores ambientales. Ya que la Amazonía es una de las regiones más ricas en especies y al mismo tiempo una de las más amenazadas, es menester iniciar programas de este tipo, en un marco de colaboración interdisciplinaria e interinstitucional.

**DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA
CUANTITATIVA**

POLÍTICA ECONÓMICA E INTEGRACIÓN REGIONAL: DE LA TEORÍA AL CASO LATINOAMERICANO

Andrea Bonilla Bolaños

Departamento de Economía Cuantitativa, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.
andrea.bonilla@epn.edu.ec

El comportamiento de los agentes económicos – familias, empresas, estado, sector externo – ha evolucionado conjuntamente con la evolución de la sociedad. Así, con la sociedad globalizada actual, y la revolución tecnológica inherente a ella, han emergido múltiples dinámicas económicas ligadas a un aumento rápido de interacción entre agentes. Por un lado, los costos de transporte han disminuido aumentando así la movilidad de personas y de bienes, por otro lado, la innovación financiera ha permitido un incremento exponencial de las transacciones financieras (movilidad de capital). Los factores trabajo y capital, además de bienes intermedios y finales, circulan por el mundo a una velocidad y costos nunca antes alcanzados en la historia moderna. En este escenario, el estudio de las dinámicas económicas de la *Integración Regional (IR)* toma relevancia. Mis trabajos de investigación se han desarrollado entorno a la IR – específica, pero no únicamente, a la esfera económica de la IR – con un enfoque en el caso latinoamericano.

Mi interés por el estudio de la IR se basa en la observación de los nuevos retos que la mundialización ha impuesto a la organización económica, política y social de las naciones independientes y soberanas. Contexto en el cual la integración económica a nivel regional ha pasado ser la tendencia mundial actual: un gran número de asociaciones económicas se han formado a partir de los años noventa – Comunidad de Desarrollo de África Austral (1992), Unión Económica y Monetaria del África Occidental (1994); ASEAN+3 (1997), Eurozona (1999), Comunidad Africana Oriental (2000), Unión de Naciones Sudamericanas UNASUR (2008), Alianza del Pacífico (2011).

A partir del trabajo de Balassa (1961)¹ – estudio de referencia donde se establecen las etapas de integración económica² – el interés de los investigadores se ha concentrado en los aspectos económicos de la IR aislándolos de los aspectos políticos, físicos, sociales, entre otros. El modelo de integración económica europeo (Unión Europea, Eurozona) ha sido el referente para el análisis de la teoría económica. En medio de esta dinámica, una agrupación bastante peculiar fue oficialmente creada por los países sudamericanos en septiembre 2008: la UNASUR. La peculiaridad de la UNASUR radica en que nace como un proyecto de integración regional mayoritariamente impulsado por motivos políticos y con un énfasis particular en la integración física (infraestructura)³, es decir, privilegiando la integración física y política e, indirectamente, propiciando la integración económica. Así, mis hipótesis de investigaciones sostienen, por un lado, que la IR puede ser vista al menos desde tres enfoques: *integración física*, *integración política* e

¹ Balassa, Bela. (1961), Towards a Theory of Economic Integration. *Kyklos*, 14: 1–17.

² Balassa (1961) establece cinco grados o etapas de integración: (i) zona de libre comercio, (ii) unión aduanera, (iii) mercado común, (iv) unión económica y monetaria, e (v) integración económica completa.

³ Los estados miembros de la UNASUR emprendieron, en el año 2000, la *Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Sudamericana IIRSA*, cuyo objetivo es la creación de redes interconectadas de energía, transporte y comunicación entre los doce países del continente.

integración económica, los cuales no son disociables sino complementarios entre sí. Y, por otro lado, que tanto los aspectos físicos como políticos de la IR son motores para la integración económica regional. He indagado estas hipótesis tanto teórica como empíricamente: utilizando modelos teóricos de equilibrio general y herramientas empíricas, sobretodo modelos auto-regresivos estructurales SVAR y modelos de corrección de error VECM, calibrados y estimados a partir de información sobre las economías de América del Sur.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

A nivel nacional, los aspectos de IR cobran particular importancia. El Ecuador, al ser un país dolarizado, no cuenta con política monetaria convencional. En consecuencia, la reactivación económica y las respuestas de política económica ante choques exógenos deben ser pensadas desde la política fiscal y aduanera. Estudiar la economía ecuatoriana, como parte de una región sudamericana donde sus actores principales interactúan y planifican acciones de política conjuntamente, es ciertamente vital para potenciar las herramientas de política ecuatorianas ante posibles perturbaciones económicas globales. Así, al menos dos preguntas emergen de manera natural: (i) *¿Es posible que un país dolarizado oficialmente, como el Ecuador, recupere herramientas de política económica gracias a acuerdos de IR?* y (ii) *¿Cuáles son las motivaciones de los países sudamericanos para adoptar política económica regional y mantener dichos acuerdos?* La respuesta a estas preguntas requiere, además del uso de las herramientas anteriormente mencionadas (SVAR, VECM), del uso de la teoría de juegos – ampliamente utilizada para el estudio de aspectos microeconómicos – y de la inclusión de aspectos institucionales y políticos.

Por lo expuesto, la potencialidad de estudiar la IR sudamericana con un énfasis en el caso ecuatoriano, radica, por un lado, en la necesidad de colaboración multidisciplinaria: no solo entre micro- y macro-economía, sino también con la matemática, politología y gobernanza. Por otro lado, en la necesidad de una colaboración academia-estado: el estudio de la IR sudamericana requiere un trabajo conjunto con las instituciones actoras y rectoras de la iniciativa, en este caso la UNASUR. La impulsión de acuerdos de cooperación que involucren estudiantes, docentes-investigadores y funcionarios públicos se presenta como una potencialidad y reto. Asimismo, la apertura de espacios de debate sobre las implicaciones de los proyectos de IR, desde la academia, permitirá la realimentación de la investigación científica desde los actores.

En general, el estudio de la IR – entendida al menos desde tres enfoques: económico, político y físico – es relevante tanto desde una perspectiva regional (América del Sur) como desde una perspectiva nacional (Ecuador). Esta temática requiere y da cabida a crear sinergias entre academia, estado y actores civiles, sinergia requerida para potenciar la pertinencia de las conclusiones de la investigación académica sobre la IR sudamericana.

EFFECTOS DE LA MIGRACIÓN EN LOS NIVELES DE VIDA DEL PAÍS DE ORIGEN. EL CASO ESPECÍFICO DE LOS NIVELES DE HACINAMIENTO DE LOS HOGARES ECUATORIANOS

Juan Pablo Díaz

Departamento de Economía Cuantitativa. Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador
juan.diaz@epn.edu.ec

La migración es muy próxima a afectar las condiciones de vida de los hogares. Dicho esto, la migración interna en los países en vías de desarrollo es, actualmente, asociada con el crecimiento urbano y la explosión poblacional de megaciudades lo que conlleva la generación de anillos de pobreza. Estos espacios se caracterizan por la falta de servicios básicos y hacinamiento a nivel de hogar. A nivel de migración internacional, también se esperan varios posibles efectos de la migración. Así, una ola migratoria masiva, como la que sufriese el Ecuador en el último tornasiglo, podría implicar una reducción de los niveles de hacinamiento de los hogares de origen considerando que el numerador del *ratio* de hacinamiento (personas/área) se reduce. Sin embargo, a nivel de hogar es posible que la migración internacional, debido a los altos costos de movilización, solo afecte a uno o pocos miembros de la familia, que usualmente suele ser el cabeza de hogar. Esta implicación podría favorecer la creación de familias extendidas y el subsecuente aumento de los niveles de hacinamiento como resultado de una delegación del cuidado de los hijos del migrante, mismo que podrían irse a vivir con sus tíos/as y/o abuelos/as. Consecuentemente, en un primer escenario uno puede pensar tanto en efectos positivos o negativos de la migración internacional en los niveles de hacinamiento de los hogares del país de origen. El análisis de este efecto es nuestro actual interés de investigación, así como el rol que juegan las remesas -como canal indirecto- en esta relación.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Actualmente, mi investigación se centra en estudiar las condiciones de vida de los hogares - y cómo mejorarlas- de países en vías de desarrollo, principalmente enfocado en el caso del Ecuador. Si bien es cierto que a día de hoy mis intereses se centran en torno a los efectos de la migración internacional, tanto directos como indirectos (vía remesas) en los niveles de hacinamiento en el país de origen. Desde el punto de vista de la política pública y de aplicación de resultados a la colectividad, la investigación permite sugerir a las autoridades pertinentes que una buena alternativa para mejorar las condiciones de vida de los ciudadanos, es facilitar la conversión de las remesas que llegan desde el extranjero en inversiones relacionadas con el mercado de inmobiliario, siendo que las mejoras de la vivienda constituyen un primer paso en el mejoramiento de la calidad de vida y acumulación de capital humano. De hecho, el mejorar la calidad de vida en el país de origen disminuye el deseo de migrar y con eso se limita las implicaciones negativas que esto implica tales como la desestructuración familiar o la fuga de cerebros.

A futuro, mi intereses actuales de investigación abren nuevas líneas tales como identificar y aislar el efecto de otros canales mediante los cuales se relacionan migración y hacinamiento, así como también el impacto de la migración en medidas alternativas de bienestar material y psicológico en los hogares de origen.

MIGRACIÓN, GÉNERO Y DESARROLLO

Silvia González

Departamento de Economía Cuantitativa, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.
silvia.gonzalez@epn.edu.ec

La migración es entendida como un factor de desarrollo, tanto para los países de origen como de destino, así como para los propios migrantes. Además, la migración y el desarrollo son procesos diferenciados de acuerdo con el género, dado que éste es un elemento fundamental del desarrollo que analiza las relaciones de poder entre hombres y mujeres, y los mecanismos de exclusión derivados de dichas relaciones.

El papel del género en los procesos migratorios y el estudio de diferencias en las prácticas migratorias transnacionales entre hombres y mujeres, así como sus efectos, atraen la atención de académicos, miembros de la sociedad civil y hacedores de política pública.

De esta forma, desde un enfoque de género, la visión de la relación migración - desarrollo resalta el rol de la mujer durante el proceso migratorio. Se centra en la identificación y análisis de condiciones de vida, relaciones de poder entre hombres y mujeres, y situaciones de desigualdad y discriminación, que, entre otros factores, permiten distinguir las especificidades y problemas que caracterizan las dinámicas migratorias.

Desde un punto de vista económico, la migración laboral es analizada como un factor de desarrollo a través de las remesas. Sin embargo, estudios a nivel macro o micro económico de este tipo tienden a inobservar la forma en que las relaciones, conductas y roles asignados por la sociedad a hombres y mujeres influyen en la demanda de inmigrantes hacia determinados trabajos, las diferencias de salarios entre hombres y mujeres o el monto de las remesas, por ejemplo. Es decir, el género interviene en la organización del mercado laboral, reforzando patrones de desigualdad preexistentes y reproduciendo comportamientos discriminatorios.

Así, más allá de la inclusión del género como una variable de interés, es importante analizar, e incluso replantear, en torno a las diferencias de género, algunos enunciados y suposiciones sobre migración y desarrollo.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Feminización de las migraciones

¿Cómo inciden las diferencias de género y las relaciones de poder en los flujos migratorios?

¿Cómo influyen las diferencias de género en la polarización de la estructura ocupacional de los migrantes?

¿Cómo incide la estructura ocupacional de las migrantes en su (pérdida de) capital humano?

IMPACTO DE LA AGLOMERACIÓN ESPACIAL EN EL RENDIMIENTO ECONÓMICO

Carolina Guevara

Departamento de Economía Cuantitativa, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.
carolina.guevara@epn.edu.ec

La aglomeración de actividades económicas ha sido un hecho generalizado en las economías contemporáneas. ¿Tal aglomeración produce un impacto positivo en el crecimiento económico? ¿Por qué las economías están más concentradas a lo largo del tiempo? En este momento, ¿la aglomeración creciente es perjudicial para el crecimiento? Estas son las principales preguntas que han atraído mucho interés en la investigación teórica y empírica. El vínculo entre la concentración geográfica de las actividades económicas y su relación con el crecimiento se ha abordado desde diferentes enfoques teóricos. Sin embargo, la literatura existente se ha centrado principalmente en los países desarrollados. Hay poco énfasis en examinar el impacto que tiene la aglomeración en el desempeño económico de los países en desarrollo. En base a ello, los tópicos de investigación de mi interés son: i. el crecimiento económico y economías de aglomeración, ii. el rol de las ciudades en el nivel de productividad de la actividad económica y el bienestar de la ciudadanía, iii. el comercio internacional y Economía Geográfica y iv. las fuentes que generan los efectos positivos de la aglomeración. Para el estudio de los efectos de la aglomeración en el crecimiento de las regiones y las externalidades espaciales que generan, he utilizado herramientas de econometría espacial. Debido a que el tema de la importancia de las ciudades para el desarrollo económico ha despertado interés en los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Ciencias Económicas y Financieras, a la fecha he dirigido dos trabajos de investigación como Directora de trabajos de titulación. Los resultados obtenidos han sido interesantes y robustos pues se lograron en base a un proceso riguroso de investigación.

De otro lado, planteo desarrollar estudios sobre la relación entre el Comercio Internacional y la Economía Geográfica, la primera de naturaleza macroeconómica y la segunda de naturaleza microeconómica. La conjunción de estas líneas tiene la potencialidad de generar resultados innovadores para países en desarrollo. La motivación proviene de la suposición de que la política comercial que se ha aplicado en los países en desarrollo tiene un impacto en cómo se comportan las economías de aglomeración. Actualmente, me encuentro extendiendo dicha investigación con el objetivo de identificar el rol que la innovación tiene en la relación de apertura comercial-aglomeración. Complementariamente, considero importante incluir en esta línea, la migración internacional, con particular atención al caso ecuatoriano, cuyo análisis ha captado mi interés por sus efectos no solo en el corto plazo sino también en el largo plazo. Otro objetivo de investigación es explicar los determinantes detrás del proceso de aglomeración, las fuerzas intrínsecas que conducen a la concentración y cómo entran en juego. Para hacerlo, analizamos los micro-fundamentos de las economías de aglomeración. Complementando esta línea de investigación, tengo interés en determinar las *externalidades de conocimiento* que se pueden generar a través de las importaciones,

lo cual entra en el campo de la Economía de la Innovación y la Economía del Conocimiento.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Considerando las líneas de investigación mencionadas y su breve descripción, expongo las capacidades y potencialidades de los estudios presentes y de las posibles futuras investigaciones.

Entre las capacidades para el desarrollo de las líneas temáticas de investigación mencionadas está el uso de herramientas cuantitativas como econometría y econometría espacial para el análisis de modelos teóricos y desarrollo de modelos empíricos. Por otro lado, los estudiantes de pregrado de la carrera de Ingeniería en Ciencias Económicas y Financieras que han tomado la materia optativa de Economía Geográfica se han interesado en estos temas lo que ha permitido el desarrollo de trabajos de titulación, arrojando resultados innovadores a la literatura existente. Otro aspecto que permite la investigación en economía espacial es la información a nivel subnacional que no ha sido suficientemente explotada y por tanto se convierte en una oportunidad para tratar estudios de Economía regional y urbana. Finalmente, la capacidad investigativa se logra mediante la creación y fortalecimiento de redes de investigación. En consecuencia, yo formo parte de la Red Ecuatoriana de Ciencia Regional (RECIR), la cual cuenta con el aval del Regional Science Association International (RSAI), Pacific Regional Science Conference Organisation (PRSCO) y Latin American Caribbean Regional Science Association (LACRSA). Además, se cuenta con la colaboración en investigación con profesores de la Universidad de Lyon de Francia.

En cuanto a las potencialidades de la investigación en dichas líneas temáticas, los resultados de dichos estudios son cruciales para responder a los problemas contemporáneos de la sociedad actual que tienen relación con el crecimiento de las ciudades, sus ventajas y desventajas. La toma de decisiones por parte de las autoridades y los hacedores de política pública deben estar basados en estudios rigurosos que se desarrollan en la academia. En la medida en que los estudios se amplíen, serán de utilidad para la sociedad no solo a nivel nacional sino también a nivel internacional.

Los estudios en las áreas propuestas son de utilidad para las entidades descentralizadas del país como municipios, gobiernos provinciales, etc. Para ello, se requiere implementar acuerdos de colaboración en investigación respecto al aprovechamiento de la información generada por dichas entidades y que será utilizada y analizada para su beneficio como la elaboración de planes territoriales que consideren el aspecto geográfico. Por tanto, con el fin de continuar en esta línea y potenciar las ideas y resultados producto de las investigaciones propuestas, se busca desarrollar un trabajo multidisciplinario con planificadores territoriales, geógrafos, ingenieros ambientales y hacedores de política pública. Finalmente, es importante mencionar que dado que el estudio regional y urbano ha sido poco desarrollado en Ecuador, el potencial para desarrollar nuevos trabajos es creciente y pueden tener alcance internacional.

ECONOMÍA INDUSTRIAL: UN ENFOQUE EN TEORÍA DE CONTRATOS

Cintya Lanchimba

Departamento de Economía Cuantitativa, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador & Université de Lyon, UJM Saint-Etienne, GATE Lyon Saint- Etienne, Francia.
cintya.lanchimba@epn.edu.ec

La Economía Industrial es la disciplina dedicada al estudio de la organización de las empresas y de los mercados en el mundo real. Considerada como una extensión de la microeconomía, constituye un marco de pensamiento teórico para entender las estrategias de las empresas y de los mecanismos de mercado. En el mundo real, los consumidores en general, no conocen el conjunto de vendedores de un mismo bien disponibles en un mercado y menos aún los precios que cada uno propone. Además, los consumidores tienen problema para distinguir la calidad de un producto a otro. En otras palabras, los consumidores y los productores tienen información incompleta, puesto que raramente tienen acceso al conjunto de información del mercado. En este contexto, la economía de la información (parte importante de la Economía Industrial) se ocupa de las asimetrías de información en mercados competitivos. Para minimizar dichas asimetrías aparecen los contratos, que pueden ser negociados para encontrar un equilibrio con información incompleta; es decir, la teoría de los contratos trata de que los acuerdos bilaterales entre dos partes (contratos) óptimos sean determinados de manera endógena.

En este contexto, la franquicia aparece como un laboratorio para probar las principales teorías dentro de la teoría de contratos, como la teoría de la agencia, teoría de la señal, teoría de la selección adversa, entre otras. Esto debido a que esta estructura organizativa permite diferentes relaciones verticales dentro de la red. Por ejemplo, el franquiciador⁴ puede ser un proveedor de los franquiciados⁵ o puede operar directamente varios puntos de venta. De hecho, la franquicia resuelve el problema de objetivos diferentes entre un agente económico y el principal⁶, propuesto en el problema de agencia. El franquiciador, como el franquiciado, tienen como propósito lograr la máxima rentabilidad económica posible, contrariamente a la relación empleado-empleador. Así, la relación entre las partes (franquiciado y franquiciador) está basada en la cooperación, es decir, el franquiciador y el franquiciado son partes independientes pero interdependientes entre sí, ya que ambos están motivados por nuevas oportunidades de mercado. En tal sentido, el propósito de mi investigación es estudiar las redes de franquicias como un laboratorio que permite probar diferentes teorías de la Economía Industrial.

⁴ Dueño del formato de negocio, quien vende esta idea a cambio de una compensación económica.

⁵ Compra el formato de negocio, pero no es su subordinado.

⁶ Proponente del contrato.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

La franquicia es una forma de organización industrial utilizada en los diferentes sectores económicos. Esta se ha investigado de manera limitada en países emergentes, cuyas realidades son diferentes de países desarrollados. Por lo tanto, mi intención es continuar mi investigación sobre las franquicias y las demás redes de distribución, principalmente en mercados emergentes. Para alcanzar mis objetivos, formo parte de un sólido grupo de investigación enfocado en el estudio de las redes de franquicia y de distribución con colegas de la Universidad de Lyon, Francia; la Universidad de Viena, Austria y la Universidad de Sao Paulo, Brasil.

Por otro lado, me encuentro dirigiendo un proyecto sobre comportamiento económico, con el fin de entender las motivaciones que conducen al plagio en los estudiantes politécnicos. Con este mismo propósito me encuentro trabajando en temas enfocados en demografía ecuatoriana. Por último, dentro de mi área específica de investigación he comenzado a trabajar en temas relacionados con los monopolios.

En este contexto, mis perspectivas de crecimiento abordan diferentes áreas de la investigación en Economía. Sin embargo, la Economía Industrial es el campo en el que mis potencialidades serán mejor utilizadas. Así, las relaciones contractuales en el campo internacional, especialmente en países emergentes es un tema que pretendo explorar a corto plazo. Adicionalmente, es el propósito del grupo de investigación en redes de distribución, formar un observatorio de la franquicia, con el fin de tener una relación directa con los franquiciadores del mundo e investigar no solamente problemas académicos, sino también aquellos que sean de su interés.

APROXIMACIÓN Y OPTIMIZACIÓN MATEMÁTICA EN ECONOMÍA

Julio Medina

Departamento de Economía Cuantitativa, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.

julio.medina@epn.edu.ec

La relación entre la Economía y las Matemáticas es en dos sentidos y se desarrolla con una fertilización mutua de estas ramas del conocimiento. Los economistas estudian y construyen políticas económicas a partir de realidades preexistentes y buscan determinar y calcular sus consecuencias. Los pronósticos y los escenarios no son certezas, sin embargo, las estimaciones económicas son necesarias para que los agentes económicos puedan tomar decisiones.

