



*Real Academia
de Ciencias Económicas y Financieras*

NUEVOS HORIZONTES CIENTÍFICOS ANTE LA
INCERTIDUMBRE DE LOS ESCENARIOS FUTUROS

• SOLEMNE ACTO ACADÉMICO CONJUNTO CON LA
UNIVERSIDAD DE MATANZAS (CUBA, MAYO DE 2015) •



La realización de esta publicación
ha sido posible gracias a



Barcelona 2015

**NUEVOS HORIZONTES CIENTÍFICOS
ANTE LA INCERTIDUMBRE DE LOS
ESCENARIOS FUTUROS**

Publicaciones de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras

Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras

Nuevos horizontes científicos ante la incertidumbre de los escenarios futuros: solemne Acto Académico Conjunto entre la Universidad de Matanzas y la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras /Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras

Bibliografía

ISBN-978-84-606-9411-3

- I. Título
- II. Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras (Barcelona)
- III. Universidad de Matanzas
- IV. Colección

1. Ciencia—Filosofía 2. Tecnología—Investigación—México 3. Naturaleza—Efectos del ser humano sobre
4. Economía—Modelos matemáticos 5. Ergonomía—Aspectos económicos 6. Crecimiento económico

Q158.5

La Academia no se hace responsable de las opiniones científicas expuestas en sus propias publicaciones.

(Art. 41 del Reglamento)

Editora: © Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras, Barcelona, 2014

ISBN-978-84-606-9411-3

Depósito legal: B 23672-2015

Nº registro: 2015034427

Esta publicación no puede ser reproducida, ni total ni parcialmente, sin permiso previo, por escrito de la editora. Reservados todos los derechos.

Imprime: Ediciones Gráficas Rey, S.L.—c/Albert Einstein, 54 C/B, Nave 12-14-15
Cornellà de Llobregat—Barcelona

NUEVOS HORIZONTES CIENTÍFICOS ANTE LA INCERTIDUMBRE DE LOS ESCENARIOS FUTUROS

“SOLEMNE ACTO ACADÉMICO CONJUNTO
ENTRE LA UNIVERSIDAD DE MATANZAS (CUBA) Y LA
REAL ACADEMIA DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS ”

MARTES, 5 DE MAYO DE 2015

BIENVENIDA Y APERTURA DEL SOLEMNE ACTO ACADÉMICO

Excmo. Sr. Dr. Miguel Sarraff González

Rector de la Universidad de Matanzas

Excmo. Sr. Dr. Lorenzo Gascón

Vicepresidente de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras de España

PRIMERA SESIÓN ACADÉMICA

Excmo. Sr. Dr. Federico González Santoyo

Académico Correspondiente para México de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras de España.

Situación actual y perspectivas de la ciencia y la tecnología en México

Excmo. Sr. Dr. Joaquín García Dihigo

Universidad de Matanzas

SOS Homo Sapiens

Excma. Sra. Dra. Ana M^a Gil Lafuente

Académica de Número de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras de España

La matemática no numérica en el futuro de las ciencias económicas

PROGRAMA

SEGUNDA SESIÓN ACADÉMICA

Excma. Sra. Dra. Myriam Félix López

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (Ecuador)

El índice socioeconómico en los programas de intervención ergonómica: una herramienta para la toma de decisiones

Excmo. Sr. Dr. Lorenzo Gascón

Vicepresidente de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras de España

Algunas consideraciones sobre las consecuencias del impacto de la ciencia en el futuro inmediato

CONFERENCIA DEL EXCMO. SR. DR. FINN E. KYDLAND

Académico Correspondiente para Noruega de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras de España y Premio Nobel de Economía en 2004

Innovation and Capital Formation in Today's Policy Environment

ÍNDICE

NUEVOS HORIZONTES CIENTÍFICOS ANTE LA INCERTIDUMBRE DE LOS ESCENARIOS FUTUROS

SOLEMNE ACTO ACADÉMICO CONJUNTO CON LA UNIVERSIDAD
DE MATANZAS (CUBA, MAYO DE 2015)

APERTURA Y PRESENTACIÓN

Jaime Gil Aluja	13
<i>Nuevos horizontes científicos ante la incertidumbre de los escenarios futuros</i>	
<i>Inauguración de la Sesión académica</i>	