Las Matemáticas que poseen un lenguaje universal permiten modelizar, es decir representar de una manera aproximada mediante relaciones matemáticas diversas situaciones económicas a escala micro o macro, dando lugar a un enfoque cuantitativo de la Economía. Los modelos parten de supuestos que pretenden capturar la realidad. Escenarios o pronósticos económicos fallidos muestran las limitaciones de los modelos y pueden deberse a las limitaciones de las hipótesis, a una inadecuada formulación de las mismas o a una defectuosa o abusiva utilización de las herramientas matemáticas.

Un tercer actor, la Informática, con su progreso acelerado en el almacenamiento de datos y velocidad de cálculo ha contribuido a ampliar estas conexiones, y también ha dado origen a la Economía Digital. Esta se asienta en algoritmos, conjuntos de instrucciones que a partir de unos datos de entrada resuelven un problema en un número finito de pasos. Al ser “ciegos” solo pueden reproducir los patrones que se les ha programado lo cual puede contribuir a la inequidad y a la exclusión social y económica. Por otra parte, existe en la actualidad un volumen insospechado de datos (se menciona que la humanidad ha generado el 90% de la información de la historia en el último lustro) que buscan ser analizados mediante la Inteligencia Artificial para convertirlos en valor económico. La Economía puede aspirar a desprender de ellos, análisis, comportamientos, formulaciones de impactos de políticas económicas oportunas, específicas y mejor orientadas.

La Economía se ha interpretado también como el estudio de la administración de recursos escasos, de la asignación de medios limitados que hace la sociedad para satisfacer necesidades cada vez más numerosas. Los agentes económicos buscan alcanzar uno o más objetivos dado un conjunto de restricciones impuestas por el entorno. Estas restricciones limitan sus decisiones y vuelven sus decisiones sensibles a las modificaciones del entorno económico.

La optimización matemática, en sus diversas modalidades (lineal, convexa, no lineal), modeliza esta situación. Sin embargo no todos los procesos son determinísticos por lo cual es necesario integrar la probabilidad. Por otra parte, conjuntos de datos que aparecen en Economía pueden presentar faltantes o tener subyacentes formas monótonas o convexas que pueden ser aproximados mediante funciones spline. Las funciones spline formadas por pedazos de polinomios son las más conocidas para interpolar o ajustar datos.

en una o dos variables. Estos constituyen son mis centros de interés con fines de investigación.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Andarivel 1.

Las funciones spline polinomiales han mostrado sus limitaciones por lo cual es necesario indagar si otros tipos de spline con diferentes normas pueden dar una mejor representación de los datos y de las funciones subyacentes. El problema principal radica en que la spline polinomial puede presentar grandes oscilaciones de amplitud que no permiten conservar la forma de los datos.

La aproximación clásica se realiza minimizando un operador no lineal con la norma L_2 . Para atenuar los efectos indeseables se han buscado alternativas como sumergir la spline en cada intervalo en un espacio de Chebyshev potencialmente diferente que da origen a matrices de coeficientes de conexión que pueden ser usados para mantener la forma.

Por otro lado, se ha planteado usar funciones spline que minimicen la norma L_1 de su derivada segunda. Este problema no siempre tiene solución en el cuadro de espacios de Sobolev. De todas formas la aproximación en el sentido de la norma L_1 ha mostrado ser una herramienta útil para reconstruir señales a partir de conjuntos de datos bastante incompletos. Se plantea desarrollar esta línea explorada previamente por varios investigadores lo que supone estudiar aspectos teóricos ligados a la existencia y caracterización de mejores aproximaciones, a la explicitar las soluciones, pero también a proponer posibles algoritmos y a aplicarlos a diversos tipos de conjuntos de datos dotados de propiedades de forma.

Este problema de reconstitución podría también tratarse desde el punto de vista de la optimización convexa. Por otra parte, La optimización convexa tiene fuertes vínculos con los modelos económicos lo cual podría abrir un posible espacio de colaboración en este campo.

Andarivel 2.

Otra línea de interés está relacionada con la llamada Economía del Bienestar. En este sentido me encuentro colaborando en el proyecto sobre análisis de los factores socioeconómicos que inciden en el desempeño académico y la permanencia de los estudiantes de la EPN. Los resultados a obtenerse permitirán evaluar la contribución a la equidad e inclusión social de las políticas públicas de ingreso a las instituciones de educación superior vigentes desde 2012.

De otra parte, me encuentro participando en un proyecto sobre los efectos no pecuniarios de la inmigración hacia el Ecuador, aspecto que ha sido poco estudiado pues la mayoría de investigaciones se han realizado sobre la emigración desde nuestro país.

LA DOLARIZACIÓN DEPENDE DE LA ACTIVIDAD ECONÓMICA

Marco P. Naranjo Chiriboga

Departamento de Economía Cuantitativa, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.

marco.naranjo@epn.edu.ec

Entre los años 2000 y 2015, esto es, el período en que estamos dolarizados, la masa monetaria total o liquidez de la economía, que significa el dinero en efectivo más los depósitos en cuenta corriente y más los depósitos de ahorro y plazo, ha pasado, en números redondos, de 4.180 millones de dólares a más de 40.000 millones de dólares. Por el contrario, para el mismo período, el flujo neto de la Balanza de Pagos ha sido negativo en -6.960 millones, lo que significa que en el período 2000 – 2015 han salido del Ecuador más dólares de los que han entrado.

La pregunta evidente es: ¿Cómo es posible que habiendo salido más dólares de los que entraron la masa monetaria total se haya multiplicado por diez? La respuesta es que en dolarización oficial el **dinero es endógeno** y depende, fundamentalmente, de la actividad económica del país. Esta es una afirmación fundamental y establece que es la actividad económica, el crecimiento de la producción, la que determina el incremento de la cantidad de dinero, no el saldo de la balanza de pagos.

En el año 2000, en términos corrientes, el Producto Interno Bruto alcanzaba la cifra de 18.319 millones de dólares. Para el año 2014 superó los 100 mil millones y en el 2015 fue de un poco más de 99.000 millones de dólares. Este incremento del Producto Interno Bruto es el que explica la evolución de la cantidad de dinero, la cual, disminuyó en el año 2015 debido, precisamente, a la disminución del PIB corriente.

Con estos antecedentes, si realmente se quiere proteger la liquidez, lo que se debe es incentivar a la actividad económica y no lo contrario. Resulta entonces un sin sentido, por ejemplo, imponer salvaguardias y nuevos impuestos que generen contracciones del sector del comercio al por mayor y al por menor, el cual significa cerca del 10% del PIB, genera empleo y promueve otras actividades productivas. Igualmente, es contraproducente provocar expectativas negativas para el sector de la construcción, que significa asimismo cerca del 10% de la Producción Nacional, mediante amenazas de impuestos.

El justificativo de que “hay que proteger la dolarización mediante la limitación de las importaciones” es totalmente incorrecto, pues la cantidad de dinero no depende de la balanza de pagos. Si así fuera, como se señaló antes, la liquidez habría disminuido durante todo el período, pues, en el neto, la balanza de pagos ha sido negativa.

Lo realmente cierto es que es la actividad económica la que crea los dólares a través de la creación secundaria del dinero, pues un depósito genera un préstamo y este préstamo provoca, a la vez, un nuevo depósito y así sucesivamente. Y es que, aunque parezca extraño, en el Ecuador se crean dólares, no los billetes verdes o las monedas doradas, sino dólares de la creación secundaria del dinero que se evidencian a través de los cheques o las tarjetas de débito.

Veamos un ejemplo. Si alguien recibe un cheque y lo deposita en un banco, este depósito sirve para que el banco otorgue un crédito, quien recibe el crédito, gira un cheque para realizar el pago de un bien o servicio, pero quien recibe el mencionado pago, realiza

un nuevo depósito en un banco de ese cheque, lo que le permite al banco otorgar un nuevo crédito y así sucesivamente.

Pero para que lo señalado ocurra, no se debe limitar ni entorpecer a la actividad económica, pues de lo contrario no existirán ni ventas ni compras y, por lo tanto, ni crédito ni depósitos, y por consiguiente tampoco se creará dinero. Lo señalado define lo que significa dinero endógeno, que finalmente significa el dinero creado por la actividad económica.

En dolarización, el 99% del dinero existente es endógeno, concepto que está siendo investigado.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

La “Dolarización Oficial” dista mucho de ser un régimen cambiario o monetario alternativo. Es, esencialmente, un nuevo sistema monetario con características propias y totalmente diferentes a las de otros sistemas monetarios “convencionales”.

Las perspectivas de crecimiento de la investigación en torno a la dolarización oficial son notablemente amplias y hacen referencia a los siguientes temas:

1. Dinero endógeno en dolarización
2. Cálculo de la demanda de dinero en dolarización
3. Incidencia de los bancos, instituciones financieras, Banco Central y los agentes económicos en la creación de dinero en dolarización
4. Actividades económicas de mayor incidencia en la creación de dinero en dolarización

Cada uno de estos temas contiene importantes subtemas a ser desarrollados.

MODELO DE EQUILIBRIO GENERAL COMPUTABLE. EXTENSIÓN CON REDES PRODUCTIVAS

José Ramírez Álvarez¹, Wilson Pérez Oviedo²

¹Departamento de Economía Cuantitativa, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador. ²Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Quito, Ecuador.
jose.ramirez@epn.edu.ec, wperez@epn.edu.ec.

Los modelos de equilibrio general computable (MEGC) son herramientas macroeconómicas, con soporte en la teoría microeconómica, para la evaluación ex-ante de política pública. Su diseño permite capturar, de manera conjunta y simultánea, el comportamiento de varios agentes económicos (hogares, empresas, sector externo y gobierno) en diversos mercados (bienes, servicios, factores de producción, comercio exterior).

El desarrollo de este tipo de herramientas ha circundado varias aplicaciones y estudios puntuales a nivel internacional, cuestionando siempre los supuestos tradicionales detrás de su elaboración. A grandes rasgos, el desarrollo de los MEGC ha involucrado fenómenos como: imperfecciones y rigideces, externalidades y bienes públicos, dinámica e incertidumbre, sistema corriente y financiero, cambios de régimen, entre otros; con énfasis en la evaluación de política fiscal y comercio internacional.

Categorícamente, una de las aplicaciones económicas con vasto terreno por explorar en el análisis de política pública, es aquella que rompe el supuesto del agente representativo. Este supuesto sostiene que un conjunto de agentes económicos (hogares o empresas) posee un comportamiento homogéneo, de manera que es suficiente considerar el comportamiento de un sólo agente de este conjunto para representar al resto.

Aunque esta línea ha sido fructífera en el análisis de incidencia distributiva y microsimulación de hogares, las empresas han pasado básicamente inadvertidas; sin que existan innovaciones en la literatura que tengan en cuenta el comportamiento individual y sistémico del aparato industrial dentro de las redes productivas. Cabe resaltar que el supuesto de firma representativa en el sector empresarial crea dos restricciones importantes en el análisis de incidencia de una política pública o choque económico, que pueden sesgar los resultados de una herramienta de evaluación. Primero, este supuesto amortigua los efectos de una política pública o choque económico; es decir conduce a efectos casi nulos en los agregados macroeconómicos. Segundo, esta estabilidad se refuerza al obviar también las propiedades emergentes de la industria y su comportamiento sistémico, pues se impide que las variaciones se propaguen y multipliquen en el aparato económico.

Con este antecedente, el presente proyecto de investigación plantea la elaboración de un modelo teórico y computacional para analizar cómo la topología de una red productiva afecta la difusión de un choque económico, cuando existen imperfecciones de mercado y posibilidad de quiebra de las empresas.

Para la elaboración del modelo, se utilizará un juego estocástico. Este juego contará con dos etapas. La primera etapa modela el comportamiento de fijación de precios de venta que maximiza el beneficio esperado de las empresas con transacciones de compra-venta aleatorias, asumiendo que el resto del aparato productivo actúa bajo la misma lógica (e.d. equilibrio de Nash). La segunda etapa modela la quiebra de las

empresas en la red productiva mediante una cadena de Markov. Los estados de esta cadena constituyen todos los posibles conjuntos de empresas que pueden entrar o salir de la industria en un instante determinado. La probabilidad de transición entre estos conjuntos se asume depende de los beneficios obtenidos en el equilibrio determinado de la etapa anterior.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

El presente proyecto de investigación contribuirá en la construcción de modelos de equilibrio general para estudiar la incidencia que tiene un choque económico o política pública en una red productiva con fijación de precios y quiebre empresarial. Con ello, se pretende también sentar el camino para el desarrollo de herramientas computacionales de evaluación macroeconómica ex-ante, con uso de microdatos empresariales.

En el ámbito académico, este proyecto permitirá entrar en la discusión de problemas de investigación similares, que analizan el efecto de choques idiosincráticos en redes productivas a nivel meso-sectorial y con competencia perfecta. Su principal referente es Acemoglu y Carvalho. Adicionalmente, este proyecto tiene como objetivo participar en redes internacionales como *Global Trade Analysis Project (GTAP)* y *Maquette for MDG Simulation MAMS*, donde actualmente existe el interés por diseñar modelos de equilibrio general computable que rompan los tradicionales supuestos de mercado.

En el ámbito profesional, por otro parte, este proyecto de investigación tiene como perspectiva brindar soporte a los hacedores de política pública del Estado ecuatoriano mediante herramientas de evaluación macroeconómica más precisas y de mayor envergadura analítica, con el objeto de configurar estrategias de desarrollo apropiadas en el sector empresarial concorde los principios de la Constitución y el Plan Nacional de Desarrollo.

PREFERENCIAS POR REDISTRIBUCIÓN EN AMÉRICA LATINA

Yasmín Salazar Méndez

Departamento de Economía Cuantitativa – Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.

yasmin.salazar@epn.edu.ec

¿Por qué algunos países redistribuyen más que otros? Las preferencias individuales por redistribución podrían ser los determinantes del tamaño del gobierno, es decir del monto destinado a redistribución. Sin embargo, los factores que modelan tales preferencias, y el modo en que estas afectan a la agenda política y económica de los países, constituyen parte de un complejo rompecabezas en el cual encajan piezas individuales y agregadas. El entendimiento de la sinergia existente entre estos elementos permite no solo el diseño de políticas redistributivas y de sistemas de tributación óptimos, sino que también ayuda a una mejor comprensión del surgimiento de conflictos sociales o de la posición (in)tolerante de los habitantes de un país frente a situaciones de desigualdad económica. Es decir, entender las preferencias por redistribución de los habitantes de un país se traduce en el diseño de políticas redistributivas y de sistemas tributarios que permitan garantizar la estabilidad de los gobiernos y de los sistemas democráticos.

En la última década, América Latina, región conocida por ser la más desigual del mundo en términos económicos, mostró un buen desempeño en términos de la reducción de la desigualdad económica. No obstante, la continuidad del proceso de reducción de la desigualdad depende no solo de las acciones acertadas de los hacedores de política, pues también las aspiraciones de los habitantes de la región deben ser consideradas con el fin de proponer políticas redistributivas sustentadas en el apoyo de la población. En este sentido, se hace necesario indagar sobre lo que la población desea en términos redistributivos. ¿Será que los latinoamericanos normalizaron la desigualdad porque siempre estuvo presente en la región? ¿O será que están dispuestos a reivindicar un proceso de reducción de las brechas económicas?

Esta investigación tiene como objetivo responder a estas interrogantes y contribuir al entendimiento de las preferencias por redistribución de América Latina incorporando, además de la especificidad de cada país, la evolución de la situación social y económica de la región y el modo en que esta afecta a sus habitantes. Esto es posible a través de la construcción de modelos matemáticos formales de estrategias de decisión y del uso de técnicas econométricas para datos de corte transversal de series de tiempo, pseudopaneles, o a partir de la estimación de modelos híbridos.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

La historia de la desigualdad económica, intra y entre países, permite inferir que la desigualdad siempre ha existido y, en consecuencia, siempre existirá. A pesar de esta conclusión desalentadora, los gobiernos de la mayoría de países del mundo, y especialmente de los más desiguales, emprendieron en la última década un proceso sostenido de reducción de la desigualdad económica. Simultáneamente, los estudiosos de la desigualdad económica han multiplicado sus esfuerzos orientados a buscar mecanismos que, además de reducir las brechas, permitan que este proceso sea sostenible en el tiempo.

Las políticas de transferencia de renta condicionadas aparecieron en un primer momento como la promesa para acabar con la desigualdad y la pobreza y, a pesar de la resistencia que en algunos casos mostró la población hacia estas medidas, estas fueron implementadas en casi todos los países latinoamericanos. Sin embargo, a más de una década

de su vigencia, parecería que sus innegables beneficios se estancaron y no responden más a la nueva dinámica económica y social de la región. En este punto, es necesario repensar las alternativas actuales e incursionar en la búsqueda de medidas que promuevan el escape de los círculos de pobreza y desigualdad.

En este sentido, mi investigación, que se concentra en la desigualdad económica y social de América Latina, se orientará en el análisis de acciones que permitan reducir las diferencias. Concretamente, me dedicaré a escarbar en los orígenes de la desigualdad económica y al análisis de medidas de redistribución que puedan sustituir a las actuales. En lo que respecta al primer punto, analizaré las diferencias en el desarrollo cognitivo que aparecen en los primeros años de vida, pues estas serían definitivas a la hora de marcar las brechas sociales y económicas de los individuos. En lo relacionado a las políticas de redistribución alternativas, investigaré sobre la factibilidad de implementar iniciativas de tipo universal en los países latinoamericanos.

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

LA FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS Y EL DESARROLLO TECNOLÓGICO

Edy Ayala A.

Departamento de Física, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253,
170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.

edy.ayala@epn.edu.ec

Se presenta el experimento Compact Muon Solenoid (CMS) del Gran Colisionador de Hadrones (LHC) y el papel que juega la investigación en altas energías en el desarrollo tecnológico. La Colaboración CMS, con más de 40 países involucrados, y con cerca de 200 instituciones afiliadas alrededor del mundo, es la encargada de operar el detector **Compact Muon Solenoid** (CMS), uno de los principales experimentos del LHC y del CERN. En Septiembre del 2015, el Ecuador fue aceptado como miembro de esta colaboración. El experimento CMS en sí, es un detector de partículas ubicado en el colisionador de hadrones LHC, básicamente cilíndrico y está constituido por varios subsistemas de detección, que agrupan tecnologías diferentes. Desde el punto de interacción (donde suceden las colisiones) hacia afuera, los principales subsistemas son: el sistema de trazas (*tracker*, hecho de sensores de silicio), el calorímetro electromagnético (con cristales de tungstato de plomo como elemento activo), el calorímetro hadrónico (con centelladores plásticos), un solenoide superconductor, y un sistema de cámaras para detección de muones. Además, el subsistema BRIL consiste en una variedad de diferentes tecnologías dispuestas en varias partes del detector CMS para estudios de luminosidad y monitoreo de los haces de protones. Al colisionar los protones a muy alta energía, 13 TeV en el centro de masa, se generan muchísimas partículas que son detectadas por los subsistemas dando la información sobre los procesos de interacción y decaimiento de las partículas generadas en la colisión.

Una de las preguntas más importantes que el público general se hace es: ¿por qué los gobiernos (especialmente desarrollados) invierten ingentes cantidades de dinero en experimentos que a primera vista no generan un beneficio inmediato a la sociedad? ¿Qué beneficio puedo obtener si la partícula de Higgs existe o no? O si los neutrinos tienen masa o no la tienen. A quién le importa si existe la materia oscura o qué cosa es. Peor aún preguntas como ¿cuál será el destino final del universo? Sin embargo, la inversión en estos tópicos es cuantiosa. Como ejemplo se tiene el LHC, el Super-Kamiokande, el Ice-Cube, Vigo (detectores de ondas gravitacionales). Estas investigaciones en ciencia fundamental, a nivel experimental, generan una serie de desarrollos tecnológicos que son aplicados en otros campos de la ciencia produciendo un retorno a la inversión significativa. Ejemplos populares son la electrónica, la “world wide web”, las pantallas táctiles, los hilos superconductores, etc. El impacto del desarrollo de la física de altas energías en la medicina y biología es también enorme y ha contribuido a elevar sustancialmente la capacidad de diagnóstico y tratamiento, e inclusive la esperanza de vida.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

La física es la ciencia con mayor influencia en el desarrollo científico y tecnológico mundial. Gran parte del mejoramiento de la calidad de vida, así como de la tecnología de la que disfrutamos en la actualidad, se debe a avances fundamentales en las ciencias físicas. El estado de desarrollo económico y social de los países del mundo está ligado esencialmente a la capacidad que estos han tenido de apropiarse de los conocimientos de la física, y de su aplicación ingenieril a los procesos productivos y a la solución de los grandes problemas de sus sociedades. Se estima que la tasa de retorno de la inversión en investigación básica es de alrededor del 30%. En física, existen casos donde el beneficio calculado es incluso superior, como es el caso de la física de altas energías.