SESIÓN ACADÉMICA

Federico González Santoyo	21
<i>Situación actual y perspectivas de la ciencia y la tecnología en México</i>	
Joaquín García Dihigo	49
<i>SOS Homo Sapiens</i>	
Ana María Gil Lafuente	67
<i>La matemática no numérica en el futuro de las ciencias económicas</i>	
Myriam Félix López	97
<i>El índice socioeconómico en los programas de intervención ergonómica: una herramienta para la toma de decisiones</i>	
Lorenzo Gascón	121
<i>Algunas consideraciones sobre las consecuencias del impacto de la ciencia en el futuro inmediato</i>	

ÍNDICE

Finn E. Kydland 131
 Innovation and Capital Formation in Today's Policy Environment

FOTOGRAFÍAS DE LA SESIÓN ACADÉMICA 145

PUBLICACIONES

Publicaciones de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras 149

APERTURA Y PRESENTACIÓN

NUEVOS HORIZONTES CIENTÍFICOS ANTE LA
INCERTIDUMBRE DE LOS ESCENARIOS FUTUROS

INAUGURACIÓN DE LA SESIÓN ACADÉMICA



Excmo. Sr. Dr. Jaime Gil Aluja
Presidente de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras

Excmas. e Ilmas. Autoridades
Muy Ilustre Sr. Rector
Excmos. Sres. Académicos
Distinguidas Profesoras y Profesores
Queridos amigos

Desearía iniciar estas sentidas palabras resaltando la inmensa alegría que significa la presencia de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras de España en las aulas de una Universidad de esta querida Nación que es Cuba.

Es, creemos, la primera vez que una Real Corporación del más alto rango español viene a aquí a mostrar conocimientos y a recibirlos, en una muestra de solidaridad, extendiendo la mano para iniciar una andadura juntos, buscando en la incertidumbre del futuro aquellos espacios en donde asentar nuestras sociedades, para que sus ciudadanos vivan en un mundo mejor.

La Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras ha realizado sesiones Académicas del más alto nivel en muchos países europeos tales como Italia, Finlandia, Suiza, Bélgica, Grecia, Montenegro, entre otros. En naciones del continente africano como Marruecos, Argelia, Túnez,... Y en países asiáticos como Jordania y Azerbaiyán. Pero es la primera vez que, atravesando el Océano Atlántico, visita un país americano. Y hemos deseado y querido que este país fuera Cuba.

La misión de quienes formamos el mundo académico es investigar y enseñar para proporcionar en el futuro una ciudadanía con la más alta formación y educación. Educar, dijo José Martí, *es elevar al hombre a la altura de su tiempo*.

Y esa elevación, bien lo saben los miembros de la vida académica cubana y española, como también lo empiezan a descubrir, estoy seguro, los brillantes estudiantes que nos acompañan... Esa elevación, decía, exige esfuerzo y sacrificio, pero también proporciona estímulo y satisfacción.

Y son estos tiempos en los que nos ha sido dado vivir, los que proporcionan esas emociones y lo hacen con creces, porque, unas veces nos parecen amenazadores y otras prometedores. Pero siempre resultan exigentes.

Observamos, también, que estos tiempos y estas emociones cada vez más se aceleran a una endiablada velocidad, una velocidad digital, paralelamente al desarrollo de las nuevas tecnologías. Tecnologías que exigen un permanente proceso de aprendizaje. Sólo aprendiendo permanecemos vivos. Parafraseando la clásica sentencia cartesiana podríamos decir: “Aprendo luego existo”

Porque la educación, hoy, ha dejado de ser sinónimo de escuela, instituto, universidad y contarse por cursos, años, títulos.... Hoy la educación ha pasado a convertirse necesariamente en sinónimo de vida.

Hoy vivir es aprender, enseñar, investigar, es decir, formarse, porque una parte de la formación se obtiene también enseñando. Los académicos deberíamos formarnos durante toda nuestra existencia con la misma ilusión que cuando éramos universitarios. Necesitamos educarnos sin descanso para seguir siendo jóvenes.

Y no es éste un empeño individual, de genios aislados en su torre de marfil o en sus laboratorios, gabinetes, despachos o cátedras... Sino que es una empresa colectiva: aprender es un proceso que va tanto de arriba abajo como de abajo arriba. Todos tenemos que aprender de todos en todo momento, porque la transformación de nuestras sociedades y de la propia especie humana está siendo acelerada por los siempre renovados medios de tratamiento de la información.

No les pido, por tanto, que escuchen solo a los genios y aprendan únicamente de sus libros. Porque educarse, les insisto, es hoy un esfuerzo colectivo como lo es la inteligencia de nuestras sociedades que, desde el latín, durante más de mil años han ido formando un idioma, el español, que nos hermana y en el que estamos hablando ahora.

Nuestra lengua, el español, no es un invento de un genio solitario sino una formidable obra del talento de miles de millones de personas durante muchas generaciones y también de sus abuelos y sus padres y de ustedes mismos.

Nuestra Real Corporación recorre el mundo para seguir defendiendo juntos esa necesidad de aprender, conocer, descubrir para irse educando para sobrevivir y, si es posible, progresar en los nuevos escenarios que se vislumbran tenuemente en el horizonte. Y lo desea realizar colectivamente, hoy entre cubanos y españoles, entre la Universidad de Matanzas y la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras de España.

Les estoy pidiendo, pues, que aprendamos juntos, sí, pero también me permito sugerirles que no den nada por aprendido.

Porque hay una noción que sigue haciendo, todavía hoy, mucho daño y es un oxímoron: el de “científicamente probado”. No hay nada científicamente probado: créanme. Es imposible que haya nada demostrado por la ciencia, porque la ciencia exige, en estricto método popperiano, dejar siempre abierta la puerta a la duda, a lo imprevisto, a la incertidumbre.

El científico debe estar dispuesto siempre a abandonar una certeza si se le proporciona una prueba de que era falsa. No debemos tener miedo a equivocarnos, porque es el único modo de que algún día se acierte.

Así, pues, desde el fondo de nuestros pensamientos, desearía manifestar el respeto al error, que el error no sea temido sino convertido en el mejor de nuestros aliados. Esto comporta que la duda, por tanto, no debe ser para nosotros un signo de debilidad sino de inteligencia: la aceptación de la incertidumbre – desde que la ciencia realmente es ciencia – ha sido el primer paso hacia el conocimiento.

Cada vez más, y acosado por la vorágine de los acontecimientos, el conocimiento se halla indisolublemente unido a un cierto grado de incertidumbre.

La matemática del determinismo tan importante a lo largo de los siglos para el desarrollo del pensamiento humano, está dejando paso a la matemática de la incertidumbre, cuando se trata de reflejar y tratar la fenomenología económica. Lo mismo sucede con la matemática del azar, la cual en sí misma, representa otro tipo de determinismo.

Nunca aceptemos, por tanto, ninguna verdad como definitiva, ni demos ninguna discusión – y más si se trata de una discusión científica – por acabada, ni ningún debate por concluido, aún cuando la autoridad pertinente haya emitido su sentencia.

Siempre hay un margen para el error como lo hay también para la verdad.

Cuando alguien nos quiera convencer de algo afirmando que ha sido “científicamente probado”, el convencimiento que realmente tendremos es que lo único probado de momento es que quien lo asegura no sabe qué es la ciencia.

Les dejamos ahora con estas reflexiones en compañía de algunos de los mejores cerebros investigadoras e investigadores de la Ciencia Económica europea. Escúchenlos. Y por supuesto también dediquen la máxima atención al Premio Nobel Finn Kydland, pero pónganlo también a prueba, y, aunque les resulte difícil, duden de él, cuestionenle, pongan en entredicho lo que dice, exíjanle que lo ratifique una y otra vez.

Y, cuando lo haya demostrado, piensen que siempre podrá haber, quizás de esta misma sala, un estudiante que algún día demostrará que estaba equivocado.

A eso llamamos ciencia.

Muchísimas gracias por su paciencia, que, esa sí, ha sido muy cierta.

Jaime Gil Aluja
Presidente de la Real Academia de Ciencias
Económicas y Financieras de España

SESIÓN ACADÉMICA

SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN MÉXICO

González Santoyo F., Flores Romero B., Gil Lafuente A.M.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (México),
Universidad de Barcelona (España)



*Ilmo. Sr. Dr. Federico González Santoyo
Académico Correspondiente para México de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras*

RESUMEN

En este trabajo se presenta un análisis de la situación actual y perspectivas que se tienen en México en torno a la temática de la Ciencia, Tecnología e Innovación, así como el comportamiento y tendencias de los componentes que permiten que el sistema económico y social siga creciendo en el nivel que se permite basado en el desarrollo científico, tecnológico e innovativo, se hace una propuesta que se considera fortalece la orientación y el desarrollo de esta área lo que redundará en apoyar el desarrollo nacional a corto, mediano y largo plazo.