Desde el punto de vista local, el crecimiento del proyecto estaría enfocado en dos categorías: (1) el crecimiento de la investigación en física de alta energías, fortaleciendo los grupos de investigación en diferentes Universidades del país tanto en lo referente a física fundamental y a la física aplicada; (2) el crecimiento de la investigación en diferentes ramas de la ingeniería a través de la transferencia de tecnología que dependerá del número de grupos ecuatorianos, en ingeniería, que logren involucrarse en los proyectos del CMS, especialmente aquellos relacionados con ingeniería eléctrica, mecánica y de sistemas. Inicialmente un primer objetivo ingenieril que se ha tratado de implementar, a través de una donación del CERN a la EPN, ha sido lograr el desarrollo de un Tier 3 en la Escuela Politécnica Nacional para la realización de la investigación en física de partículas en el país, tarea que esta en proceso. El Tier 3 es una denominación jerárquica del CERN para clasificar sus facilidades computacionales alrededor del mundo de acuerdo con sus capacidades en hardware y memoria, servicios computacionales; así se puede hablar del Tier 0, Tier 1, Tier 2. El Tier 3 es un conjunto de computadores trabajando en paralelo para un rápido procesamiento de datos que permite principalmente el análisis de datos de las colisiones recogidas en el CMS, y que no limita su uso solo a esa aplicación sino que se puede utilizar en otro tipo de aplicaciones.

UN MUNDO DE IDEAS EN 2D

Leonardo Basile

Departamento de Física, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253,
170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.

leonardo.basile@epn.edu.ec

En esta charla quiero exponer algunas ideas que dirigen la investigación en ciencia de los materiales que llevo adelante en la EPN, en el contexto tecnológico del Ecuador. En general, hacer ciencia experimental en nuestro país es un desafío; en particular, el estudio de materiales y sus propiedades requiere de infraestructura e instrumentación sofisticada y costosa. Mi visión general para lograr avances sensibles no se centra tanto en generar conocimiento nuevo, una tarea compleja en Ecuador; sino en adoptar y adaptar técnicas de relativa fácil implementación, dirigidas a resolver problemas concretos y relevantes para la sociedad. Esto no significa dejar de lado el fundamento científico, todo lo contrario. Los avances de la ciencia de materiales y la nanotecnología han producido innumerables aplicaciones socialmente relevantes, que, sin embargo, requieren de sólido fundamento científico para su comprensión e implementación.

En efecto, mi interés es establecer un programa de materiales bidimensionales (2D) y sus aplicaciones usando técnicas que sean de fácil implementación, escalables y de alto costo-beneficio, dentro del paradigma de la electrónica flexible. Junto a otros profesores del Departamento de Física hemos fabricado tintas eléctricamente conductoras de grafeno, mediante una sencilla técnica de exfoliación electroquímica. El grafeno, una simple capa bidimensional de átomos de carbono dispuestos en una red de panal de abejas, tiene varias propiedades físicas especiales debido a su estructura nanométrica, por ejemplo su alta conductividad eléctrica. El método electroquímico exfolia láminas de grafito, que es un apilamiento de láminas de grafeno, y produce dispersiones acuosas de grafeno de pocas capas. Las tintas así fabricadas tienen buenas propiedades eléctricas.

Las tintas, entre otras aplicaciones, permiten funcionalizar materiales, como esponjas comerciales. Mediante un simple proceso de inmersión, las esponjas impregnadas de tinta de grafeno son utilizadas para fabricar sensores de presión, usando la naturaleza elástica de una esponja; electrodos para celdas de desalinización, usando la gran área superficial de una esponja y filtros para separar aguas contaminadas con petróleo, usando la naturaleza hidrofóbica del grafeno y la estructura irregular de la esponja.

Además, de los estudios experimentales también he realizado cálculos teóricos relacionados con estructuras 2D y la nanoelectrónica. Por ejemplo, he desarrollado código para estudiar propiedades electrónicas y ópticas en doble capas de grafeno y grafeno/h-BN, código para estudiar el despliegue de la estructura de bandas de superceldas cristalinas que puede ser de utilidad para entender propiedades topológicas y usando el programa KWANT estudios de propiedades de transportes en anillos de grafeno.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

De los esfuerzos anotados arriba se desprenden múltiples ideas que pueden ser desarrolladas con relativa facilidad. Por ejemplo:

1. Desarrollo de tintas electrónicas. Dentro del paradigma de la electrónica flexible, fabricar tintas con diferentes propiedades electrónicas es deseable, es decir, tintas conductoras, aislantes, semiconductoras, etc. Para esto es imprescindible implementar otras técnicas de exfoliación para varios materiales 2D como MoS₂, h-BN, etc.
2. Desarrollo de espuma de grafeno y otros materiales 2D. Mediante un proceso relativamente sencillo (el equipamiento existe en la EPN) es posible fabricar espuma de grafeno, controlar su porosidad y utilizarla en aplicaciones energéticas y medio ambientales, como las indicadas en la primera sección y otras novedosas. Por ejemplo, la espuma de grafeno puede servir para fabricar dispositivos de iluminación artificial, mediante la generación de luz blanca inducida por láser.
3. Desarrollo de transistores de estructura nanoporosa con *gate* electrolítico. Como idea interesante quiero implementar el uso de espumas de grafeno para obtener una estructura nanoporosa en 3D y fabricar un transistor de doble capa, usando un líquido iónico como *gate*.
4. Estudio de la hidrofobicidad de películas de grafeno y otros materiales 2D mediante el diseño de superficies. Usando, posiblemente, equipamiento de YACHAY y la ESPE es posible fabricar superficies y estudiar sus propiedades hidrofóbicas que son temas de interés industrial y energético.
5. Estudios teóricos de las propiedades electrónicas y de transporte en nanoestructuras, en particular de materiales 2D. Este es un tema vasto y de mucha vigencia dadas las posibles aplicaciones en dispositivos electrónicos del futuro.
6. Otros temas misceláneos en los que tengo particular interés son las aplicaciones de la Mecánica Estadística o de sus técnicas a diversos problemas de variada naturaleza, que pueden ir desde el clima hasta problemas de orden económico y social. En particular, usar el modelado por agentes para entender como las instituciones se forman y desarrollan.
7. También considero de suma importancia el uso de técnicas novedosas en la enseñanza de física introductoria para estudiantes universitarios. Considerar experiencias en enseñanza de la ingeniería y la física es crítico para el desarrollo de profesionales de alto nivel técnico.

EVALUACIÓN ANATÓMICA DE LAS DOSIS DE RADIACIÓN EN TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA

Marco V. Bayas

Departamento de Física, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253,
170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.
marco.bayas@epn.edu.ec

En esta charla se describirá el trabajo realizado para establecer una metodología de cálculo de las dosis de radiación absorbidas por los órganos de los pacientes en exámenes de tomografía. Si bien la dosis absorbida en un examen de tomografía no induce efectos determinísticos en el paciente, la acumulación de dosis asociadas a varios exámenes induce los llamados efectos estocásticos que pueden manifestarse negativamente varios años después de los exámenes. Por esta razón es necesario que se disponga de una metodología para cuantificar la dosis absorbida por los órganos de un paciente en cada examen que este se realiza de modo que se pueda evaluar el riesgo de efectos estocásticos. Mientras más precisa sea la cuantificación de las dosis recibidas mayor será la capacidad de evaluar los riesgos de efectos estocásticos. La principal limitación de los métodos convencionales, utilizados en Física Médica, para la evaluación de las dosis en tomografía es su incapacidad de realizar el cálculo para la anatomía específica de cada paciente. La posibilidad de realizar cálculos sobre la anatomía específica de un paciente, que puedan ser utilizados clínicamente, es actualmente objeto de investigación a nivel mundial. La metodología desarrollada por el grupo de biofísica de la EPN utiliza la información anatómica de un paciente obtenida en la misma tomografía para el cálculo de las dosis. Esto es posible debido a que la dosis absorbida en los tejidos depende de sus densidades electrónicas y precisamente esta información está contenida en una tomografía. Los cálculos se realizaron mediante la simulación de la atenuación de la radiación modelada con el método Monte Carlo implementado en paquetes computacionales de acceso libre. Los valores obtenidos, hasta el momento, tienen el mismo orden de magnitud que aquellos que pueden obtenerse con software comercial que no considera aspectos anatómicos específicos sino generales.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Una de las motivaciones para desarrollar esta línea de investigación es asegurar que exista en el país la capacidad de realizar evaluaciones precisas de la dosis acumulada por una persona debido a todas las tomografías recibidas en su vida. Si bien, los efectos de las dosis absorbidas en tomografía están en el régimen estocástico, la probabilidad de ocurrencia de un efecto negativo para la salud aumenta con la cantidad de dosis recibida, así como con la edad de la persona. Es importante que la historia clínica de cada paciente incluya información la cantidad de dosis recibida en cada examen de tomografía, esta información es más útil mientras más precisa sea. Puesto que la tomografía es una técnica estándar en el diagnóstico médico, en el Ecuador se ha vuelto rutinario que una persona reciba una tomografía como una herramienta de diagnóstico. Si bien los estándares de calidad de los centros médicos que ofrecen este servicio están controlados por la Subsecretaría de Control de Aplicaciones Nucleares (SCAN), estos centros no están en capacidad de reportar valores precisos de la dosis entregada a los órganos de riesgo de cada paciente. Como parte de sus programas de aseguramiento de calidad estos centros médicos únicamente garantizan que las dosis entregadas están dentro de los límites establecidos en protocolos internacionales de protección radiológica. Siguiendo la tendencia mundial es de esperarse que nuestro país incluya en su legislación disposiciones para el seguimiento de la dosis acumulada en las personas debido a los exámenes de tomografía. Cuando eso suceda será de suma importancia tener la capacidad de realizar cálculos precisos de esta cantidad.

Desde el inicio de este proyecto se ha trabajado principalmente con el hospital SOLCA-Quito, a medida que nuestro proyecto se desarrolle se planea ampliar nuestra colaboración con centros oncológicos adicionales. Para esto se requiere vincular investigadores que trabajen permanentemente y a tiempo completo en el proyecto. Al momento los estudiantes que participaron en esta línea de investigación se han vinculado a los hospitales de SOLCA-Quito, SOLCA-Cuenca; la fundamentación teórica y práctica recibida en el transcurso del proyecto les ha permitido incorporarse exitosamente a estos centros médicos. En el corto plazo, nuestro principal aporte al país seguirá siendo la incorporación de profesionales físicos con una base teórica y práctica sólida para su incursión exitosa en el campo de la Física Médica. A largo plazo, se espera que nuestra metodología de cálculo de dosis sea una herramienta alternativa en los centros médicos del país, que permita reportar valores precisos de las dosis recibidas por los pacientes en un examen tomográfico.

Finalmente, es importante puntualizar que este tipo de trabajos de investigación han sentado las bases para el desarrollo de la Física Médica a nivel de postgrado, al momento la EPN está a punto de graduar a su segundo físico médico. El desarrollo de investigaciones, como la presentada en esta charla, dependerá del fortalecimiento del Programa de Física Médica en la EPN.

INSTRUMENTACIÓN DE BAJO COSTO Y DE FUENTE ABIERTA: HERRAMIENTA PODEROSA O INFATUACIÓN

César Costa-Vera, José Luis Paz

Departamento de Física. Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253,
170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador
cesar.costa@epn.edu.ec

El desarrollo de las ciencias duras o experimentales es el núcleo central del progreso científico y tecnológico actuales.

La experimentación es la fuente de la evidencia más confiable y con el mayor nivel de objetividad para las ciencias, el desarrollo tecnológico, y la construcción objetiva de la imagen del universo y la naturaleza con la que contamos. Al mismo tiempo en su propia dinámica de desarrollo, impulsa y es impulsada en una sinergia obvia y clara de realimentación positiva, el desarrollo de la teoría, la matemática, los modelos, las heurísticas, las simulaciones y la exploración de nuevas avenidas de cuestionamiento e investigación.

La medición cada vez más precisa de cada vez más propiedades físicas de sistemas conocidos y de los nuevos sistemas que se descubre implica que la inversión en instrumentación y métodos de medición vaya aumentando de manera acelerada, si se desea ser competitivo y productivo en la generación de conocimiento y tecnología. Nuevos descubrimientos en las ciencias físicas a nivel fundamental son difíciles de hacer inclusive con las enormes inversiones que implican instalaciones como el LHC o similares. Ha tomado más de 30 años desde la propuesta de su existencia para que las capacidades instrumentales y las herramientas de análisis permitan “descubrir” a la más reciente partícula fundamental del modelo estándar: *El bosón de Higgs*.

Similarmente demandante en términos económicos, aunque a una escala menor, son las inversiones requeridas para trabajar en la frontera del conocimiento en campos como la ciencia de materiales, la fotónica, la electrónica, etc. Por esta razón, los países desarrollados se mantienen a la vanguardia científica y tecnológica y en toda previsión razonable actual, lo seguirán estando. Los países en desarrollo carecen de la capacidad económica y de la visión adecuada para reducir la diferencia, por lo que se tiene la dificultad agravada de que el “gap” C&T entre países avanzados y países en desarrollo como el Ecuador se va agrandando de manera constante. Una consecuencia de esta inversión parece ser que las grandes rupturas tecnológicas que generan los grandes nichos de desarrollo económico de las naciones y corporaciones solamente pueden y seguirán ocurriendo en los países desarrollados, con el mantenimiento de la consecuente dependencia tecno económica de nuestros países.

Por otro lado, el propio desarrollo científico y tecnológico es en su mayoría democrático y nos provee hoy en día de información gratuita prácticamente ilimitada, gran capacidad de procesamiento de información a través de instrumentos electrónicos de acceso general y bajo costo (celulares, tablets, laptops, PCs, etc.), plataformas electrónicas de uso general y de aplicación casi universal (circuitos arduino, raspberry Pi, etc.), fuentes de luz y detectores de todo tipo de bajo costo, software de diseño, cálculo y análisis gratuito (o de bajo costo relativo), y herramientas de fabricación y prototipado de fácil uso (impresoras y escáneres 3D). Esta tecnología habilita y empodera a investigadores en universidades y centros de investigación en países desarrollados y en desarrollo, pero también a los ciudadanos comunes a desarrollar tecnología pertinente

local y globalmente, resolver problemas mundanos o científicos con muy bajas inversiones, y en algunos casos a generar data de alta calidad y utilidad, que a su vez se puede convertir en conocimiento importante y relevante. Esto se ha desarrollado en toda una filosofía de desarrollo de instrumentación de bajo costo, y en la mayoría de los casos de fuente abierta y de acceso libre.

La presente charla pretende mostrar algunos ejemplos de herramientas de este tipo en aplicaciones propias y ajenas, y propondrá elementos para una discusión acerca de su real valor de impactar el futuro desarrollo de la ciencia y la tecnología en países como el nuestro y de realmente mejorar la calidad de vida de nuestra sociedad.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

La concepción de instrumentación de bajo costo y fuente abierta es en esencia habilitante, democrática, de fácil acceso, integración y desarrollo. Se maneja en curvas de aprendizaje muy rápidas, es accesible a gente con alta formación pero también a personas aficionados con habilidades generales. La filosofía se nutre de una capacidad de montaje modular (tipo LEGO).

El desarrollo de este tipo de tecnología, que es inevitable, por lo tanto, promete tener capacidades endógenas para afrontar y dar soluciones a problemas y interés local o regional, en marcos multidisciplinarios y diversos. En función de los elementos indicados permitirá incorporar directamente a la sociedad en el trabajo C&T, en conexión con las IES, o inclusive, sin ella.

Sin embargo, de esta potencialidad es dudoso que este tipo de desarrollo tecnológico y conceptual por si solo, pueda algún día permitir el salto económico que permita posicionar al Ecuador entre los países desarrollados, en igualdad de condiciones.

Por otro lado, las capacidades habilitantes indicadas parecen suponer una necesidad de repensar el rol y la esencia de la misma universidad en nuestra futura sociedad.

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE ESTABILIDAD NUMÉRICAS PARA LA RESOLUCIÓN DE LAS ECUACIONES DE NAVIER – STOKES EN VARIABLES PRIMITIVAS USANDO EL MÉTODO MAC PARA LA CAJA GUIADA BIDIMENSIONAL

Aníbal Cruz, Christian L. Vásconez

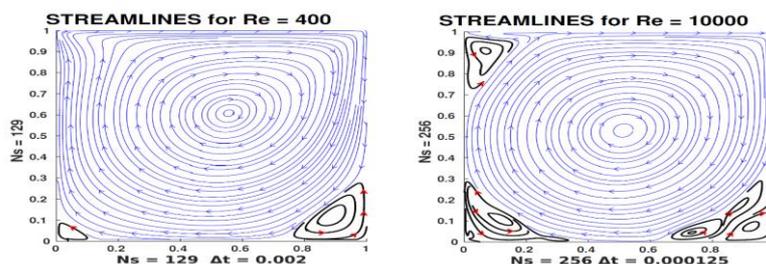
Departamento de Física, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.

anibal.cruz@epn.edu.ec

Normalmente como parte del trabajo de investigación en Física, luego de plantear las leyes de conservación de la masa, el momento, y la energía del sistema, aparecen como ecuaciones del movimiento una o varias ecuaciones diferenciales en derivadas parciales que involucran a las variables dinámicas del sistema bajo estudio. En el caso particular de la dinámica de fluidos, considerando un flujo incompresible como por ejemplo el del agua, estas variables vienen a ser: el campo vectorial de velocidades del fluido en dos dimensiones, junto con el campo escalar de su presión. El conjunto resultante de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales se denomina ecuaciones de Navier – Stokes.

Es un hecho conocido que este sistema de ecuaciones no presenta soluciones analíticas exactas al menos para el caso del vórtice del flujo formado al interior de la caja guiada bidimensional. Las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales de Navier – Stokes serán planteadas para la caja guiada bidimensional usando variables primitivas, esto es en la aproximación velocidad – presión. El método numérico que va a implementarse se conoce con el nombre de método MAC que quiere decir “Mark and Cell” que fue propuesto por primera vez por Harlow y Welch en el año 1965.

Este método consiste en tomar celdas unidad que se consideran como volúmenes de control en dos dimensiones, sirven para plantear en ellas las ecuaciones de Navier – Stokes usando el método de volúmenes finitos. Se toman diferentes celdas, una de ellas para la presión y otras dos para cada componente de la velocidad, que están justo localizadas en el centro, a la derecha, y por arriba de las paredes de la celda unidad de la presión que es tomada como celda unidad base. Luego, todo el dominio del fluido queda enrejado por los tres tipos de celdas. Este es un método llamado Euleriano para la resolución de este problema. El siguiente paso es la discretización de las ecuaciones de Navier – Stokes. Lo que se va a hacer es utilizar el método de volúmenes finitos comenzando por la integración de todos los términos de la ecuación en la celda de control del volumen unidad en dos dimensiones, luego se aplicara el teorema de Stokes para reducir la integral bidimensional a una integral de contorno. Terminada la discretización, se aplicará el método predictor de velocidad y corrector de presión. Para la evolución en el tiempo de este esquema numérico, se empleara el método de avance en el tiempo hacia adelante – Forward Time Scheme (FTS). Dos resultados muy diferentes se presentan a continuación:



Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

La investigación propuesta servirá de base para difundir tanto la teoría física que fundamenta a este problema clásico de la dinámica de fluidos, así como también difundir el análisis numérico y la programación que hoy en día se utiliza cotidianamente en todo el mundo para la resolución de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales que no tienen solución analítica exacta, provenientes de cualquier rama de la ciencia, en el presente caso de la Física. El aporte de este trabajo está relacionado con el hecho de que las anomalías antes mencionadas pueden servir de base para definir tiempos de paso un poco más largos en la programación, sin que la estabilidad del esquema numérico se vea afectada, con el consiguiente beneficio de una convergencia que ahorre tiempo computacional en un proceso que dependiendo del número de Reynolds y el número de puntos escogidos para el dominio, puede demandar de una ingente cantidad de operaciones.

Por otra parte, una fuerte motivación del presente proyecto es que el sistema de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales de Navier – Stokes constituye uno de los retos más sofisticados de resolver en el mundo de la ciencia, de tal modo que si podemos hacerlo, esto implicara que hemos desarrollado herramientas para resolver otros modelos menos complicados abriendo de este modo nuevas opciones y retos para investigación en el campo de las ecuaciones diferenciales parciales a futuro. Otra motivación es el contenido académico requerido para resolver el problema de la caja guiada bidimensional, pues invoca conceptos muy importantes como: incompresibilidad, viscosidad, vórtices, estados estacionarios y no estacionarios, bifurcación de Hopf y turbulencia. Esto hace que la resolución de este problema sea un clásico de la dinámica de los fluidos, de las ecuaciones diferenciales, y de la programación. Pues, es ampliamente utilizado por científicos e ingenieros para comprobar la efectividad de nuevos métodos matemáticos y/o nuevos algoritmos computacionales comparando no solo las nuevas soluciones computacionales con las anteriores, sino también los tiempos computacionales empleados en su solución.

En este contexto, a futuro pensamos en resolver el mismo problema usando métodos espectrales y comparar los resultados que se obtengan con el actual método empleado (MAC). La idea es comprender en detalle las razones por las cuales los métodos espectrales resultan mejores, esto es más precisos y consumen un tiempo computacional menor, que los métodos basados en diferencias como es el caso del método MAC.

Además, como trabajo futuro se piensa no solo resolver el problema planteado, sino también nuevos problemas usando diferentes técnicas de programación en paralelo o computación de alto desempeño, esto es usando openMP, MPI, y CUDA bajo ambiente NVIDIA. Para esto estamos ya aprovechando la infraestructura computacional de la Red CEDIA.

PLASMAS SUPERSIMÉTRICOS FUERTEMENTE ACOPLADOS Y HOLOGRAFÍA

Á. Dueñas-Vidal

Departamento de Física, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253,
170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.
alvaro.duenas@epn.edu.ec,

El principio holográfico de 't Hooft y Susskind conjetura la existencia de una conexión biunívoca entre una teoría que contiene gravedad viviendo en un volumen del espacio-tiempo y otra teoría de campos sin gravitación que vive en la frontera de este volumen. Esto supone que la gravedad emerge a partir de una teoría de campos en menos dimensiones, de una forma que podríamos llamar holográfica.

La conjetura AdS/CFT es una realización concreta del principio holográfico de 't Hooft y Susskind en el marco de la teoría de supercuerdas. Concretamente establece una correspondencia uno a uno entre la teoría supersimétrica de Yang Mills (SYM) con $N = 4$ supersimetrías en $SU(N)$ en la frontera de AdS_5 y supergravedad de tipo IIB en el interior de $AdS_5 \times S^5$, en el límite de gran N y con constante de acoplamiento de 't Hooft grande. La utilidad de la conjetura es que, en estas condiciones, $N = 4$ SYM es fuertemente acoplada, y podemos acceder a resultados en una teoría gauge fuertemente acoplada a partir del estudio de duales gravitacionales en el espacio de anti-de Sitter.

La construcción de un puente entre teorías gauge fuertemente acopladas y gravedad en AdS resulta de especial interés para estudiar fenómenos no perturbativos en el campo de la Cromodinámica Cuántica (QCD). Recordemos que la constante de acoplo de QCD es, a bajas energías, mayor que la unidad, y aunque la función beta de la teoría es negativa, esta no empieza a ser perturbativa hasta muy altas energías, aún fuera del alcance de los aceleradores actuales. Por tanto, la fenomenología que observamos en QCD es no perturbativa y una descripción de la misma no puede ser posible mediante la usual teoría cuántica de campos. Ciertamente QCD no es supersimétrica ni $N=3$ es un número suficientemente alto, pero a la luz de la conexión AdS/CFT y el principio holográfico podemos inferir que duales gravitacionales en el espacio de anti-de Sitter (o modificaciones del mismo) pueden ser útiles para describir procesos y fenómenos no perturbativos en QCD.

QCD presenta dos fenómenos no directamente relacionados: libertad asintótica y confinamiento de color. La primera de ellas hace referencia a que la constante de acoplo se aproxima a cero para energías tremendamente altas. La segunda hace referencia a que, a bajas energías, quarks y gluones sólo pueden aparecer formando singletes de color. Podría pensarse que el confinamiento es debido precisamente a la existencia de un acoplamiento fuerte a bajas energías, pero sin embargo parece estar más bien relacionado con el carácter no abeliano del grupo gauge. Tanto es así que recientemente se ha encontrado en colisiones de iones pesados a altas energías en el RHIC y en el LHC la existencia de una fase deconfinada, en el que quarks y gluones forman una suerte de plasma, pero aún en el régimen de acoplamiento fuerte. Estudiar esta fase deconfinada (e incluso la transición de fase) queda fuera de posibilidades que brinda QFT al no ser un fenómeno perturbativo. Sin embargo, la conjetura AdS/CFT permite al menos obtener resultados cualitativos.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

El estudio de la aplicación del principio holográfico a fenómenos no perturbativos en QCD es un área viva, al alza, en la que aún queda mucho por hacer. A día de hoy el artículo original de Maldacena tiene más de 13.000 citas y sigue en aumento, y cualquier resultado relevante que se logre en QCD, de ser comprobado en futuros aceleradores, supondría un espaldarazo tremendo a la física teórica de altas energías de los últimos 20 años. Por tanto, existe un gran interés en profundizar en la conjetura AdS/CFT y lograr duales gravitacionales para QCD, lo que garantiza la posibilidad de conseguir colaboración internacional y todo el apoyo necesario.

Otra garantía de crecimiento lo marca el interés por modelos más allá del modelo estándar. Hoy sabemos que el modelo está agotado en el sentido de que todo lo que podía describir y ofrecer ya lo ha hecho. Sin embargo, lo que hay más allá del modelo estándar es aún un misterio, y puede ser determinante para entender cuestiones tan trascendentales como qué es la materia oscura o de dónde surge la energía oscura. Avanzar en la conjetura AdS/CFT puede ser algo que nos marque el camino a seguir.

Problemas aún no resueltos referentes a la aplicación de la conjetura AdS/CFT en el estudio de plasmas en QCD, y que son de interés, pueden ser profundizar aún más en los umbrales de producción de plasmas en colisiones a altas energías (se conocen umbrales en energías y parámetros de impacto, pero no el papel que juega la helicidad de los objetos que colisionan), buscar tiempos de termalización, mejores modelos para la producción de entropía, exponentes críticos para la transición confinamiento-deconfinamiento, etc.

Ciertamente la investigación en física teórica puede ser punta de lanza para elaborar un programa de investigación ambicioso de estándares internacionales en el Ecuador.

INTERACCIÓN DE PARTÍCULAS CARGADAS CON MATERIA

V.I. Alexeyev^{1,2}, A.N. Eliseyev^{1,2}, E. Irribarra³, V. Karpov¹, I.A. Kishin^{1,2}, A.S. Kubankin^{1,2}, R.M. Nazhmudinov^{1,2}

¹P.N. Lebedev Physical Institute RAS, Moscow, Russia; ² Belgorod National Research University, Belgorod, Russia; ³Departamento de Física, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.

esteban.irribarra@epn.edu.ec

En este trabajo se estudia las características de la Radiación de rayos X Paramétrica PXR. Esta radiación se genera cuando partículas relativistas cargadas interactúan con un medio periódico. Las características de la radiación están determinadas por los parámetros cristalinos del medio. Es por esto, que se denomina radiación paramétrica [1].

Las investigaciones están motivadas por las perspectivas que tiene PXR para ser usada como una fuente quasi monocromática de rayos X y para el diagnóstico de estructuras periódicas o haces de partículas cargadas [2-4]. La radiación monocromática tiene una potencial aplicación en la medicina, por lo que actualmente se estudia la posibilidad de construir fuentes compactas de PRX [5,6].

Los experimentos fueron realizados en el departamento de altas energías del instituto de física Lebedev de la Academia de Ciencias rusa. PXR fue obtenida durante la interacción de electrones relativistas de 7 MeV con láminas y polvos policristalinos. Los resultados más importantes son: validación parcial de la teoría de PXR en materiales policristalinos [7], determinación de la influencia de la textura de las muestras en las características de la radiación [8], detección de una región anormal de difracción de PXR [9].

Referencias

- [1] V.G. Baryshevsky, I.D. Feranchuk. Parametric X-rays from ultrarelativistic electrons in a crystal : theory and possibilities of practical utilization, J.Phys.France. 44 (1983) 913-922,.
- [2] B. Sones, Y. Danon, R.C. Block. Lithium fluoride (LiF) crystal for parametric X-ray (PXR) production, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. 227 (2005) 22-31.
- [3] G. Kube, C. Behrens, A.S. Gogolev, Y.P. Popov, A.P. Potylitsyn, W. Lauth, et al., Investigation of the applicability of parametric x-ray radiation for transverse beam profile diagnostics, IPAC 2013: Proceedings of the 4th International Particle Accelerator Conference, 2013, pp. 491-493.
- [4] N. Nasonov, P. Zhukova, V. Sergienko. Polarization bremsstrahlung in a backward direction for medium structure diagnostics, Journal of Physics: Conference Series. 236 (2010) 012017.
- [5] J. Hyun, M. Satoh, M. Yoshida, T. Sakai, Y. Hayakawa, T. Tanaka, et al. Compact and intense parametric x-ray radiation source based on a linear accelerator with cryogenic accelerating and decelerating copper structures, Phys.Rev.Accel.Beams. 21 (2018) 014701.

[6] Y. Hayakawa, Y. Takahashi, T. Kuwada, T. Sakae, T. Tanaka, K. Nakao, et al. X-ray imaging using a tunable coherent X-ray source based on parametric X-ray radiation, *Journal of Instrumentation*. 8 (2013) 08001.

[7] V.I. Alekseev, A.N. Eliseyev, E. Irribarra, I.A. Kishin, A.S. Klyuev, A.S. Kubankin, et al. Evolution of the characteristics of Parametric X-ray Radiation from textured polycrystals under different observation angles, *Physics Letters A*. 382 (2018) 503-506.

[8] V.I. Alekseev, A.N. Eliseyev, E.F. Irribarra, I.A. Kishin, A.S. Kubankin, R.M. Nazhmudinov, et al. Research of the polarization bremsstrahlung of relativistic electrons in polycrystalline targets, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*. 342 (2015) 47-51.

[9] V.I. Alexeyev, A.N. Eliseyev, E. Irribarra, I.A. Kishin, A.S. Kubankin, R.M. Nazhmudinov. Observation of parametric X-ray radiation in an anomalous diffraction region, *Physics Letters A*. 380 (2016) 2892-2896.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Las investigaciones han sido realizadas gracias a un convenio de cooperación entre la EPN y la Universidad Estatal de Belgorod. En este contexto, investigadores de la EPN tienen acceso a aceleradores instalados en la Federación de Rusia que van desde los 2 keV hasta 2 GeV en el caso de electrones, y desde 20 GeV hasta 80 GeV en el caso de protones. Es imprescindible mantener vigente este convenio ya que permite la explotación de instalaciones experimentales que no existen en el Ecuador. En los próximos 3 años pienso seguir trabajando en el estudio de la radiación producida durante la interacción de partículas relativistas cargadas con materia.

Un obstáculo importante de este trabajo es la dependencia total que existe de las instalaciones experimentales en la Federación de Rusia. Por esta razón, se encuentra en la etapa de diseño el laboratorio de radiación en la EPN. Las actividades que se espera abordar en un primer momento son: realización de pruebas preliminares para experimentos que se ejecutarán en Rusia, estudio de procesos de carga y descarga de láminas dieléctricas sometidas a haces de electrones no relativistas y finalmente desarrollo de fuentes de rayos X compactas elaboradas en base a materiales piroeléctricos y piezoeléctricos. Durante estas investigaciones se espera que este laboratorio, debido a sus necesidades, impulse la formación de ingenieros altamente capacitados, por ejemplo, ingenieros mecánicos capaces de diseñar y fabricar piezas de alta precisión como son los goniómetros o elementos de alto y ultra alto vacío, ingenieros eléctricos y electrónicos encargados de la automatización de los distintos equipos ensamblados en el laboratorio.

Capacidades relevantes

Medición de las características espectro-angulares de la radiación electromagnética en el diapason de los rayos X.

Diseño y explotación de sistemas de vacío

ESTUDIO DE EXOPLANETAS DETECTADOS POR EL TELESCOPIO KEPLER

Ericson López^{1,2}, Hugo Barbier²

¹Observatorio Astronómico de Quito, ²Departamento de Física, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador
ericsson.lopez@epn.edu.ec, hugo.barbier@epn.edu.ec

Los estudios que se llevan a cabo están relacionados con el tratamiento y análisis de las observaciones realizadas por los telescopios espaciales dedicados a la detección de exoplanetas (planetas que orbitan otras estrellas), y en particular de los datos del telescopio espacial Kepler. En este estudio se toman las observaciones del Kepler y se determinan aquellas en las que las variaciones de luminosidad en la estrella central, debido a la presencia del planeta, son mayores a una millonésima parte en magnitud estelar. Esto es necesario para poder estudiar las tenues variaciones del brillo estelar y determinar los mecanismos físicos que dan lugar a ellas, y que están relacionados con la presencia de un exoplaneta. Información importante para caracterizar a un exoplaneta se encuentra en lo que se denomina curva de fase, es decir, en la curva de luz entre los eclipses primario y secundario, lo que da lugar a trozos de tenues variaciones muy fluctuantes denominadas curva de fase. Estas fluctuaciones son debidas a varios mecanismos físicos, como la emisión/reflexión de la radiación en el planeta, las variaciones elipsoidales y por el efecto cinemático denominado *beaming* Doppler. En nuestros estudios, tratamos de caracterizar los parámetros físicos de los planetas observados y, principalmente, de estimar el grado de influencia del *beaming* Doppler con el fin de acotar los valores de la velocidad radial del planeta.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

El estudio de exoplanetas es una rama nueva de la Astronomía en pleno auge, que empezó a despuntar en los años noventa. Actualmente, es un área muy activa en la comunidad científica, en la que se hacen grandes avances tanto en el desarrollo del instrumental de detección como en el entendimiento de la naturaleza físico/químico de los sistemas planetarios. En este contexto, en esta línea de investigación, que se lleva conjuntamente en el Observatorio Astronómico de Quito y en el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias, se tiene una gran cantidad de problemas que aún no han sido resueltos y afortunadamente una gran cantidad de datos que han sido obtenidos por los telescopios espaciales, los mismos que sirven de base para realizar las investigaciones necesarias que nos permita entender la naturaleza de estos cuerpos celestes.

Con los nuevos proyectos espaciales como el TESS, PLATO y el WFIRST para la observación de exoplanetas, se espera tener una mayor sensibilidad y resolución que permita la detección y estudio de planetas similares a la Tierra, con tal detalle que podamos ser capaces de estudiar y modelar sus atmósferas. En este contexto, nuestra investigación, luego del estudio cinemático para caracterizar los sistemas planetarios compactos y no compactos, continuará con el desarrollo teórico de modelos para las atmósferas planetarias, los mismos que pueden ser validados con las observaciones de los futuros telescopios.

FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS MOLECULARES

Henry Marcelo Osorio C.

Departamento de Física, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253,
170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.
henry.osorio@epn.edu.ec

Tanto la evolución que han mostrado los productos electrónicos a lo largo del tiempo, como el hecho de que en pocos años la actual tecnología CMOS (*Complementary metal-oxide-semiconductor*) para la fabricación de dispositivos electrónicos será incapaz de satisfacer la demanda que le será impuesta (dispositivos con mayor capacidad de almacenaje, mayor número de funciones y menor coste), han hecho necesaria la investigación en tecnologías alternativas que sí puedan satisfacer esta futura demanda. En este contexto, el uso de las propiedades específicas de una molécula como núcleo del funcionamiento de un componente electrónico, más conocido como Electrónica Molecular, emerge como un posible candidato para sustituir a la tecnología CMOS. Si bien estudios novedosos ya reportan el diseño de dispositivos electrónicos moleculares, por ejemplo, para procesamiento de audio, aún existen grandes desafíos que deben superarse para que la Electrónica Molecular pueda ser una tecnología viable capaz de llegar al mercado. Entre estos desafíos se encuentran los siguientes: *i*) una mejor comprensión de los procesos de transporte de carga en uniones metal/molécula/metal (MMM), *ii*) una optimización de las uniones molécula-electrodo, *iii*) la exploración de nuevas estructuras moleculares bajo distintas condiciones experimentales que permitan modular las propiedades eléctricas para el desarrollo de dispositivos electrónicos más eficaces, y *iv*) la búsqueda de nuevas metodologías que permitan fabricar el electrodo superior en estructuras metal/monocapa/metal (MMOM) sin dañar ni cortocircuitar el sistema.

El desarrollo de técnicas, tanto para anclar moléculas individuales o porciones de una monocapa entre dos electrodos, como para su caracterización eléctrica, han impulsado un progreso significativo en el área. Así, los estudios en Electrónica Molecular se pueden dividir en dos tipos: de molécula individual (estructuras MMM) y de monocapa (estructuras MMOM). Los estudios a nivel de moléculas individuales han permitido medir y optimizar las características eléctricas de las uniones moleculares, y han ayudado a establecer reglas de diseño molecular para la construcción de dispositivos electrónicos moleculares como diodos o transistores. Estos estudios han contribuido en gran medida a la comprensión del transporte de carga en las uniones MMM, y cómo éstos se ven influenciados por diferentes factores como son: la estructura molecular, el ambiente que rodea a la unión molecular, la naturaleza y geometría del contacto electrodo-molécula y el material del electrodo. Por su parte, las uniones relativamente más grandes MMOM, donde un conjunto de moléculas altamente orientadas y ordenadas es depositado sobre un electrodo plano y bien caracterizado, han ayudado a la comprensión del efecto del número de moléculas y las interacciones intermoleculares, como las de tipo van der Waals y efectos de polarización, en las propiedades de transporte electrónico de la monocapa molecular. En esta charla se darán a conocer algunos avances actuales dentro de la fabricación y caracterización tanto de estructuras MMM como de estructuras MMOM.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Hasta el momento, los estudios en Electrónica Molecular se han centrado principalmente en el uso de electrodos metálicos (Au, Ag y Pt), en gran parte debido a la relativa facilidad de su preparación y a su capacidad de unir moléculas a su superficie mediante la quimisorción de diferentes grupos de anclaje. Sin embargo, en la actualidad hay una tendencia creciente por usar electrodos no metálicos, basados en carbono; por ejemplo: fullerenos, grafito y grafeno, debido a sus novedosas propiedades eléctricas, ópticas y mecánicas. De este tipo de materiales destaca el grafeno que, desde su descubrimiento experimental en 2004, ha sido previsto como un material que se puede incluir en numerosas aplicaciones. Esta monocapa de átomos de carbono, que forman una estructura hexagonal, exhibe notables propiedades electrónicas, térmicas, mecánicas y ópticas debido a su banda de energía prohibida igual a cero y su estructura plana y súper delgada. Estas interesantes características hacen del grafeno una nueva plataforma para aplicaciones electrónicas como son: sensores, electrodos en transistores de efecto de campo y como contactos transparentes para dispositivos fotovoltaicos.

En el campo de la Electrónica Molecular, estudios recientes muestran que, efectivamente, el grafeno puede ser usado como electrodo para el estudio de uniones electrodo/molécula/electrodo. Sin embargo, estos estudios también revelan las limitaciones que se tiene al preparar y caracterizar estas uniones, las cuales merecen ser abordadas; estas limitaciones se mencionan a continuación. *i)* El grafeno usado en los recientes estudios de Electrónica Molecular, y en muchas otras aplicaciones, es obtenido mediante deposición química en fase de vapor, método altamente costoso y que no es compatible con los actuales métodos de producción en masa. *ii)* Si bien las uniones de molécula individual son excelentes para estudiar los fenómenos de transporte, las estructuras basadas en monocapas moleculares se alinean más estrechamente con aplicaciones electrónicas prácticas y con el desarrollo de dispositivos mediante métodos de producción masivos. En este contexto, cabe destacar que no hay reportes en la literatura acerca de estudios de dispositivos moleculares a base de grafeno y monocapas moleculares. Es así como, para un futuro cercano se propone desarrollar electrodos de grafeno con una superficie altamente plana, usando grafeno obtenido por técnicas baratas (exfoliación líquida y/o electroquímica), que serviría para distintas aplicaciones; pero en nuestro caso específico será usado para fabricar dispositivos electrónicos moleculares.

ÓPTICA NO LINEAL: CONSIDERACIONES GENERALES Y DESARROLLOS RECIENTES

José Luis Paz, Luis Lascano, César Costa-Vera

Departamento de Física, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253,
170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.
jose.pazr@epn.edu.ec

El origen del estudio de efectos no lineales en la óptica surgió a mediados del siglo XX a partir de la invención del láser, que es una fuente luminosa de alta intensidad. Las respuestas ópticas que surgen de la interacción de estas fuentes con la materia son no lineales en el sentido de su dependencia con la intensidad del campo electromagnético. Muchos han sido los estudios empleando diversas técnicas espectroscópicas a fin de caracterizar sistemas moleculares. Se han desarrollado variados modelos con este fin, empleando sistemas de dos estados cuánticos donde en términos generales, la estructura interna de la molécula no ha sido considerada como algo relevante. El estudio de la interacción radiación-materia a través de desarrollos teóricos, simulaciones computacionales y experimentos, permiten describir a sistemas cuánticos a través de sus parámetros moleculares, proporcionando información de sus propiedades ópticas tales como los coeficientes de absorción e índice de refracción, entre otras, reconociendo el potencial de ciertos materiales para el desarrollo de dispositivos no lineales, optoelectrónicos y fotónicos. Las propiedades ópticas no lineales también han sido ampliamente estudiadas en cristales, debido a la relación que presentan sus características de simetría con las susceptibilidades de alto orden. En el aspecto teórico, varias investigaciones se llevaron a cabo bajo el formalismo de la matriz de densidad para analizar el sistema material, lo que ha permitido estudiar las susceptibilidades ópticas, la conductividad eléctrica y la polarizabilidad.

Durante los últimos años hemos estudiado teóricamente colorantes orgánicos a través de espectroscopia de mezcla de cuatro ondas. No sólo hemos hecho énfasis en la descripción cuántica del sistema de estudio, sino que hemos encontrado formas de incorporar la presencia del reservorio térmico como entorno del sistema activo. Hemos descrito el sistema de estudio bajo descripciones estocásticas con el solvente, y aproximaciones dipolares en la interacción con el campo electromagnético. Hemos seguido esquemas de cálculo, tanto en el dominio del tiempo como en el espacio de frecuencia para la solución de las expresiones dinámicas de Bloch, derivadas formalmente a través de ecuaciones maestras generalizadas, considerando en esta última rigurosas teorías de relajaciones cuánticas. Hemos realizado estudios de simetrías de respuestas ópticas con el fin de establecer criterios en la literatura, que permitan determinaciones precisas de los tiempos de relajación asociados a los distintos mecanismos de disipación que tienen lugar. Hemos centrado nuestra atención en precisar el alcance de muchas de las aproximaciones físicas que suelen emplearse con fines de demarcar intervalos en la interpretación de los perfiles ópticos.