PALABRAS CLAVE: Ciencia, Tecnología, Innovación, Desarrollo.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Gil Aluja J. (2014). Una espesa niebla cubre de nuevo el mundo de la ciencia: sus efectos responden al nombre de incertidumbre. La disrupción tecnológica está acelerando la Historia y abre ahora incógnitas que distorsionan el tiempo y cuestionan el espacio: vivimos en un mundo cada vez más unido, pero al mismo tiempo sometido a tensiones disgregadoras.

Nuevas tensiones, sí y sin embargo nunca nuestro planeta ha sido más simple ni más “plano y rápido”, como explica el geoestratega Thomas Friedman. Nunca la historia ha avanzado tan rápido como hoy.

El conocimiento científico y tecnológico y la capacidad para innovar son elementos que contribuyen a incrementar la productividad de las naciones y sus niveles de bienestar. Por lo que la ciencia y la tecnología se consideran factores fundamentales para el desarrollo de todo país. México ha basado su desarrollo fundamentalmente haciendo uso de sus recursos naturales, sin considerar la sustentabilidad o en la posibilidad de una transición hacia una economía basada en el conocimiento. En este último enfoque es en el que la Ciencia, la Tecnología y la Innovación se convierten en los pilares fundamentales del desarrollo.

Los recursos naturales se agotan y la mano de obra barata y no calificada, no representa una alternativa viable para el desarrollo ni en el corto plazo.

1. SITUACIÓN ACTUAL

De acuerdo con el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FC-CyT) en (2006), el Producto Interno Bruto (PIB) por habitante, en México, no ha crecido significativamente desde 1980. El desempeño económico de México durante las dos últimas décadas no ha

permitido generar los satisfactores para incrementar el nivel de vida promedio de la población, debido a diversas causas entre las que destacan: la baja productividad general de la economía, una educación inadecuada, insuficiente innovación tecnológica y falta de políticas públicas para retomar el rumbo del crecimiento y del desarrollo económico.

Los grandes problemas económicos y sociales de México se asocian con un bienestar social altamente insatisfactorio, debido a la pronunciada inequidad y a los elevados porcentajes de población en situación de pobreza, y con la disminución del ritmo de crecimiento y de la competitividad de la economía.

En la medida en que persista un Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación desarticulado, que las fuentes para el financiamiento de proyectos de desarrollo tecnológico sean escasas y el entorno cultural no valore cabalmente la importancia de la ciencia y la tecnología para contribuir a la competitividad y a mejorar los niveles de vida, el impacto de la ciencia y la tecnología en el desarrollo del país seguirá siendo bajo.

1.1 EL SISTEMA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (SNCTI)

CONACYT (2014). De acuerdo con la Ley de Ciencia y Tecnología, el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) busca consolidar la política de Estado en la realización de actividades científicas, tecnológicas y de innovación y promueve la coordinación y la cooperación en la materia. Se encuentra conformado por los siguientes actores y elementos:

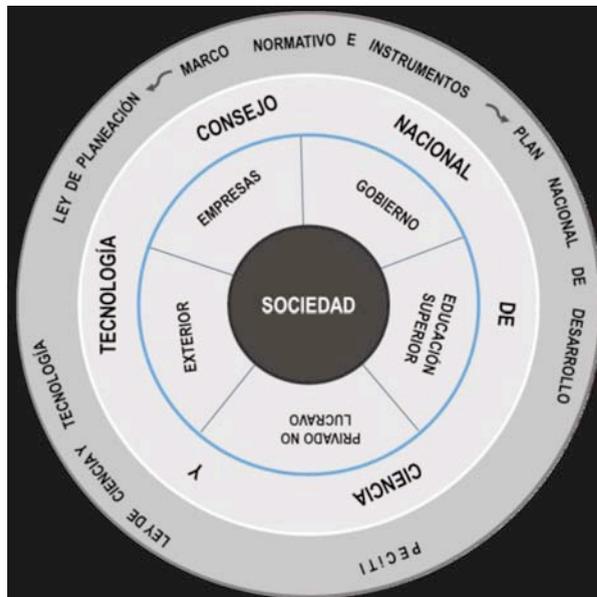
- La política de Estado en Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) definida por el Consejo General de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación.