Finalmente, podemos indicar que nuestros avances de investigación se ven reflejados por las distintas visiones física y química, tanto teórica como experimental de quienes conforman el grupo de trabajo. Entender la naturaleza del material óptico y sus propiedades, pensar en la utilidad espectroscópica experimental y modelar teóricamente los sistemas cuánticos, así como sus respuestas ópticas, han permitido un avance importante en nuestra investigación. Talleres y capacitaciones han sido dados a nuestros

estudiantes de EPN como fuera de ella, motivando a jóvenes para el estudio de la óptica y espectroscopia en sus distintas líneas de investigación.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Nuestro trabajo se centra en entender cada vez más la naturaleza de los distintos procesos que ocurren en la interacción de la radiación electromagnética con la materia. Hemos dedicados grandes esfuerzos en los últimos años a modelar la radiación y la interacción, bajo esquemas sencillos en la descripción de las moléculas de estudio. Sin embargo, hemos observado que gran parte de la comprensión en las respuestas ópticas se encuentra en la naturaleza misma de la molécula. Por ello, es que recién estamos dedicando mayores esfuerzos en modelar el sistema de estudio con mayor precisión. Particularmente, describimos las transiciones ópticas entre sistemas de bandas con un ensanchamiento dado que permita propiciar mecanismos de difusión espectral interno con tiempos o velocidades de decaimiento concertadas con la presencia del baño térmico. Deseamos establecer relaciones precisas de correlación entre las respuestas ópticas y la naturaleza molecular. Por otra parte, incorporamos acoplamientos intramoleculares en los pozos de potencial para definir el alcance que puede tener el cambio de bases cuánticas en los procesos de absorción de fotones. Finalmente, es de nuestro interés el crecimiento en las visiones del problema, y para ello nuestro grupo está contemplando alianzas con profesionales en las áreas de química computacional y teórica, así como con matemáticos de la institución y fuera de ella. Pensamos que avocarnos a la comprensión del problema desde sus fundamentos, en términos de resoluciones formales matemáticas, así como los alcances de aproximaciones físicas, sin descuidar sus posibles aplicaciones en óptica y fotónica, podríamos tener generación de nuevo conocimiento científico y posibles beneficios a la sociedad. Capacitaciones a estudiantes y talleres orientados en el quehacer óptico, son parte de nuestras metas en el corto y mediano plazo. Diseño de nuevos materiales con propiedades eléctricas y magnéticas, así como la puesta en marcha experimental de resultados teóricos alcanzados, son también parte de nuestro interés común.

ESTUDIOS DE TRANSPORTE DE CARGA EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Cristian Santacruz

Departamento de Física, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253,
170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.

cristian.santacruz@epn.edu.ec

Los sistemas de generación de energía fotovoltaica han tenido un importante desarrollo en los últimos años. A nivel mundial, los estudios principalmente se centran en generar dispositivos con mayor eficiencia de conversión energética mediante la síntesis o modificación química de los materiales fotosensibles, el uso de diversas estructuras transportadoras de electrones y huecos, y el desarrollo de nuevos métodos de fabricación de dispositivos. Sin embargo, existen procesos físicos que limitan la generación y transferencia de carga eléctrica que no han sido completamente entendidos. El principal objetivo de los estudios, realizados en el Laboratorio de Materia Condensada, es estudiar los procesos físicos involucrados en el transporte de carga eléctrica en celdas solares sensibilizadas por pigmentos y celdas solares orgánicas. Para esto se han modificado los materiales transportadores de electrones con varios porcentajes de grafeno, y se ha estudiado su efecto en la eficiencia de conversión energética. Además se han probado diversos pigmentos naturales como sensibilizadores y el efecto del pigmento o del método de extracción en la eficiencia de las celdas solares.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

La investigación del transporte de carga en sistemas fotovoltaicos requiere de varios equipos de caracterización de materiales como UV/VIS, FT-IR, SEM, AFM, DRX, ESPECTROSCOPIA RAMAN, entre otros; además de equipos de medición de impedancia, capacitancia, mediciones optoelectrónicas, simulador solar, medidores de la eficiencia cuántica de transporte de carga; muchos de los cuales no existen o no se tiene acceso de manera programada y libre en la EPN. Además, la demora en los procesos de ejecución del presupuesto en los proyectos de investigación ha generado retardos en el desarrollo de los proyectos de investigación.

ESTUDIO DE SISTEMAS PLANETARIOS USANDO “EMPIRICAL MODE DECOMPOSITION”

Christian L. Vásquez

Departamento de Física, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253,
170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.
christian.vasquez@epn.edu.ec

La meta suprema de la exploración de exoplanetas es descubrir planetas potencialmente habitables, e incluso evidencia de vida fuera de nuestro planeta [1]. De hecho, junto con la tecnología, la astrometría alcanza continuamente nuevos niveles de precisión, llevándonos cada vez más cerca de estas metas. Entonces, se vuelve crucial el que mejoremos y busquemos nuevos métodos para extraer información astrofísica de estos datos astrométricos. Aquí, aplicamos un método adaptivo de descomposición a posteriori, en el cual las funciones que forman la base son derivadas directamente desde los datos no estacionarios. Este método, el *empirical mode decomposition* (EMD) [2] se usa para estudiar los datos públicos de fotometría de la misión espacial *Kepler*. Nuestro estudio se focaliza en el sistema Kepler-41, donde hemos identificado dos claras contribuciones temporales, respecto a modos de oscilación menos energéticos. El primero de estos modos se identifica positivamente con Kepler-41b [3]. Mientras tanto, el segundo modo del sistema nos permite proponer la existencia de un exoplaneta no identificado, que transita su estrella tipo solar con un periodo orbital de 4,71375 días, y un semeje mayor de 0,05654 AU.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

El método EMD fue desarrollado para procesar datos no estacionarios. Ha sido aplicado satisfactoriamente en diferentes contextos, incluyendo sistemas geofísicos [4] y espaciales [5]. En la naturaleza, la separación entre la señal dependiente del tiempo de un fenómeno, y las fluctuaciones que sobre dicha señal se realiza bajo el supuesto de que existe una clara separación de escalas temporales. La validez de esta suposición es cuestionable debido a la respuesta no lineal de la mayoría de fenómenos físicos. Usando el método EMD, sugerimos un método para separar campos promedio de sus variaciones, identificando el significado físico de cada contribución.

[1] Alberti T., Carbone V., Lepreti F., Vecchio A., 2017, ApJ, 844 [2] Huang N. E. et al., 1998, Proc. of the Roy. Soc. of London A, 454, 903 [3] Santerne A. et al., 2011, A&A, 536, A70 [4] De Michelis P. et al., 2012, Nonlin. Processes Geophys., 19 [5] Consolini G., et al., 2017, Journal of Phys: Conf. Series, 900

ASTROPARTÍCULAS Y ASTROFÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS

Nicolás Vásquez

Departamento de Física, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253,
170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.
nicolas.vasquez@epn.edu.ec

La observación del Universo con el avance de la tecnología ha evolucionado radicalmente las últimas décadas. Las observaciones en las bandas ópticas son una pequeña ventana de todo un espectro electromagnético, de astropartículas y ondas gravitacionales a los que se tiene acceso en la actualidad. El Departamento de Física tiene las líneas de investigación de física de altas energías, astropartículas y gravitación en las que se enmarcan las actividades académicas y de investigación.

A continuación, se presenta el trabajo realizado en los últimos 6 años en el área de las astropartículas y la astrofísica de altas energías.

Al hablar de física de altas energías, es muy común pensar en aceleradores y reacciones nucleares. Sin embargo, en el Universo existen fuentes naturales que generan energía en escalas mucho más elevadas que cualquier acelerador construido artificialmente. En el observatorio Pierre Auger, se han detectado colisiones protón-protón con una energía en el centro de masa de 57 TeV, cuatro veces más grande que la energía que alcanzará el LHC en su óptimo funcionamiento. En el Departamento de Física hemos realizado varias investigaciones en astronomía de rayos gamma y física de astropartículas. La conexión natural entre la astronomía gamma con la astrofísica de neutrinos y ondas gravitacionales, fue evidenciada con la detección simultánea de evento GW170817 y el GRB170817A.

Desde el año 2012, hemos realizado estudios de los Gamma Ray Bursts (GRBs). Los GRBs son las explosiones más energéticas en el Universo luego del Big Bang. Las observaciones de estos eventos transitorios de radiación gamma son de libre distribución, se han utilizado catálogos de los observatorios Swift y Fermi para realizar estudios estadísticos de la distribución de duración temporal de estos eventos. De igual manera, hemos realizado un estudio del ambiente galáctico de las galaxias anfitrionas de los GRBs.

La radiación gamma es una componente esencial de los rayos cósmicos o astropartículas. Para incursionar en la parte experimental de la física de astropartículas, en el Departamento de Física hemos formado un grupo de profesores y alumnos para participar en la colaboración **LAGO** (*Latin American Giant Observatory*). El Proyecto **LAGO** es una iniciativa Latinoamericana que reúne a 9 países para formar una red académica en astropartículas. El grupo **LAGO** de la EPN está formado por profesores y estudiantes de las facultades de Electrónica y Ciencias. Empezando con las simulaciones de trayectorias de astropartículas en el Universo a través del software GALPROP, las simulaciones de lluvias atmosféricas extendidas en CORSIKA, y el cálculo de respuestas de detectores en GEANT4, en el departamento estamos incursionando en el potencial de investigación que ofrece la física de astropartículas computacional. Por otro lado, también construimos detectores de astropartículas basados en fotomultiplicadores. En los últimos 5 años se han presentado 9 proyectos de titulación en las carreras de Física y Electrónica, una tesis de maestría en Física y 5 proyectos de investigación.

Finalmente, las actividades de vinculación con la comunidad iniciaron en el año 2012 en coordinación con las división de educación de la Unión Astronómica

Internacional y la *Network for Astronomy School Education*. Los miembros de grupo de investigación en astropartículas y astrofísica de altas energías trabajamos en la divulgación de la ciencia a través de capacitaciones que actualmente son coordinadas con el Ministerio de Educación.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

La geografía de la cordillera de los Andes, con alturas superiores a los 4000 m.s.n.m y atmósferas bajas, ofrece condiciones atractivas para la instalación de observatorios de altas energías. La iniciativa de fortalecer el estudio de altas energías en América del Sur, empezó a tomar fuerza en el *III Astroparticle Physics Workshop: The Future in South America (2014)*. Latinoamérica concentra el 80 por ciento de los observatorios mundiales. **Pierre Auger**, el observatorio más grande del mundo con un área de 3000 km cuadrados está ubicado en Malargüe, Argentina. El Observatorio **HAWC** (*High Altitude Water Cherenkov*) es el observatorio de rayos gamma más grande y alto del mundo, de igual manera el *Cherenkov Telescope Array (CTA)* será parte de la nueva generación de observatorios de alta energía en Chile. La forma tradicional de observar el Universo desde un telescopio a observaciones en multifrecuencia está cambiando la tecnología y permitiendo un mayor entendimiento del Universo. El grupo de Astropartículas y Astrofísica de altas energías de la EPN, se une a estas iniciativas mundiales y, como primer acercamiento, la EPN fue sede de la VII Escuela de Rayos Cósmicos y Astrofísica. Se espera que en el workshop: *Toward the creation of a large-area Andean Laboratory for cosmic-ray studies in the Southern Hemisphere* (México 2018), se materialicen proyectos como **HAWC SUR, LATTES, ANDES** y **ALPACA**, y el objetivo que nos hemos planteado es participar en alguno de estos proyectos de índole internacional.

En el Ecuador, el Instituto Espacial Ecuatoriano ha sido un importante receptor de graduados de la carrera de Física donde su conocimiento en estos temas es apreciado. Al menos 5 de nuestros estudiantes han colaborado en esta institución. De igual manera, en colaboración con 5 universidades nacionales, hemos creado la Red Ecuatoriana en Investigación de Astropartículas, Rayos Cósmicos y Clima Espacial.

En conclusión, el grupo de astropartículas y rayos cósmicos del Departamento de Física busca un desarrollo en función de las oportunidades regionales y nacionales. Uno de los principales ejes de desarrollo es el trabajo en colaboración tanto nacional como extranjera; la presencia de nuestros graduados en colaboraciones como ICE CUBE y CTA son el inicio de nuevas colaboraciones que permitirán un desarrollo científico de la ciencia en el Ecuador. Para fortalecer el desarrollo de estas líneas de investigación y permitir el crecimiento profesional de estudiantes, esperamos trabajar en conjunto con el resto de profesionales.

LA UTILIDAD PRÁCTICA DEL ESTUDIO TOPÓGICO DE LAS REDES COMPLEJAS

Ramon Xulvi-Brunet

Departamento de Física, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253,
170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador
ramon.xulvi@epn.edu.ec

Las redes complejas se han convertido en una rama de la investigación moderna con aplicaciones a muchas áreas del conocimiento. Tantas son las aplicaciones de las redes complejas que éstas empiezan a ser vistas como una herramienta básica de la investigación actual. Esta pequeña charla trata del estudio moderno de la topología de las redes complejas, y de como la topología determina, no sólo la estructura de la red, sino también la dinámica de los procesos que puedan estar ocurriendo en la red.

Medidas topológicas básicas son el “average shortest path length”, el “clustering coefficient” y el “degree distribution”. Estas medidas topológicas nos permiten hacernos una idea de cuál es la estructura de la red. Por ejemplo, un “clustering coefficient” alto nos da la idea que la red puede ser *densa*, un “average shortest path Length” bajo nos indica que, en promedio, la distancia entre dos nodos cualquiera de la red es pequeña, y dos “degree distributions” diferentes, digamos una binomial y otra “scale-free”, nos dice que el número de conexiones puede ser similar para todos los nodos o puede ser muy diferente.

También hay procesos dinámicos, cuya naturaleza en sí no se relaciona en modo alguno con las redes, pero que cuando estos procesos tienen lugar sobre una estructura de red, las propiedades dinámicas del proceso cambian y empiezan a depender de la topología de la red subyacente. Como ejemplo podemos hablar de la transmisión de infecciones entre humanos. En una sociedad, no todas las personas se relacionan con todas, sino que algunas personas se relacionan con algunas otras. La estructura de esas conexiones es una red, y dependiendo de las características sociales del grupo se tiene un tipo de estructura de red u otra. La transmisión de infecciones en el grupo social depende, no sólo de la dinámica del proceso infeccioso, sino también de la estructura social del grupo. El estudio de la interrelación entre el proceso dinámico y la estructura de red subyacente resulta pues clave para el entendimiento adecuado de estos procesos.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

En mi caso particular, mi perspectiva inmediata es empezar a aplicar todo lo que he aprendido en el campo de los sistemas complejos al estudio de sistemas que usualmente han sido analizados en campos diversos del conocimiento. Estoy interesado en el estudio de sistemas en áreas tan distantes como la física estadística, mecánica clásica y cuántica, relatividad y cosmología, macroeconomía, biología de sistemas, geofísica y organización social.

Ahora mismo estoy en proyectos de investigación cuyo objetivo es el desarrollo teórico de modelos y algoritmos para el estudio del modelo de Ising sobre estructuras de red cualesquiera, el estudio de los materiales ferroeléctricos relaxores, el desarrollo de nuevas medidas topológicas que permitan una caracterización más completa de las redes complejas, el desarrollo de nuevos algoritmos de decisión estocástica basados en las propiedades de los sistemas que se autoorganizan críticamente, el desarrollo de métodos computacionales para la caracterización de conformaciones biomoleculares, el estudio de los movimientos sísmicos, el estudio de la segregación urbana en ciudades ecuatorianas, y el análisis de sistemas macroeconómicos utilizando técnicas de sistemas autoorganizados críticamente.

**DEPARTAMENTO DE
MATEMÁTICA**

CONSTRUCCIÓN DE MODELOS SOBRE ESTADÍSTICAS MÉDICAS

Carlos Almeida¹, Paúl Medina²

¹Departamento de Matemática, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador. ²Departamento de Ciencias Exactas – Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, Quito, Ecuador.
carlos.almeidar@epn.edu.ec, plmedina@espe.edu.ec

La generación de datos poco o no estructurados en las historias clínicas hace suponer que esa gran cantidad de información es poco utilizada para la comprensión global de la salud. El acceso a bases de datos de este tipo es interesante y demanda una organización adecuada del tratamiento de esta información; por un lado, la estructuración de los datos en vista a ser utilizada en la construcción de modelos, y por otro lado, la construcción misma de modelos o comparaciones que permitan a los involucrados en el sistema de salud verificar o rechazar algunas intuiciones que están presentes, pero de forma muy subjetiva.

A partir del acceso a datos proporcionados que recogen la información de exámenes ocupacionales de alrededor de 15000 pacientes, este proyecto tiene inicialmente dos etapas:

1. Estructuración de la información:

Los datos recogidos no están listos para su análisis, probablemente se necesite algún protocolo de validación de la información, se deba corregir algunos datos y se generen recomendaciones para el control de ingreso de los datos y su verificación. En esta etapa se buscará preservar la mayor cantidad de información posible y se espera que los proveedores de datos corrijan la información hasta donde sea posible. Los resultados en investigación de esta etapa serían: la comprensión de algunas prácticas usuales en el almacenamiento de información en historias clínicas, y algoritmos o políticas de estructuración de la información en este caso. Además, se evaluaría la necesidad de construcción de modelos de imputación para completar la información de datos perdidos hasta cierto punto.

2. Construcción de perfiles por sector económico:

Una de las intuiciones presentes en los involucrados en el campo de la salud es que los perfiles de salud de los empleados no son iguales en todas las empresas, sino que en cierta medida depende de la actividad económica. Una explicación plausible es que la actividad física, o hábitos de alimentación de los empleados, estaría fuertemente relacionada a la actividad económica, con las inmediatas consecuencias en la salud.

El objetivo en esta etapa sería utilizar la información organizada en la etapa 1 para desarrollar algunas comparaciones de perfiles de salud por actividades económicas. El carácter multidimensional que se intuye que puede usarse para los perfiles de salud, hace suponer que sería necesario desarrollar técnicas de comparación no paramétricas posiblemente adaptadas a esta situación.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Este proyecto nos permitirá tener las ideas más claras de la organización de la información y una aproximación a la modelación de este tipo de datos; sin embargo, las aplicaciones a mediano plazo involucran evaluación de riesgos, caracterización por poblaciones, lo que potencialmente podría utilizarse para el establecimiento de costes y primas de seguros en medicina ocupacional.

De disponer de accesos a otras bases de datos estructuradas o poco estructuradas del sistema de salud, podría adaptarse las metodologías desarrolladas para modelar y verificar la validez o no de las intuiciones que se tienen de parte de los involucrados en el sistema. Se podría pensar en comparaciones de sistemas privados con el sistema público o con el de sistema de la seguridad social, si la información fuera disponible.

La posibilidad de estructuración de las historias clínicas provenientes de diferentes fuentes resulta interesante, sin embargo, se cree que esto debe tomar un poco más de tiempo porque se necesita acumular conocimiento de los diferentes fuentes de información para poder organizarla de forma adecuada para la modelación, el análisis y la comparación.

INVESTIGACIÓN POR MUESTREO, GEOESTADÍSTICA, SIMULACIÓN, PLANES DE SEGUROS, MODELOS ECONOMETRICOS, Y ENSEÑANZA DE LA MATEMÁTICA; APLICACIONES EN EL CONTEXTO DEL ECUADOR.

Alejandro Araujo

Departamento de Matemática, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.

alejandrosaraujo@epn.edu.ec

Un primer trabajo que abordé fue resolver un problema a nivel nacional, que me parece se denominó “El teléfono ladrón”. Se debía estimar los consumos telefónicos de muchos meses, pues no existían los datos, se habían borrado, en definitiva la base se había dañado o desaparecido; en resumen, resolvimos el problema.

Posteriormente también incursioné en la Matemática Actuarial, al realizar diseños de planes de pensión, cálculo de reservas para la jubilación patronal y el desahucio, y modelos de riesgo individual y colectivo, a corto y largo plazo, con base en la simulación de escenarios.

Al formar parte del Proyecto de Servicio de Información y Censo Agropecuario, P-SICA, ejecutado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), pude aplicar la investigación por muestro, y aprender el método del muestreo por áreas geográficas, y de manera particular utilizando fotografías aéreas y mapas del Instituto Geográfico Militar (IGM).

Posteriormente con personal de este Instituto y de la Escuela Politécnica del Ejército (ESPE) me interesé en los métodos de la Estadística Geográfica, especialmente el de predicción de Kriging, uso de variogramas y semivariogramas, aplicados a la clasificación agrológica de suelos, considerando características físicas del suelo como: tipo de drenaje, textura, profundidad, materia orgánica, rocosidad, graviliosidad y pedregosidad, para posteriormente determinar propiedades físicas y químicas. Para la predicción geoestadística de Kriging se utilizó el software Variowin 2.21®, y finalmente, mediante un álgebra de mapas, obtener la clasificación agrológica utilizando el software ArcGis 9.3®. Estos métodos se aplicaron también par determinar un modelo de predicción espacial de la variable ondulación geoidal para la zona urbana del cantón Quito, a través de un variograma omnidireccional bajo el supuesto de isotropía, y la predicción espacial, utilizando el predictor de Kriging ordinario. El modelo obtenido se lo representa a través de un mapa de predicción. Finalmente, el modelo geoestadístico, se lo compara con los modelos globales EGM96, EGM08 y el modelo local “Neuronal para la predicción de la altura geoidal local en el Ecuador”, que actualmente se utilizan.