- El Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación, así como los programas sectoriales y regionales, en lo correspondiente a ciencia, tecnología e innovación;
- Los principios orientadores e instrumentos legales, administrativos y económicos de apoyo a la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación establecidos en la normatividad;
- Las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal que realicen actividades de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación o de apoyo a las mismas, así como las instituciones de los sectores social y privado y gobiernos de las entidades federativas, a través de los procedimientos de concertación, coordinación, participación y vinculación conforme a la Ley y el marco reglamentario aplicable;
- La Red Nacional de Grupos y Centros de Investigación y las actividades de investigación científica de las universidades e instituciones de educación superior.

El SNCTI se compone por los instrumentos de gobierno, política pública y planeación, y por un conjunto de actores para los cuales, debido a su diversidad, resulta difícil el trabajo de articulación: el sector público en sus tres niveles, el sector académico y de investigación, y el conjunto de empresas con actividades de CTI. Actualmente el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) se ubica como el coordinador y eje articulador del SNCTI. El sistema cuenta con vínculos sólidos entre las instituciones de educación superior (IES) y los centros públicos de investigación (CPI). En contraste, otro tipo de vínculos, como aquellos entre las IES y los CPI con el sector productivo son aún reducidos. Aún más, debido al poco dinamismo del mercado interno de tecnología, los vínculos del sector financiero con el sector productivo son también incipientes.

La operatividad del SNCTI es expresada como se muestra en la figura siguiente:

Fig. 1 Actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.



Fuente: CONACYT (2014)

1.2. INSUFICIENCIA DE CAPACIDAD CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

México requiere un esfuerzo importante para ampliar la cobertura de las Instituciones de Educación Superior (IES) para aumentar el acceso de jóvenes, ya que en la actualidad sólo 2 de cada 10 de entre 19 y 24 años logran este nivel. Este problema se incrementará por la demanda creciente de jóvenes y por los niveles de eficiencia terminal.

Para la Academia Mexicana de Ciencias (AMC) (2006), Existe un rezago en la formación de personas con posgrado de forma tal que,

por ejemplo, mientras en el año 2003 se graduaron en México 1,443 doctores, en Brasil fueron 7,729, en España 6,436, en Corea 7,623 y en Estados Unidos de América (EUA) 45,075. De igual forma, el número de personas dedicado a las actividades de IDI es muy reducido: por cada mil empleos, la República Checa tiene 5.8, Alemania 12.2, Hungría 6, Japón 13.6, Corea 8.4, España 8.5, la Unión Europea (UE) 10.1 y México alrededor de 0.9. Estos indicadores, conviene apuntar, revelan el estado del Sistema Nacional de Innovación, y no solamente de las IES.

Hoy día los esfuerzos realizados para repatriar a estudiantes de posgrado que estudiaron en el extranjero y en México, no han sido suficientes para incorporarlos en la planta laboral y en las instituciones y centros de investigación existentes, porque no se han generado espacios laborales suficientes y adecuados para incorporar el número de egresados de posgrado e investigadores que demandan empleo.

Aunque en las últimas décadas el número de docentes de tiempo completo en general ha aumentado en las IES, persiste un alto porcentaje de profesores contratados por asignatura, lo cual inhibe la posibilidad de hacer de la investigación una parte nodal del sistema de educación superior en México

De acuerdo a la AUNIES (2006). Aunado al problema de insuficiencia en la formación, persisten niveles desiguales de calidad y pertinencia académica en las IES, así como una desarticulación del sistema de educación superior con los niveles educativos previos, particularmente el medio superior. En cuanto a la calidad, se imparten 4,600 programas de posgrado de los cuales únicamente 5.3% (244) cuentan con el parámetro de Alto Nivel o Competentes a Nivel Internacional.

La comparación internacional muestra que México aún está muy por debajo de otros países en número y ritmo de crecimiento de la planta de

investigadores. Baste señalar que en 1993 España contaba con 41,681 investigadores de tiempo completo, una cifra superior a los que tenía nuestro país una década después. Si se toma como referencia a otros países, esa brecha resulta aún más grande. Hoy día proporcionalmente se sigue teniendo el mismo comportamiento que el citado en líneas anteriores.

1.3. INFRAESTRUCTURA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

La infraestructura en C&T en México se ubica principalmente en las IES y en los Centros Públicos de Investigación (CPI). El sistema de CPI en México se integra por dos grandes grupos: a) El Sistema de Centros CONACYT y b) Los centros de investigación sectoriales, asociados a algunas Secretarías de Estado.