Al trabajar como consultor y asesor, en el área de Matemáticas, del Proyecto de Educación Básica, EB-PRODEC, ejecutado por el Ministerio de Educación y Cultura (MEC), me interesé en el proceso de Enseñanza Aprendizaje de la Matemática en su nivel básico, y posteriormente en los procesos cognitivos que caracterizan el razonamiento configural; es decir, la coordinación entre visualización, análisis, reflexión, inferencias y en general procesos de razonamiento que se desarrollan en la construcción e interpretación de gráficos estadísticos.

Al realizar el análisis de los datos multivariante sobre el uso del suelo en los tres censos agropecuarios, desarrollé un nuevo método de análisis que lo denominé Análisis Policromático (APC) que se basa en los resultados del Análisis en Componentes Principales (ACP), que fundamentalmente asocia a cada individuo del análisis,

preferentemente un elemento geográfico, un color que es combinación lineal de los colores básicos: rojo, verde y azul (RGB), de modo que es fácil determinar qué individuos se parecen entre sí, que hacerlo mediante puntos del plano principal, especialmente cuando se tienen muchos individuos.

También ha sido de mi interés estudios y análisis econométricos, para encontrar las características determinantes de un específico tema de interés, así como también la construcción de índices; por ejemplo, en el trabajo que presenté en el cuarto Encuentro de Economía denominado Índice de Contaminación Ambiental Debido a la Actividad Petrolera en el Ecuador, en el que se propone un índice, mediante la utilización del Análisis de Componentes Principales (ACP) y el Análisis Policromático de Datos (APC), que ayuda a determinar las parroquias con mayor contaminación ambiental, incorporando la representación geográfica de los resultados obtenidos, sobre un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS por sus siglas en inglés), ofreciendo una mejor interpretación de las componentes que explican las variables de contaminación.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Cómo podría saber, el futuro implica incertidumbre, además es relativamente corto frente a lo ya vivido y realizado; sin embargo, puedo afirmar que la investigación, y el trabajo profesional, en el resto de mi vida, seguirán muy probablemente una de las áreas mencionadas anteriormente. ¿Cuál? Posiblemente la que ofrezca ocasiones de desarrollo académico y profesional. Se perfila por ejemplo realizar la evaluación actuarial de todos los seguros que brinda el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS); y por supuesto realizar estudios econométricos, análisis de datos estadísticos, especialmente de tipo geográfico, y por supuesto examinar los procesos que involucran la enseñanza y el aprendizaje de la matemática, para proponer recomendaciones que mejoren los sistemas relacionados con estos temas.

INTERVENCIÓN SOBRE EL ABUSO SEXUAL INFANTIL (ASI) EN EL ECUADOR

Holger Benalcázar Paladines

Departamento de Matemática, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.
holger.benalcazar@epn.edu.ec

El abuso sexual infantil (ASI) es la manifestación de una relación de poder y subordinación, en la que el abusador tiene poder físico, relacional o emocional sobre el abusado y lo ejerce. El ASI es una lacra social transversal a todas las culturas, clases sociales y económicas.

El espectro de las agresiones del ASI es amplio: caricias ambiguas; exhibicionismo; proposiciones verbales explícitas; manosear al niño en sus genitales, zona anal y/o pechos, o que el niño toque al adulto; contacto oral-genital del niño al adulto, o viceversa; contacto genital por el adulto sin penetración; penetración vaginal y/o anal con dedo/s y/u objetos; coito vaginal y/o anal; pornografía infantil; turismo sexual infantil o prostitución infantil; agresiones que dejan secuelas dolorosas en las víctimas.

Una encuesta realizada por Defensa de los Niños Internacional a adolescentes colegiales de 16 y 17 años a nivel nacional, en el 2009, reportó que el 21.4% ha sido afectado por abuso sexual. Proyectando esta información con los datos del INEC, para el año 2016, aproximadamente 1'344.360 niños habrían sufrido algún tipo de abuso sexual, donde el término niño se refiere a niños y niñas de 0 a 18 años.

En esta ponencia muestro la necesidad de crear métodos y procesos direccionados a la intervención sobre el ASI, en cualquiera de sus facetas: prevalencia, prevención, detección, verificación o tratamiento; dicha intervención debe realizarse bajo un enfoque sistémico e interdisciplinario que considere los aportes e interacciones de la Psicología, Salud Pública, Educación, Justicia, Policía, Gobierno, Medios de Comunicación, Informática, Estadística y Gestión de Procesos. Además de un mismo enfoque, es conveniente compartir las mismas directrices, donde la principal sea no revictimizar al niño abusado; así como, compartir la misma concepción de estrategias y procesos.

Además, haré una breve referencia de como técnicas estadísticas, tales como: muestreo, análisis multivariantes, pruebas psicométricas, diseños experimentales, viñetas para encuestas factoriales, meta-análisis y modelos de riesgo, son un importante apoyo para intervenir en cualquiera de las facetas del ASI.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Las posibilidades de aplicaciones estadísticas y de gestión de procesos en la intervención sobre el ASI son numerosas, enlisto algunos grupos de ellas:

- Validación o creación de baterías de pruebas psicométricas para aplicarlas en las facetas del ASI.
- Aplicaciones del meta-análisis para consolidar resultados.
- Creación y evaluación de programas de prevención del ASI.
- Creación de programas de "Educación del espectador" para la prevención del ASI
- Validación o creación de baterías de pruebas proyectivas para la detección o verificación del ASI.
- Modelos para estimar el riesgo de sufrir ASI.
- Validación de protocolos forenses.
- Validación de las mejores prácticas de tratamiento de las víctimas de ASI y de otros actores involucrados.

ECUACIONES SEMILINEALES ELÍPTICAS: ANTECEDENTES Y PERSPECTIVAS

Marco Calahorrano Recalde

Departamento de Matemática, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.

marco.calahorrano@epn.edu.ec

En la conferencia se presentarán algunas de las aplicaciones que han motivado el estudio de las ecuaciones semilineales elípticas. Se hablará también sobre ciertas técnicas que permiten dar respuesta a los cuestionamientos surgidos alrededor de esta problemática. Terminaremos mostrando futuros problemas relacionados y hacia dónde será encaminada nuestra investigación posterior.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Las ecuaciones diferenciales parciales constituyen un campo amplísimo de la matemática y, en consecuencia, la posibilidad de obtener resultados importantes obliga a un estudio en profundidad de las diferentes técnicas encontradas para enfrentar estos problemas.

En particular, nos hemos dedicado al estudio de las ecuaciones semilineales elípticas y de ciertos problemas cuasilineales donde los métodos de la teoría de puntos críticos son particularmente eficaces. Actualmente estamos iniciando el estudio de problemas ligados al operador bi-laplaciano con no linealidades discontinuas. Problemas del tipo anterior parecen no haber sido estudiados en la literatura y por ende permitirán obtener resultados que serán nuevos y, en consecuencia, publicables en revistas de alto impacto. También hay que considerar que las posibles aplicaciones son importantes, pues estos tipos de cuestionamientos tienen relación con el estudio del diseño de puentes en suspensión.

ESTUDIO DE LA CAUSALIDAD POR FRECUENCIA PARA SERIES FUERTEMENTE ESTACIONALES

Alexandra M. Espinosa¹, Ignacio Díaz-Emparanza², Luís Horna¹

¹Departamento de Matemática, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador, ²Departamento de Econometría y Estadística, Universidad del País Vasco
alexandra.miranda@epn.edu.ec, ignacio.diaz-emparanza@ehu.eus,
luis.horna@epn.edu.ec

La noción de causalidad empírica como habilidad predictiva tiene una larga historia en la ciencia y fue formalizada por Granger (1969). Se hizo muy popular debido a la simplicidad de implementación en modelos dinámicos lineales, donde una prueba para no-Granger-causalidad es equivalente a una prueba de exclusión conjunta de términos retardados de la variable. La generalización de este concepto es introducida por Geweke (1982), para efectos causales que pueden variar entre diferentes ciclos de las series temporales, donde cada componente cíclico corresponde a una cierta frecuencia de oscilación.

Breitung y Candelon (2006) señalan que en una autorregresión vectorial (VAR), la hipótesis nula de no causalidad en una frecuencia preespecificada es equivalente a dos restricciones lineales que se pueden probar con un contraste estándar Wald. Dado un modelo (VAR) de orden p , Breitung y Candelon (2006) demuestran que la hipótesis de no causalidad de Granger en la frecuencia ω puede ser contrastada como dos restricciones lineales a los parámetros β .

Breitung y Schreiber (2017) mejoran el análisis causal en el dominio de la frecuencia, proponiendo un estimador simple del desplazamiento de fase introducido por el filtro autorregresivo. Esto permite evaluar el intervalo de tiempo entre la señal de entrada y la respuesta en alguna frecuencia preespecificada o banda de frecuencia. Es decir, en muchas aplicaciones es razonable suponer que la frecuencia exacta para la cual x_t no causa y_t es desconocida, pero se supone que la frecuencia pertenece a intervalo preespecificado $\omega \in [\omega_l, \omega_u]$. Así, se realiza un contraste de hipótesis de que existe $\omega \in [\omega_l, \omega_u]$ tal que $|\beta(e^{-i\omega})| = 0$, usando la secuencia de las estadísticas Wald/LR/LM para la cuadrícula $\omega \in \Omega^\delta = \{\omega_l, \omega_l + \delta, \omega_l + 2\delta, \omega_l + 3\delta, \dots\}$, donde δ denota el incremento de frecuencia. El contraste además puede ser aplicado a series cointegradas siempre que se excluya del intervalo de contraste las frecuencias 0 y π .

La cuestión que Breitung y Candelon (2006) y Breitung y Schreiber (2017) no tratan es la causalidad en frecuencias para series con periodicidad conocida, como por ejemplo, datos de tipo estacional mensuales, donde dado $\omega = 2\pi/T$ se cumple que $T = s/12$, de modo que $T = 1, 2, \dots, 12$. Bajo este tipo de periodicidad, es posible encontrar raíces unitarias en frecuencias distintas de 0, y se debe mostrar si los contrastes BS y BC tienen buenas propiedades.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Aplicación a diferentes modelos en los que se desconoce si existe causalidad en frecuencia diferente de cero (cointegración). Conocer las propiedades del test para series con periodicidad para varias frecuencias con series fuertemente estacionales.

“THE STATISTICAL PROPERTIES OF THE THRESHOLD MODEL AND THE FEEDBACK LEADERSHIP CONDITION”

Alexandra M. Espinosa, Luís Horna

Departamento de Matemática, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.
alexandra.miranda@epn.edu.ec, luis.horna@epn.edu.ec,

Este trabajo analiza las propiedades estadísticas del modelo de umbral, bajo el supuesto que la tasa de participación en una actividad es una función creciente de la voluntad de participar. En tal caso, la participación colectiva se puede modelar como un esquema de Pólya, y la secuencia de tasas de participación converge casi seguro a una variable aleatoria Z que tiene una distribución beta. Además, bajo la condición de liderazgo de retroalimentación, el proceso es intercambiable para algún t , lo que garantiza que el proceso no depende del comportamiento individual, a pesar de la interacción social entre las acciones. Aplicamos estos resultados para caracterizar el proceso de adopción de maíz híbrido en Iowa entre 1926-1946, en ejemplo clásico de aplicación de este modelo. Esta investigación fue apoyada por la Escuela Politécnica Nacional en Ecuador PII-DM-05-2017 y PIS-16-18.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Generalización del modelo de masa crítica con liderazgo de retroalimentación a varios colectivos cuya distribución conjunta converge a una Dirichelet, donde queda por determinar la distribución del punto de equilibrio. Aplicación a cuestiones de mayor interés como seguridad nacional para el control de eventos y disturbios.

NUEVAS APORTACIONES DEL ANÁLISIS DE DATOS FUNCIONALES EN EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS. INDUSTRIA 4.0 Y METROLOGIA 4.0

Miguel Flores

Departamento de Matemática, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.

miguel.flores@epn.edu.ec

En este trabajo se han desarrollado, modificado y aplicado metodologías estadísticas alternativas para la detección de anomalías y datos atípicos, específicamente adaptadas para los nuevos tipos de datos que el actual desarrollo de las ciencias de la computación y sensorización proporciona, como son los datos de alta dimensión y los datos de dimensión infinita (curvas). Por tanto, el carácter y la finalidad de este proyecto es fundamentalmente práctico, buscando mejorar el desempeño de técnicas estadísticas en aplicaciones relacionadas con la industria en la era digital o Industria 4.0, y en los estudios interlaboratorio, diseños de experimentos fundamentales para certificar laboratorios, nuevos procedimientos de medida o determinadas propiedades físicas o químicas de materiales y otras sustancias.

Con la finalidad de hacer fácilmente accesibles a los usuarios todas las herramientas desarrolladas en el presente proyecto, se ha hecho especial hincapié en programar herramientas computacionales mediante el software estadístico R, de fácil acceso y aplicación para los usuarios de la industria y academia. En particular, se han desarrollado dos librerías en R: la librería *quality control review* (**qcr**), enfocada en el desarrollo de gráficos de control y análisis de capacidad de procesos, y el paquete *interlaboratory study* (**ILS**), diseñado para la detección de laboratorios que proporcionan datos no consistentes (atípicos), en el ámbito de los estudios interlaboratorio, también llamados ILS.

En este proyecto, todas las metodologías, técnicas y programas propuestos han sido desarrollados para aportar posibles soluciones a problemas reales en la industria y en los laboratorios de análisis. Así, la combinación de técnicas de detección de atípicos con datos funcionales y el uso de gráficos de control de rangos, r , tienen su punto de partida en la necesidad de resolución de problemas de detección de anomalías relacionadas con el consumo eléctrico, confort térmico y calidad del aire en edificios comerciales y públicos. En particular, las empresas NERXUS, asesoría estadística en eficiencia energética, FRIDAMA, de instalaciones y control de clima, y Equus, de plataformas web y gestión de Big Data en edificios, contactaron con el autor para mostrar sus problemas y proporcionar datos y casos prácticos que ilustran su utilidad.

Por otro lado, existe el contacto con miembros de la *American Society for Testing and Materials* o *ASTM International* (organización de normas internacionales que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas ya sea para materiales, productos, sistemas o servicios), que transmitieron su interés por el desarrollo de nuevas metodologías de detección de laboratorios atípicos desde el contexto FDA (*Functional Data Analysis*), dada la naturaleza funcional de gran parte de los datos experimentales obtenidos actualmente mediante la nueva instrumentación (espectros, termogramas, etc.). Así, uno de los objetivos finales del desarrollo de estas aproximaciones FDA es su posible inclusión dentro de los estándares de la ASTM.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

El objetivo de los trabajos de investigación que componen la línea de investigación control de la calidad es, fundamentalmente, la propuesta de nuevas herramientas estadísticas, además de la modificación de técnicas existentes, para el control de la calidad de procesos en la industria, por un lado, y en los laboratorios de análisis químico, físico, médico y biológico, por otro.

Es importante destacar que los problemas que se tratan de resolver en esta área requieren el tratamiento de datos funcionales para su resolución, y que en primera instancia han sido aplicados a empresas españolas pero su aplicación en el contexto nacional sería directo. Estos son:

1. Detección de errores o anomalías en instalaciones de climatización y aire acondicionado (HAVAC), iluminación y ofimática en edificios comerciales (tiendas), de servicios (hospitales, bibliotecas) e industriales (fábricas).
2. Identificación de laboratorios que proporcionan resultados significativamente diferentes a los demás en el marco de un estudio interlaboratorio o ILS. Los ILS son estudios colaborativos mediante los cuales se evalúa una nueva técnica experimental, una nueva norma, la eficiencia de un laboratorio o propiedades de una determinada sustancia o material. Adicionalmente, en el contexto de otros estudios como el de eficiencia energética. El ILS además de usarse para interlaboratorio también puede ser usado para detectar sensores discrepantes.

A partir de la experiencia ganada en la aplicación de las metodologías desarrolladas, se realizara un acercamiento con el Ministerio de la Productividad e INEN para presentar una propuesta de implementación de técnicas de control de calidad, tanto en el sector industrial y de certificación que permita monitorear la calidad mediante el uso de metodologías que están en la vanguardia, y que permitirán a la industria ecuatoriana tener un sello de calidad internacional.

Además, dentro de este mismo objetivo práctico, se pretende hacer fácilmente accesibles a los usuarios todas las herramientas desarrolladas en esta línea de investigación. Con tal fin, se hace especial hincapié en programar herramientas computacionales mediante el software estadístico R, de fácil acceso y aplicación para los usuarios de la industria y academia. Hasta el momento, se han desarrollado dos librerías en R: la librería *quality control review* (qcr), enfocada en el desarrollo de gráficos de control y análisis de capacidad de procesos, y el paquete *interlaboratory study* (ILS), diseñado para la detección de laboratorios que proporcionan datos no consistentes (atípicos), en el ámbito de los estudios interlaboratorio. Actualmente se está desarrollando la librería *fda.qcr* que permite el tratamiento de datos funcionales en el contexto de los datos funcionales.

INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES AL SERVICIO DE LA SOCIEDAD

Sandra E. Gutiérrez Pombosa

Departamento de Matemática, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.

sandra.gutierrez@epn.edu.ec

La Investigación de Operaciones es una rama de la Matemática cuyas aplicaciones son transversales a muchos problemas del sector público y privado. Esta rama inició su despegue a partir de la planificación de operaciones militares en la segunda guerra mundial y, posteriormente, se utilizaron las técnicas desarrolladas durante esta época para asistir en la solución de problemas de la sociedad civil. Situaciones que aparecen en la administración de sistemas de salud, educación, transporte, telecomunicaciones, entre otros sectores estratégicos, pueden ser modeladas, simuladas y mejoradas sustancialmente para beneficio de la población en general y para administrar los recursos limitados eficientemente. Una ventaja del uso de las técnicas de Investigación de Operaciones es que se pueden conformar grupos multi e inter disciplinarios y, de manera general, se pueden plantear soluciones de interés para diferentes industrias.

En varios proyectos de investigación, financiados por la Escuela Politécnica Nacional, se han podido analizar, abordar y presentar soluciones para problemas que requieren herramientas para mejorar el manejo de recursos o soporte para la toma de decisiones.

En esta charla, presentaremos una corta y concisa síntesis de dichas aplicaciones, las cuales inician con un problema en el sistema hospitalario de atención a pacientes de consulta externa en un hospital, para el cual se aplicaron técnicas de simulación de eventos discretos, teoría de filas de espera y modelos de programación lineal y entera. Posteriormente, mencionaremos una sencilla pero práctica aplicación para determinar el comportamiento a largo plazo del nivel de hemoglobina glicosilada en un club de diabéticos de un centro de salud en la ciudad de Quito, el cual fue abordado con la técnica de Cadenas de Markov. A continuación se mencionarán resultados obtenidos en la asesoría nutricional para la alimentación de niños de 1 a 3 años, basándose en los lineamientos de alimentación establecidos para los infantes de los Centros Infantiles para el Buen Vivir y, finalmente, se hablará de un ambicioso y complejo problema que se ha abordado en los últimos dos años que integra la planificación logística de rutas vehiculares sincronizadas con rutas pedestres de encuestadores, para recolectar información para el cálculo del IPC en el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), sede Guayaquil.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Nuevas aplicaciones y peticiones de diferentes instituciones han ido sumándose en los últimos años. A veces, las tareas a realizar involucran a un grupo de colegas trabajando en un mismo problema debido a la dimensión e impacto de los problemas abordados. De igual manera, se ha tenido que recurrir a recursos sofisticados de cómputo, los cuales, gracias al apoyo del ModeMat y los equipos proporcionados por la EPN, han estado a nuestro alcance. El crecimiento como grupo de investigadores tiene una perspectiva sólida puesto que nuevas instituciones han acudido a nosotros para promover la colaboración activa.

Los retos futuros están en la utilización efectiva de los modelos y soluciones propuestas en las investigaciones, por parte de los beneficiarios de las mismas, debido a que muchas veces las instituciones que reciben asesoría cambian de directivos o no conocen de manera amplia cómo trabajar con los resultados entregados.

En cuanto a vinculación con la sociedad, actualmente se está trabajando en un proyecto de investigación inclusiva, en el cual se pretende analizar los impactos de los financiamientos recibidos desde el Programa de Pequeñas Donaciones (PPD) de las Naciones Unidas hacia fincas agroecológicas, principalmente sobre el capital social; es decir, estudiar si los financiamientos han promovido lazos de colaboración y participación de familias en las comunidades beneficiarias. Este último proyecto se ha nutrido de vínculos de colaboración entre la Corporación ECOPAR, la Universidad Politécnica de Madrid y la Escuela Politécnica Nacional, y ha recibido un apoyo de *National Geographic*, esta última ha proporcionado un pequeño fondo para apoyo a la investigación de los estudiantes de doctorado y de grado ligados al mismo.

PREDICCIÓN DE TABLAS DE MORTALIDAD DINÁMICAS Y RIESGO DE LONGEVIDAD EN ECUADOR

Luis Horna¹, Diego Huaraca²

¹Departamento de Matemática, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador. ²Departamento de Economía y Dirección de Empresas, Universidad de Alcalá, España
luis.horna@epn.edu.ec, diego.huaraca@edu.uah.es

En los últimos años la mejora del estilo de vida, los avances tecnológicos y médicos han hecho que la esperanza de vida de la sociedad aumente, motivo por el cual hablar de longevidad se ha vuelto un tema común a nivel nacional e internacional, pues existe una alta incertidumbre alrededor de la continua mejora que alcance en el futuro y sus consecuencias directas sobre la industria aseguradora y los sistemas de pensiones.

Si los pensionistas viven más años de lo esperado, el asegurador deberá pagar la pensión durante más tiempo y, por lo tanto, las cuantías de las primas deberían aumentar. Ahora, si consideramos que varias generaciones dentro de los sistemas de pensiones cotizan a un mismo tanto constante, con el mismo monto de dinero acumulado los nuevos pensionistas deberían obtener pensiones un poco más bajas de las que se ofrecen, con base a las tablas de mortalidad actuales. Si bien es cierto que ha corto plazo la disminución en los beneficios a los pensionistas es mínima, lo que se busca a largo plazo es garantizar la viabilidad del sistema.

Un factor relevante que debe involucrarse en el contexto tratado es la de las tablas de mortalidad que debería emplear el asegurador a efectos de tarificación y del cálculo de las reservas técnicas del seguro, pues éstas son el instrumento más utilizado para modelar la mortalidad asociada a un colectivo de la población.

Con todo lo mencionado hasta el momento, ya queda en evidencia que la mortalidad del ser humano es un proceso estocástico pues la longevidad no sólo ha mejorado, sino que lo ha hecho, hasta cierto punto de forma impredecible. En este trabajo, se propone ajustar los datos de mortalidad de la población ecuatoriana al modelo Lee Carter con el objetivo de predecir las tendencias futuras, así como contar con tablas de mortalidad dinámicas correctamente calibradas que velen por la solvencia de los sistemas de previsión, tanto públicos como privados.

MODELO DE CUENTAS NOCIONALES COMO INSTRUMENTO PARA MEJORAR EL SISTEMA DE PENSIONES ECUATORIANO

Luis Horna¹, Diego Huaraca²

¹Departamento de Matemática, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador. ²Departamento de Economía y Dirección de Empresas, Universidad de Alcalá, España
luis.horna@epn.edu.ec, diego.huaraca@edu.uah.es

El envejecimiento de la población es un proceso generalizado en el Ecuador y América Latina, esto impone el desafío y la obligación de desarrollar nuevas estrategias para intentar evitar la insolvencia financiera del sistema de pensiones en el largo plazo. Una de las propuestas implementadas en países desarrollados, tales como Suecia, Letonia, Italia y Polonia, es pasar a un modelo de Cuentas Nocionales (NDC), cuyo fin es entregar al pensionista una cuantía calculada en base a todo lo cotizado al sistema durante toda su vida laboral.

Una cuenta nocional es una cuenta virtual donde se registran las aportaciones individuales de cada cotizante y los rendimientos ficticios que dichas aportaciones generan a lo largo de la vida laboral. Los rendimientos se calculan de acuerdo con un índice macroeconómico, también llamado tanto nocional. Cuando el individuo se jubila, recibe una prestación que se deriva del fondo nocional acumulado, de la mortalidad específica de la cohorte que en ese año se jubila y del tanto nocional utilizado. De esta forma, el modelo nocional combina una financiación de reparto, con una fórmula de pensión que depende de las cuantías cotizadas y de sus rendimientos. Éste sistema es muy útil para minimizar el riesgo político asociado a los sistemas de reparto y aumentar la sostenibilidad financiera del sistema.

Nuestra propuesta de investigación es doble, por un lado, mostrar el desequilibrio actuarial del Sistema de Pensiones Ecuatoriano de acuerdo con su configuración actual, por otro, medir cuál es el riesgo económico agregado al que estaría expuesto el pensionista si se decide calcular la pensión de jubilación en base a cuentas nocionales. Para ello se propone utilizar un modelo de generación de escenarios multiperiférico, que proporciona un amplia gama de trayectorias de los índices macroeconómicos necesarios para calcular parámetros tales como la pensión inicial, la tasa de sustitución o el tanto interno de rendimiento y el valor en riesgo del pensionista.

DESCRIPCIÓN DE UN MODELO COMPUTACIONAL DE PERCEPCIÓN BAJO INFLUENCIA DE CONTEXTO

Francisco Lara

Departamento de Matemática, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.
francisco.lara@epn.edu.ec

El descubrimiento científico inevitablemente está influenciado por la percepción del mundo. Por otro lado, toda percepción esta influenciada por el contexto de la situación. Mi proyecto de investigación es una propuesta al mecanismo cognitivo del descubrimiento científico, tomando en cuenta la percepción. En la ponencia mostraré una simulación por computadora de una situación física que puede verse al menos de dos formas. Este proyecto fue iniciado en *Indiana University* como parte de mi programa de post doctorado.

La simulación que presentaré se trata de dos objetos puntuales que se mueven simétricamente el uno con respecto del otro en el espacio, siguiendo una trayectoria en forma de 'X.' Debido a la simetría, un observador determina un punto de encuentro entre los dos objetos, pero no le es posible saber si los objetos se cruzaron o colisionaron en la intersección de las trayectorias. Esto se debe a que no existe información de la naturaleza de los objetos, pudiendo ser ellos sólidos o gaseosos. Debido a la imposibilidad de romper la ambigüedad, el cerebro resuelve esta situación percibiendo una de las dos situaciones. Si se añaden ciertos contextos a la situación, se incrementa la probabilidad de que se perciba una de ellas.

Este efecto perceptual es creado por medio de una red neuronal que permite, en primer lugar, identificar los objetos y, en segundo lugar, es afectada por el contexto de la situación. El modelo computacional también necesita de una simulación de un laboratorio virtual que permite crear la situación. El observador es simulado por un agente cognitivo que es capaz de observar el mundo y encontrar relaciones entre objetos del mundo.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Esta investigación esta planificada en tres partes, cada una de las cuales tienen una publicación. Al momento solo la primera parte ha sido ya publicada. Esta primera parte contiene los pormenores de la situación descrita en esta ponencia. La referencia del documento completo es: Francisco Lara-Dammer, Douglas R. Hofstadter & Robert Goldstone. *A computer model of context- dependent perception in a very simple world. Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence. 29:6, 1247 – 1282.*

La segunda parte está en proceso de publicación, y se refiere al fenómeno de descubrimiento y elaboración de conjeturas humanas. La tercera parte consiste en la validación del modelo computacional por medio de experimentos con sujetos humanos. Esta parte será un proyecto de investigación, una vez que esté publicada la segunda parte.

Descubrimiento científico es un tema muy extenso que ha sido abordado desde diferentes ópticas desde hace varias décadas, tanto en Inteligencia Artificial como en Ciencias Cognitivas. Por ejemplo, a finales de los 70, Douglas Lenat creó el modelo matemático llamado AM (Automaton Mathematician), que consiste en simular los descubrimientos de conjeturas en Teoría de Números. A pesar del impacto de este modelo en el mundo científico, no estuvo libre de deficiencias cognitivas que fueron rápidamente criticadas y motivaron la creación de nuevos modelos que permitan explicar fenómenos cognitivos que se producen en la mente humana. Actualmente, existen varios investigadores que trabajan en este campo.

ALGUNOS RESULTADOS EN HOMOTOPÍA DE ESTRUCTURAS BINARIAS REFLEXIVAS

David Pazmiño

Departamento de Matemática, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador
david.pazmino@epn.edu.ec

Para estudiar la complejidad computacional de ciertos tipos de problemas, Larose y Tardiff desarrollan una teoría de homotopía para estructuras binarias reflexivas. Se presentan funtores de esta categoría a la de grupos que son los análogos a los grupos de homotopía de espacios topológicos. Por otro lado, usando los resultados y la teoría de homotopía para conjuntos parcialmente ordenados de McCord y Stong, Minian y Barmak presentan algoritmos de reducción de puntos en un conjunto parcialmente ordenado de modo que la homotopía de éstos se preserve. Se han logrado algunos avances respecto a la generalización de estos resultados a las estructuras binarias reflexivas, obteniendo modelos minimales de espacios topológicos por medio de digrafos. Adicionalmente, se ha obtenido una teoría de homotopía similar tanto para categorías pequeñas como para carcajes ligados, y se han estudiado parcialmente sus relaciones con las álgebras de caminos. Además, se han obtenido reducciones de grafos que preservan también la homología persistente para una filtración de complejos de clique obtenida a partir de sus potencias.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Puesto que la teoría de homotopía de Larose y Tardiff fue desarrollada para estudiar problemas de decisión a partir del cálculo de los grupos de homotopía de digrafos asociados a éstos, se podrá estudiarlos de forma más simple a partir de las reducciones que preservan homotopía; además, existen otros tipos de reducciones en posets que preservan homotopía débil, los cuales aún no han sido generalizados al caso de estructuras binarias reflexivas. Para el estudio de los análogos a espacios de recubrimiento en las estructuras binarias reflexivas, es necesario en algunos casos usar carcajes en lugar de digrafos. Este estudio podrá ser hecho de mejor manera usando la teoría de homotopías para categorías y carcajes ligados. Los resultados concernientes a la homología persistentes pueden ser adaptados para aplicaciones reales en el estudio de la conectividad de redes. Además, al obtener modelos de espacios topológicos a partir de digrafos y carcajes, es posible estudiar (parcialmente) ciertas preguntas abiertas en topología de baja dimensión (al momento se trabaja en la “Conjetura de Whitehead” para este tipo de estructuras).

Esta investigación incursiona en áreas de matemática “teórica” que históricamente no han sido desarrolladas dentro de la facultad.

OPTIMIZACIÓN EN EL SECTOR PÚBLICO

Fernanda Salazar

Departamento de Matemática, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.

fernanda.salazar@epn.edu.ec

La composición tan variada del sector público hace que sea un importante campo de acción para la aplicación de la optimización discreta, en donde diferentes modelos de optimización pueden ayudar a mejorar procesos internos de las instituciones públicas del país. En particular, abordaremos problemas específicos en las áreas de educación, salud y seguridad del Ecuador. Si bien a primera vista no podría identificarse un tema que relacione las áreas mencionadas, todas han presentado dos elementos en común: el deseo de mejorar un determinado proceso, reconociendo que éste no está funcionando de forma óptima, y un servidor público que confía en la Matemática para resolverlo.

Mostraremos resultados obtenidos al aplicar Modelos de Asignación Óptima en la asignación de cupos escolares en el Distrito Metropolitano de Quito, así como también una aplicación en salud que se está utilizando en el Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor, como una herramienta de apoyo en la asesoría nutricional que se brinda diariamente a decenas de adultos mayores; con base en un Modelo de Optimización de Costo Mínimo, esta herramienta genera automáticamente una dieta adecuada a las necesidades individuales de cada paciente cumpliendo con los requerimientos nutricionales establecidos y sirve de insumo para el médico nutricionista que realiza la asesoría. Luego, nos centraremos en un problema de seguridad que se encuentra en desarrollo, se trata de encontrar la asignación del personal policial en el territorio a nivel nacional; la solución de este problema tendrá un impacto directo en el bienestar de la población ecuatoriana debido a que se aplicará en la toma de decisiones de la Policía Nacional, y servirá también para identificar el déficit o superávit de policías a nivel zonal en el país.

Finalmente, se discutirán las ventajas y desventajas que se han encontrado al generar proyectos de vinculación e investigación en colaboración con instituciones del sector público.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Empezando con la investigación, la apuesta está sobre el proyecto que se lleva adelante con la Policía Nacional, una oportunidad que apareció de forma casual mas no planificada. Este proyecto está iniciando y tiene una vigencia de 2 años; los compromisos adquiridos son de alto nivel, lo cual nos obliga a realizar un trabajo impecable de modo que ellos puedan cumplirse. Siendo más específicos, tenemos la obligación de generar modelos que respondan a la realidad nacional y que puedan aplicarse directamente en campo en la Policía Nacional. Así, el marco de mi investigación para los siguientes 2 años está establecido claramente. No está por demás mencionar que para generar el ambiente apropiado para la investigación en términos de recursos, adquisiciones, etc., es necesario seguir los procesos definidos en la EPN, mismos que esperamos sean ágiles y permitan el normal desarrollo del proyecto.

En cuanto a la vinculación con la sociedad, considero que la experiencia en este tipo de proyectos ha sido fructífera, lo que me lleva al deseo de incluir estas actividades en mi planificación de trabajo; sin embargo, no será en un futuro cercano debido a que el tiempo está comprometido en el proyecto de investigación ya mencionado. Es importante resaltar que en la EPN existe la opción de realizar vinculación e investigación dentro de un mismo proyecto, y que actualmente existen oportunidades para continuar la colaboración con las instituciones que se ha trabajado anteriormente. Así, es posible seguir con la capacitación en Microemprendimiento orientada a grupos vulnerables y necesitados de la sociedad, y también puede mantener la relación con el Hospital de Atención Integral del Adulto Mayor, en donde se han planteado algunos problemas que podrían resolverse con apoyo estudiantil, como es la característica de estos proyectos.

“INFINITE PRODUCTS OF RESOLVENTS OF M--COACCRETIVE OPERATORS”

Simeon Reich, Zuly Salinas

Departamento de Matemática, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.

zuly.salinas@epn.edu.ec

A finales de 1930, John von Neumann presenta un resultado que en la actualidad es conocido como el problema de factibilidad convexa, y que en las últimas décadas a ganado gran importancia. En su artículo “*On rings of operators. Reduction Theory*”, von Neumann demuestra que dados dos operadores de proyección ortogonal P_1 y P_2 de un espacio de Hilbert H sobre dos subespacios cerrados C_1 y C_2 respectivamente, para cualquier x en H , se tiene que:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (P_2 P_1)^n x = Px$$

donde P es el operador de proyección ortogonal sobre la intersección de C_1 y C_2 . De esta manera, obtenemos un algoritmo que nos permite, a partir de cualquier punto en el espacio, obtener un punto en la intersección de los subespacios C_1 y C_2 .

En esta ponencia, presentaremos el problema de factibilidad convexa en el ámbito de resolventes de operadores m --coaccretivos en la bola de Hilbert, extendiendo este resultado a aproximaciones discontinuas de dichas resolventes.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

La importancia del problema de factibilidad convexa se refleja en el uso de esta técnica en la resolución de desigualdades variacionales y problemas de minimización, que a su vez, se aplican en la Teoría de Ecuaciones Diferenciales Parciales. Además, la utilidad de este problema ha trascendido el área de las Matemáticas, encontrando aplicaciones en la reconstrucción de imágenes de tomografía computarizada de protones y en radioterapia de intensidad modulada. El desarrollo teórico del problema conllevará beneficios en las aplicaciones que actualmente tiene, y seguramente pueda adaptarse para resolver otro tipo de problemas.

MODELOS DE OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS DE CLASE

Luis Miguel Torres, Ramiro Torres,

Departamento de Matemática / Centro de Modelización Matemática ModeMat. Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.

luis.torres@epn.edu.ec, ramiro.torres@epn.edu.ec

La planificación de horarios de clase consiste en determinar horas, días de la semana y aulas para cada una de las actividades de docencia previstas por una unidad académica. Se trata de una tarea compleja, que debe considerar restricciones diversas como disponibilidad de profesores, cruces de horario, disponibilidad de infraestructura física, existencia de horas huecas, entre otras. Como consecuencia, la construcción manual de horarios de clase es una actividad que suele consumir bastante tiempo y presenta un alto riesgo de incurrir en errores.

El desarrollo de modelos para la planificación automatizada de horarios es un campo de investigación que ha registrado intensa actividad durante las últimas cuatro décadas. Numerosos modelos han sido propuestos para distintas variantes del problema, las cuales generalmente son clasificadas en tres categorías: planificación de horarios para colegios, planificación de horarios para universidades y planificación de horarios de exámenes. De manera similar, se han desarrollado diversos esquemas de solución, basados tanto en técnicas de Inteligencia Artificial (algoritmos genéticos y evolutivos, búsqueda tabú, redes neuronales, algoritmos híbridos, entre otros), así como en métodos de optimización matemática, específicamente en algoritmos basados en la programación lineal y entera, y en el coloramiento de grafos.

En el marco del proyecto de investigación semilla PIS-12-49 se propusieron modelos de programación entera para la construcción de horarios de clase ajustados a las condiciones particulares de la Escuela Politécnica Nacional. Las heurísticas de solución propuestas fueron aplicadas con éxito a conjuntos de datos obtenidos de la Facultad de Ciencias correspondientes a la planificación académica de los semestres 2013-A y 2014-B. Posteriormente, en el período 2014-2015, el Centro de Modelización Matemática, a petición del Rectorado de la EPN, llevó adelante un proyecto para implementar los sistemas de información requeridos para facilitar el uso del modelo de optimización a nivel de toda la institución. Desde el año 2017, se encuentra en ejecución el proyecto de investigación PIJ-16-06 que persigue el desarrollo de nuevos algoritmos de solución basados en técnicas de planos cortantes, y en la programación en paralelo para hacer frente a las instancias que han resultado computacionalmente más difíciles en la práctica. El sistema está siendo probado con datos de la Facultad de Ingeniería Química correspondientes al semestre 2017-B.

Presentaremos en esta charla el modelo y el sistema desarrollados para abordar el problema, así como algunas técnicas de solución y las experiencias obtenidas de la aplicación del mismo. También describiremos el trabajo actualmente en curso y las perspectivas de continuación del mismo en el futuro.

MÉTODOS EXACTOS PARA UN PROBLEMA DE PARTICIONAMIENTO GENERAL DE GRAFOS

Diego Recalde, Ramiro Torres, Polo Vaca

Departamento de Matemática, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara E11-253, 170109 Quito, Ecuador

diego.recalde@epn.edu.ec, ramiro.torres@epn.edu.ec, polo.vaca@epn.edu.ec

En la recolección de la información para el cálculo del índice de precios al consumidor, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos usa un cierto número de encuestadores que deben visitar locales comerciales ubicados en zonas urbanas y registrar el precio de ciertos productos de la canasta básica. Se requiere que la carga de trabajo asignada a los encuestadores diariamente sea equilibrada y se cumpla ciertas restricciones laborales (tiempo máximo de trabajo, desplazamientos mínimos y máximos, entre otros). El objetivo consiste en particionar el número total de locales comerciales visitados mensualmente en un número fijo de grupos, tal que cada grupo disponga de un número determinado de locales y el tiempo de recolección de la información de dicho grupo se encuentre acotado superior e inferiormente, y el desplazamiento entre locales sea minimizado. Así, asociando la posición de los locales con nodos de un grafo, la distancia entre locales con costos de las aristas, y el tiempo de recolección de la información de los locales como pesos de los nodos, el problema puede ser modelado como un problema de particionamiento de grafos.

El problema de particionamiento es un problema fundamental en Optimización Combinatoria y consiste en dividir un conjunto de puntos en varias partes. Muchas versiones de dicho problema han sido reportadas en la literatura, dependiendo del número de partes, tipos de peso sobre las conexiones entre puntos, o la exigencia de ciertas características específicas sobre cada una de las partes. Usualmente, el objetivo de estos problemas se enfoca en minimizar la conectividad interna o maximizar la conectividad externa. El presente proyecto pretende modelar la recolección de información para el cálculo del índice de precios al consumidor como un problema de Particionamiento General de Grafos presentado de la siguiente forma: Dado un grafo no dirigido con pesos sobre los nodos, costos sobre los arcos y un número entero k mayor igual a dos, la tarea consiste en fragmentar el conjunto de nodos en una colección de k subconjuntos disjuntos, tal que el peso de cada subconjunto respete cotas superiores e inferiores y el costo total de la partición sea minimizado.

El problema de Particionamiento General de Grafos abarca un conjunto de problemas combinatorios previamente estudiados, ya que al fijar algunos parámetros adecuadamente dichos problemas pueden ser obtenidos. Así por ejemplo, si los tamaños de los subconjuntos son iguales, entonces el problema se conoce como equiparticionamiento de grafos (k -way problem). Cuando el número de elementos entre distintos subconjuntos difiere máximo en un elemento, el problema conocido como particionamiento balanceado es revelado. Para el caso en el que se desee particionar el conjunto de nodos en exactamente dos subconjuntos, se define el problema conocido como de bisección de grafos o problema de equicorte (*equicut problem*) si se exige que el número de elementos en cada partición sean iguales. Para todo este conglomerado de problemas, métodos de solución exactos basados en modelos de programación lineal entera, métodos heurísticos

de solución, o usando programación semidifinida han sido presentados. Además, muchas aplicaciones en distintos campos han sido reportadas, tanto en el diseño de circuitos integrados (VLSI), computación con matrices dispersas, programación en paralelo, segmentación de imágenes, control de tráfico aéreo, etc.

El presente trabajo se enfoca en aportar nuevas formulaciones para el problema de particionamiento general de grafos usando programación lineal entera, analizar la estructura de los politopos asociados a dichas formulaciones y tratar de encontrar familias de desigualdades válidas o probar algunos resultados relacionados a facetas del politopo. Con dichos resultados se pretende construir un algoritmo *branch & bound* combinados con los resultados obtenidos en el estudio poliedral, es decir, proponer un algoritmo exacto tipo *branch & cut*.

ENERGÍA Y DESARROLLO ECONÓMICO

Adriana Uquillas Andrade

Departamento de Matemática, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.

adriana.uquillas@epn.edu.ec

En el mundo, gestores del sector de agua y energía enfrentan nuevos desafíos para atender las diversas demandas de usos debido a cambios de la variabilidad climática, crecimiento poblacional, evolución económica y cuestiones ambientales. Las previsiones de flujo son fundamentales para la planificación y gestión de los recursos hídricos. En el sector energético, la idea general es minimizar la producción térmica y el consumo de combustible siempre que haya disponibilidad hidroeléctrica en otros puntos del sistema pues, el agua es un recurso renovable y de bajo costo con relación a las centrales termoeléctricas.