Los CPI tienen una cobertura en el territorio nacional reducida, ya que están ubicados en 14 de los 32 estados que integran el territorio nacional, concentrándose el mayor número en las regiones Centro-Occidente y Centro, que absorben 17 centros. También es limitado su impacto en cuanto a las áreas de conocimiento cubiertas y los sectores industriales que potencialmente puedan ser atendidos.

Los recursos humanos empleados también son reducidos, particularmente en ciencia aplicada y desarrollo tecnológico. De las personas empleadas de acuerdo al CONACYT (2014) el subsistema de Ciencias Exactas y Naturales concentró aproximadamente la mitad del personal total, en tanto que sólo 28% del personal estaba adscrito al Subsistema de Desarrollo Tecnológico y Servicio.

El subsistema de Ciencias Exactas y Naturales concentra casi tres quintas partes de los investigadores con grado de doctorado. En el otro extremo, en los centros de desarrollo tecnológico, el personal sin pos-

grado representa 64.4%, con sólo 7.2% de su personal con grado de doctor, lo que demanda de atención prioritaria para potenciar su desarrollo y puedan tener un nivel de contribución eficiente en Ciencia, Tecnología e Innovación.

El universo de CPI dependientes de las secretarías de Estado, se compone de 20 centros e institutos para atender el desarrollo de la ciencia y la tecnología en los sectores de energía (3), salud (13), agricultura (2), medio ambiente y recursos naturales (1) y educación pública (1), cuyos programas son independientes, sin ninguna articulación y orientación hacia el aprovechamiento de los recursos y la atención de oportunidades intersectoriales.

Por su parte, el sistema de Educación Superior en México se integra por instituciones públicas y privadas. En 2005 existían en México 3,347 IES, de las cuales 37% eran públicas y 48% privadas, siendo el resto escuelas de educación normal superior y universidades tecnológicas (15%). Sin embargo, la cobertura de estudios de licenciatura y posgrado se concentra en las universidades públicas (federales, estatales y autónomas), que absorben 68% de la matrícula de licenciatura y 58% de la matrícula de posgrado. Las universidades particulares han venido creciendo en cuanto a su participación, hasta representar 32% de la matrícula de licenciatura y 42% del posgrado en 2005, pero participan muy poco en el desarrollo de la Ciencia, Tecnología e Innovación. Hoy día el comportamiento y la tendencia sigue siendo la misma, dando el mayor soporte las IES públicas en el desarrollo de la CTI.

Pese a esta capacidad física, el monto acumulado estimado en inversión total en infraestructura en C&T en nuestro país, representa una cantidad muy inferior a Brasil, España, Corea, Canadá y aproximadamente el 0.65% de la de Estados Unidos de Norteamérica (EUA). Lo cual se refleja en los bajos niveles de competitividad de México en los mercados internacionales.

1.4. INVERSIÓN EN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

El esfuerzo de financiamiento orientado al desarrollo de las actividades de CTI en México ha sido reducido, con fuertes fluctuaciones y sin una tendencia clara a incrementarse como proporción del PIB. El nivel del gasto es bajo respecto al de otras economías de la región, con un desarrollo equivalente y muy bajo respecto a las economías más dinámicas e industrializadas. Por ello no logran superar el 0.5% del PIB a lo largo de los últimos 35 años, tanto para el Gasto Federal en Ciencia y Tecnología (GFCyT) como para el total del Gasto en Investigación y Desarrollo Experimental (GIDE).

En México, el gasto federal en C&T representó en 2005 sólo 0.4% del PIB y 2.2% del total del gasto programable del sector público federal. Este esfuerzo del gobierno se encuentra muy por debajo de los montos y porcentajes que a nivel internacional se consideran como mínimos necesarios para desencadenar un proceso evolutivo de la ciencia, la tecnología y la innovación, con la economía y la sociedad.

De acuerdo a la AMC (2006). El conjunto de países de la OCDE gastó un porcentaje equivalente a 2.08 del PIB en el año 1995 y lo incrementaron a 2.26 en 2004; los países de la UE pasaron de 1.7 a 2.26 en esos mismos años, con el compromiso de subirlo gradualmente a 3.0 al año 2010, y los EUA lo incrementaron de 2.5 a 2.68. Por otra parte, de los países emergentes, China le dedicó 1.23 el año 2002, Corea 2.91, Brasil 0.97 en 2003, y Vietnam 2% en 2005. La evolución más acelerada de este indicador en estos países, comparados con México, explica, al menos en parte, el creciente rezago mexicano en el tema de competitividad.