El equilibrio entre el costo de operación y la confiabilidad se logra a través del costo del déficit de electricidad, que es el impacto económico asociado con la interrupción del suministro. El déficit de energía se debe a una deficiencia estructural de la disponibilidad de energía. Tiene impactos económicos y sociales mayores que las interrupciones de energía aisladas y, en el caso de la energía hidroeléctrica, este déficit es causado por la falta de energía almacenada en los embalses, debido a la ocurrencia de eventos hidrológicos críticos o fallas de inversión en la expansión para satisfacer la demanda de crecimiento. Un déficit de muy bajo costo puede llevar al uso excesivo de agua almacenada en los tanques con una mayor tasa de riesgo en el futuro. Además, un costo demasiado alto puede causar un uso deficitario excesivo de los recursos del sistema termoeléctrico con un alto costo de operación.

El desarrollo de una metodología para evaluar situaciones hidrológicas críticas es fundamental dado que la disponibilidad de agua afecta profundamente las condiciones de servicio del mercado de energía de consumo, principalmente en los países donde el sector de energía de predominio es el hidráulico. En esta línea de investigación interdisciplinaria participamos investigadores con experiencia en modelos estadísticos y probabilísticos y expertos en planificación energética, modelos de demanda, recursos y suministro de energía, regulación, control y políticas energéticas. El alcance mayor está destinado a obtener estimaciones más compatibles del costo marginal del déficit de energía y los caudales futuros en situaciones climáticas críticas con su riesgo asociado, ya que estos dos factores son clave en la definición de una política de operación más apropiada del sistema eléctrico.

El sistema eléctrico brasileño tiene la peculiaridad de que la mayor parte de su energía se genera utilizando fuentes renovables, principalmente por plantas hidroeléctricas. Además, debido a las dimensiones continentales de Brasil y la influencia de diferentes patrones climatológicos, existe la posibilidad de desarrollar una investigación profunda en la planificación de operación de plantas hidroeléctricas. Por esta razón, Brasil es un caso representativo de las dificultades para operar una matriz energética de base predominantemente renovable, y se ha convertido en el primer caso de estudio de esta investigación.

En el aspecto teórico, mediante modelos estadísticos se está intentando estimar la posibilidad de existencia de niveles extremadamente bajos de agua en centrales

hidroeléctricas; estos modelos incorporan acoplamientos temporales, espaciales y climáticos. Como ya se mencionó, la capacidad de predecir con precisión niveles extremadamente bajos de caudales y hacer advertencias tempranas de estos eventos es una herramienta importante para la operación de los sectores eléctricos con predominio de la energía hidráulica.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Los resultados de esta investigación son cruciales en una serie de aspectos relacionados con la variabilidad climática, como, por ejemplo, la producción de energía, la planificación agrícola, el tráfico aéreo, la industria de seguros, etc. De hecho, por un lado, esta investigación permite la aplicación de los conceptos de probabilidad y estadística al análisis de problemas reales y complejos como el tratamiento del clima. Por otro lado, modelos similares a los propuestos en esta investigación podrían desarrollarse en otras áreas como sismología, salud pública, economía agrícola, etc. Además, los modelos propuestos podrían ser replicados para cubrir grandes y complejos sistemas de generación de energía hidroeléctrica, distribuidos en grandes áreas, lo que llevaría a diseñar estrategias locales y regionales de oferta de energía.

Para la investigación que se está realizando contamos con el apoyo de expertos del grupo de investigación Paesdre de la Universidad de Sao Paulo, mismo que tiene la misión de investigar y evaluar los diferentes mecanismos de distribución de energía, sus efectos e impactos en el contexto económico, social y ambiental en el Brasil y en el mundo.

Esperamos obtener resultados innovadores en los aspectos teóricos y aplicados: Resultados teóricos, como el uso de *Extreme Value Theory* (EVT) en combinación con modelos de regresión no regulares que incorporan acoplamientos temporales, climáticos y ambientales. Por otro lado, se está trabajando con datos reales del sector energético de Brasil, lo que otorgará subsidio a una mejor gestión del agua y los recursos térmicos en la operación del sistema eléctrico brasileño. Además, se aprovechará la experiencia y el conocimiento del caso y el apoyo brasileños para replicar estos estudios al caso ecuatoriano en próximas investigaciones.

En general, se pretende realizar los pasos enumerados en secuencia:

1. Ajustar un modelo estadístico con el fin de evaluar los flujos de caudales futuros extremos usando el enfoque de Teoría del Valor Extremo.
2. Pronosticar la probabilidad de ocurrencia y la duración de niveles extremadamente bajos de flujo.
3. Establecer relaciones entre severidad y duración conduciendo a un diseño de estrategias locales y regionales de oferta energética.
4. Desarrollar un sistema de alerta temprana.
5. Desarrollar un modelo que explique la relación oferta/demanda en el mercado de energía eléctrica.
6. Estimar el costo marginal de déficit de energía desagregando en diferentes sectores socioeconómicos.

INVESTIGACIÓN DE RIESGO Y GESTIÓN DE CRÉDITO

Adriana Uquillas Andrade

Departamento de Matemática, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.

adriana.uquillas@epn.edu.ec

La línea de investigación aborda un análisis en profundidad del riesgo de crédito bancario en los mercados emergentes. La investigación se realiza sobre todos los aspectos del crédito, los intereses varían ampliamente en la economía del crédito, la calificación crediticia, la puntuación de los clientes y el modelado de riesgo de las pequeñas y grandes empresas. Los aspectos que se están estudiando en la actualidad son los siguientes:

1. Sobre la calificación de crédito: Aunque en el sector financiero existen modelos de riesgo de crédito en el momento de la originación del préstamo, los bancos en general, todavía no formalizan la utilización de modelos de riesgo de crédito para la cartera de los créditos concedidos. Estos modelos son los llamados modelos comportamentales y son uno de los requerimientos del Comité de Supervisión Bancaria de Basilea. Un primer abordaje se refiere a la modelización del riesgo comportamental para las carteras concedidas de consumo y microcrédito en una institución financiera de Guatemala. El estudio incluye el análisis de 62000 individuos y el tratamiento de 157 variables explicativas. Se evaluó el riesgo de manera integral (mercado) y no solamente en silos de producto. Los resultados de la investigación sugieren que la probabilidad de mora disminuye si la edad del prestatario aumenta. Existe una relación positiva entre la probabilidad de mora y las variables comportamentales relativas a atraso en pagos y entre el compromiso de la renta. La probabilidad de mora aumenta con la disminución de la renta y cuando el prestatario tiene relación crediticia con mayor número de instituciones financieras (proxy de endeudamiento).
2. Modelado de bancarrotas: El sistema financiero constituye un vehículo que, bajo una adecuada gestión y supervisión, contribuye al crecimiento económico real de un país. Sin embargo, un problema que aqueja a este sector involucra aspectos de fragilidad financiera, en especial, la quiebra bancaria. Esta investigación tiene como objetivo desarrollar un modelo de predicción de quiebra bancaria para el caso del Ecuador, considerando el hecho de quiebra bancaria como una situación de evento raro. Los resultados sugieren que, aún frente a condiciones macroeconómicas adversas, el principal factor que incide en la probabilidad de quiebra bancaria se relaciona con una gestión y administración laxa dentro de la institución.
3. Pruebas de tensión para estimación de capital: Hay varios tipos diferentes de pruebas de tensión y muchas dificultades metodológicas para llevar a cabo una de estas pruebas. En esta investigación se obtiene el impacto de los determinantes de la tasa de morosidad de Ecuador y Colombia, para aplicarlos a pruebas de tensión. Los modelos estimados ARIMAX sugieren que en Ecuador los shocks se transmiten con rapidez. La morosidad de ambos países es sensible negativamente a la liquidez (factor más importante) y a la tasa de intermediación, pero sus impactos y la rapidez de transmisión son diferentes. El precio del petróleo, volumen de crédito y actividad económica son determinantes relevantes para Ecuador. En Colombia, el shock bursátil es negativo e inmediato, los shocks de importaciones se transmiten a corto y mediano plazo. Los impactos de la producción manufacturera son más tardíos. Esta es la primera investigación empírica que compara, entre ambos países, el impacto de

cada factor en la morosidad. Los modelos contribuyen para plantear políticas económicas y de gestión que produzcan impactos en el desempeño de la morosidad.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

Sobre la calificación crédito: Un factor determinante en el comportamiento crediticio es la tasa de interés. La inclusión de este determinante de riesgo no es trivial ya que es clara la relación de endogeneidad entre tasa de interés y mora. Siendo así, técnicas estadísticas y econométricas más sofisticadas son necesarias para abordar este problema que está estrechamente ligado a cuestiones de asimetría de información y riesgo moral. Además, avanzando en la modelización de riesgo bajo los requerimientos de Basilea, dos sistemas de clasificación de riesgo deben ser evaluados: el pro cíclico y el a cíclico. Las primeras preguntas a responder son ¿con qué tipo de modelo están trabajando las instituciones financieras y cuáles son las implicaciones en gestión y control al tratar con cada sistema de clasificación? Estas son preguntas relevantes más aún en economías en desarrollo donde existe mucho dinamismo económico.

Pruebas de tensión y estimación de capital: Un problema relevante es considerar cómo se pueden usar modelos de supervivencia discretos para permitir que se lleven a cabo las pruebas de estrés, en particular, cómo las variables macroeconómicas pueden 'combinarse' en cierto sentido para producir una 'prueba' válida. Además, varios estudios indican variaciones sustanciales en el comportamiento cíclico de índices de morosidad a través de diferentes tipos de crédito, por lo que sería relevante modelizar las carteras individualmente y analizar efectos de transmisión de riesgo entre ellas. Otros tipos de retroalimentación de riesgo que ya han sido explorados en países desarrollados, pero que todavía no se han realizado en Latinoamérica, son los referentes a la bi causalidad entre la morosidad y el volumen de crédito concedido.

Modelado de Pérdidas: Incorporación de varios algoritmos y transformaciones de datos, así como la incorporación de variables macroeconómicas para el modelado de la Pérdida dado el incumplimiento (escasa referencia a nivel mundial).

Modelado de bancarrotas: Es de interés la investigación relacionada con construcción de índices de vulnerabilidad de la capacidad crediticia y/o índice de vulnerabilidad de desarrollo, de acuerdo con el comportamiento económico, financiero y el desarrollo social- ambiental de países emergentes. Además, las características sociodemográficas de quienes se declaran en bancarrota se pueden modelar utilizando modelos mixtos de efectos fijos y aleatorios.

Explorando la accesibilidad en el crédito minorista: Describir la importancia de la inclusión financiera y su impacto en la atribución de la tasa de interés para quienes tienen calificación de bajo riesgo crediticio es fundamental para impulsar el acceso a servicios financieros, a fin de contribuir a la transformación de la matriz productiva. Se explorarán los datos disponibles sobre los recursos económicos individuales derivados de las Encuestas de Ingresos y Gastos, y otras fuentes publicadas. También se explorará cómo se puede utilizar esta información para mejorar los modelos actualmente utilizados para evaluar la asequibilidad.

SOSTENIBILIDAD FISCAL Y BIODIVERSIDAD DEL ECUADOR

Ruth Utreras

Departamento de Matemática, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador..

ruth.utreras@epn.edu.ec

Con la Constitución del Ecuador de 2008 una serie de instrumentos legales-institucionales han reconocido el rol del patrimonio natural para la sostenibilidad del sistema económico y del bienestar de la sociedad. Sin embargo, estos avances normativos no tienen una contrapartida financiera en el largo plazo. Este artículo explora la sostenibilidad fiscal en materia ambiental a partir de las necesidades de financiamiento de la conservación de la biodiversidad durante el período 1970–2015. Partiendo del análisis del gasto público ambiental y del presupuesto destinado a la gestión de la biodiversidad, y estimando los costos de inversión en biodiversidad previstos para la implementación de la Estrategia Nacional de Biodiversidad, generamos un indicador que permite medir la brecha financiera para la protección, restauración y manejo adecuado de la biodiversidad. De acuerdo con los resultados, la brecha de recursos necesarios para proteger la biodiversidad en el periodo 1970–2015 equivale al 190.34% del PIB de 2015, lo que representa 191 mil millones en dólares del 2015. El artículo concluye con recomendaciones de política.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

El papel de los biocorredores en el desarrollo local, caso de la zona Cotacachi Cayapas – Cofán Bermejo

Los biocorredores se perciben como una estrategia para la conservación de la biodiversidad, el ordenamiento territorial y el desarrollo sustentable en la Zona Cotacachi Cayapas – Cofán Bermejo. Este hecho implica que su construcción debe permitir generar conectividad socioambiental en la zona de estudio. Esta condición facultará que las actividades productivas comunitarias generen conectividad ecológica; y al mismo tiempo, se incentive la asociatividad de los actores involucrados en miras de generar alianzas estratégicas para la gestión del territorio que engloba el biocorredor de la zona de estudio. En efecto, se pretende mirar al desarrollo local en el biocorredor desde una visión de paisajes productivos sostenibles, permitiendo así la instauración de medios de vida sostenible para la población local. En esta investigación se plantea la necesidad de diseñar estrategias productivas sostenibles de carácter altamente participativo con los pobladores locales. Dichas estrategias productivas deben estar pensadas para facilitar la conexión de espacios naturales o transformados, y contribuir a mantener los ciclos naturales. Efectivamente, las estrategias así diseñadas deben contribuir con el restablecimiento de los ecosistemas, así como, aportar a la soberanía alimentaria y a la diversificación de ingresos de las comunidades allí asentadas.

EXPERIENCIAS DE APLICACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN COMBINATORIA PARA LA RESOLUCIÓN DE ALGUNOS PROBLEMAS DE LA SOCIEDAD.

Polo Vaca Arellano

Departamento de Matemática, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.

polo.vaca@epn.edu.ec

La optimización combinatoria es un rama de la optimización matemática que consiste en buscar dentro de un conjunto discreto, un elemento que sea el mejor de acuerdo a algún criterio o función objetivo. La problemática radica en el hecho de que la cardinalidad de este conjunto discreto es generalmente exponencial. La mayoría de problemas de esta naturaleza están clasificados, por su dificultad de resolución, como en la clase de problemas NP-difíciles. Es por esto, que para problemas reales de gran tamaño, se usan técnicas a tiempo polinomial, adecuadas para encontrar una buena solución aproximada del problema que se denominan métodos heurísticos.

La técnicas de modelización matemática de algún fenómeno (físico, social, económico, biológico, etc.) han conducido a que muchos problemas de la sociedad sean planteados como problemas optimización combinatoria; en particular, el gran desarrollo de la teoría de grafos y redes, así como la teoría de programación lineal entera mixta, han sido un soporte adecuado para el planteamiento de muchos problemas de carácter práctico.

En la actualidad, la optimización combinatoria permite resolver problemas en muchos dominios, tales como el transporte de personas y mercancías, el secuenciamiento de operaciones de producción de bienes y servicios; las redes de: telecomunicación, biológicas, de servicios básicos y de información, logística, y redes de aprovisionamiento, operaciones de aeropuertos y de puertos, gestión de hospitales, corte óptimo de material, rutas óptimas de evacuación en caso de accidentes naturales o de atentados, asignación óptima de recursos para atender emergencias, entre otras.

En esta presentación, se exponen algunas experiencias de aplicación de la optimización combinatoria en las que he participado, que se desarrollaron en el Departamento de Matemática de la EPN o en grupos de investigadores de algunos países extranjeros.

Investigaciones realizadas

Como he manifestado, mi dominio de investigación, desde 1991, es la optimización Combinatoria. Mis investigaciones se han realizado para dar solución a los siguientes problemas de optimización:

- Estudio del problema de *bipartición de grafos* no dirigidos con ponderación sobre las aristas. Este problema tiene importantes aplicaciones tecnológicas en el campo de la física y el diseño de circuitos integrados. Escribí dos artículos, con el profesor suizo Thomas Liebling, durante una estancia como profesor invitado en la Escuela Politécnica Federal de Lausana. Estos artículos se refieren al uso del método de la programación dinámica para resolver exactamente este problema sobre un árbol, y luego, sobre grafos serie-paralelo o triangulados, en tiempo polinomial.

- *Sectorización óptima* de una zona de una ciudad para crear sectores de recolección de desechos óptimos balanceadas, para que los recorran los camiones recolectores, respetando una frecuencia semanal de visita a cada uno de ellos. Publiqué, con dos investigadores franceses: Arnaud Freville y Said Hanafi, un artículo científico en la Revista INFOR en 1999.
- *Construcción de rutas óptimas para la distribución de materiales peligrosos*. Se planteó un modelo bi-objetivo de que minimizaba el riesgo y el costo de transporte para las rutas. Presentamos los resultados, que obtuvimos progresivamente en Congresos de Investigación de Operaciones realizados en : Lille, Praga y Grenoble en 2016 .
- *Construcción del calendario de juegos* para el Campeonato Nacional de Fútbol. Respondiendo a un llamado de AFNA, elaboramos con los colegas de la EPN: Ramiro Torres y Diego Recalde, un modelo de programación lineal entera para resolver este problema, que recoge ciertas especificidades de nuestro torneo nacional, y se elaboró un sistema computacional que permite dar varias alternativas a la Federación Ecuatoriana de Fútbol para que decidan sobre el calendario definitivo. Desde 2012, hasta la fecha, el fixture del campeonato de primera división fútbol profesional y de otras categorías, se lo confecciona con este sistema. Escribimos un artículo que fue publicado en la destacada revista científica: Computer Science and Operations Research en 2013.
- Nuevamente, a pedido de AFNA, resolvimos un problema de *sectorización* de los equipos de la Serie B del Campeonato Nacional de fútbol, de manera que el número de equipos de cada sector se diferencie máximo en uno y que los equipos que conforman cada sector sean adecuadamente balanceados de acuerdo a su peso de calidad deportiva, todo esto minimizando las distancias intra-sectoriales que deben recorrer los clubes par cumplir con sus compromisos de visita. Esto condujo a un complicado problema de particionamiento de un grafo conexo en un número dado de subgrafos completos (cliques). Escribimos un artículo que se publicó en la revista científica: Lectures Notes in Combinatorial Optimization en 2016.
- Después generalizamos el problema anterior, para tratarlo como un problema general que resuelve otros problemas en campos como: diseño de VLSI, cálculo en paralelo o en telecomunicaciones. La solución se la obtiene, para problemas de talla mediana, de forma exacta mediante un método de branch and cut. Generamos una familia de desigualdades válidas para el poliedro. Este trabajo lo realizamos Diego Recalde, Ramiro Torres y el investigador argentino Daniel Severín y fue publicado en la Revista: Journal of Combinatorial Optimization en 2018.

SOLUCIONES VISCOSAS A PROBLEMAS PARABÓLICOS FRACCIONARIOS

Miguel Yangari

Departamento de Matemática, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, 170517, Apdo. 17-12-866, Quito, Ecuador.

miguel.yangari@epn.edu.ec

En esta ponencia se presentarán algunos resultados obtenidos con respecto a la existencia, unicidad y comportamiento asintótico de soluciones viscosas para problemas parabólicos de Hamilton-Jacobi, que involucran operadores tipo Itô-Levy en la variable espacial y operadores fraccionarios tipo Caputo en la variable temporal. Además se establecen tasas de convergencia hacia la solución de estado estable. Se presentará además una generalización de este estudio a sistemas de ecuaciones débilmente enlazados, donde cada ecuación está regida por un índice diferente en su derivada temporal tipo Caputo.

Perspectivas de desarrollo en investigación y/o vinculación con otros sectores de la sociedad

El estudio de operadores fraccionarios es una ciencia tanto antigua como nueva, es antigua pues Leibnitz a finales del siglo XVII ya dio los primeros pasos en este campo, pero es considerada como nueva pues solo desde hace pocas décadas ha sido objeto de un intenso estudio debido a sus aplicabilidades al modelamiento de fenómenos físicos, procesos estocásticos con difusiones anómalas, finanzas, hidrología, etc. Además, es objeto de gran interés en el ámbito matemático debido a propiedades interesantes en análisis, ecuaciones diferenciales, análisis numérico, control óptimo.

Las derivadas e integrales fraccionarias son generalizaciones de las habituales que las incluyen como casos particulares. En mi caso trabajo con derivadas tipo Caputo para la variable temporal, y derivadas o también conocidos como operadores integro-diferenciales tipo Itô-Levy para la variable espacial, las cuales son una generalización bastante extensa de la derivada que comúnmente se utiliza en la ingeniería, entre estas generalizaciones está el Laplaciano Fraccionario.

Las perspectivas de mi trabajo desde un punto de vista teórico es la generalización de resultados que se conocen para ecuaciones que involucran operadores diferenciales estándar, como por ejemplo la típica ecuación del calor o problemas más generales como por ejemplo ecuaciones tipo Hamilton-Jacobi. Actualmente me encuentro involucrado en proyectos con colegas de Chile y Francia, para el estudio de homogeneidad y comportamiento asintótico de soluciones viscosas para el tipo de problemas planteados anteriormente, cabe recalcar que los problemas que estudio son del tipo totalmente no lineales, los cuales involucran una infinidad de problemas parabólicos.

Aunque mi visión como investigador es la realización de matemática teórica, es decir del desarrollo de la matemática como ciencia con la finalidad de producir conocimiento, esperaría que en los próximos años se pueda aplicar los resultados teóricos obtenidos hasta el momento para enfrentar problemas aplicados que involucren operadores fraccionarios como, por ejemplo, la predicción meteorológica, fluctuaciones en las bolsas de valores o en venta de ciertos productos clave para el desarrollo del país.