De acuerdo al CIDE-UNAM (2006). Uno de los problemas estructurales que presenta el país es el de tener un nivel muy bajo de inversión privada en la ciencia y la tecnología, si se compara con otros países

llamados emergentes. Si bien se reconoce que la participación privada en Investigación y Desarrollo Experimental (IDE) en México se ha incrementado últimamente por los estímulos fiscales, su proporción en el gasto total es baja (33%) si consideramos que en países como Japón, el sector productivo financia 73% del total, en Corea 72%, en EUA 67%, en España 47% y en Brasil 38%.

Esta baja proporción en la inversión privada se explica en gran parte por la ausencia de políticas públicas, instrumentos y mecanismos consistentes y ágiles que la apoyen e incentiven, entre los que destacan el capital de riesgo, el capital semilla, y los estímulos fiscales, entre otros.

La falta de regularidad en el gasto es una problemática que se agrega a su reducido nivel y composición pública-privada. En términos dinámicos, el no poder mantener a lo largo del tiempo un ritmo sostenido de inversión en C&T, baja significativamente, en los periodos de baja inversión, las capacidades adquiridas en periodos anteriores, ligadas a procesos de aprendizaje individual y organizacional; y crea un *desincentivo* a la permanencia de los distintos agentes que participan de este proceso.

De acuerdo con la COMCYT de la OEA esta reconoce que la inversión en C&T equivalente a 1% del PIB, meta usual de muchos países latinoamericanos, no resulta suficiente para alcanzar niveles importantes de desarrollo y reducir la creciente brecha científica y tecnológica. En México no invertimos ni la mitad de ese indicador.

La inversión de Ciencia, Tecnología e Innovación en México es descrita como se muestra a continuación:

1.4.1. Gasto en Investigación Científica y Desarrollo Experimental (GIDE)

El GIDE es la inversión destinada a la realización de proyectos de investigación científica y desarrollo experimental (IDE). La importancia de la IDE dentro de la economía del conocimiento se debe a que su propósito es la creación de conocimiento básico y aplicado, éste último destinado a la generación de productos y procesos. Por ello, las fuentes de financiamiento son diversas: sector empresarial, gobierno, IES, instituciones privadas sin fines de lucro y sector externo.

La proporción GIDE/PIB es un indicador internacional utilizado para medir el gasto corriente y de inversión dedicado a estas actividades; su importancia radica en que da a conocer el grado de desarrollo de un país sustentándose en investigación científica y tecnológica. Los países desarrollados dedican entre 1.5 y 3.8% de su PIB al GIDE.

Para México el valor de este indicador se ha quedado prácticamente constante durante años sin rebasar el 0.5%. En 2012 el GIDE de México fue de 66,720 millones de pesos, lo que representó 0.43% del PIB.

Otra característica importante de la inversión en IDE es la proporción aportada por los sectores gubernamental y empresarial al total del GIDE. En México, la contribución del sector empresarial al GIDE del 2012 fue de 36.4%, mientras que el sector gobierno contribuyó con 60.0%. Además, de esa cantidad el 98.5% fue aportado por el Gobierno Federal y solo 1.5% por los gobiernos estatales.

Tabla 1. Fuentes de financiamiento de GIDE y PIB per cápita 2011

PAIS	GIDE/PIB %	PIB per cápita (Dólares corrientes PPP)
Israel Suecia	4.38	28 903.5
Suecia	3.37	41 449.5
Finlandia	3.78	37 488.2
Corea del Sur	4.03	29 833.6
Japón	3.39	33 834.5
EUA	2.77	48 042.9
Canadá	1.74	40 450.2
España	1.33	32 121.0
México	0.43	17 445.7
Chile	0.42	15 127.9
Promedio OCDE	2.37	35 195.0
Promedio UE	1.94	32 593.8
Singapur	2.23	61 040.1
China	1.84	8 387.1
Rusia	1.09	22 408.2
Sudáfrica	0.87	10 798.3
Argentina	0.65	17 576.2
Brasil	1.16	11 561.9
Promedio de América Latina y el Caribe	0.75	11 332.8

Fuente: elaboración propia a partir de CONACYT 2014.

La evolución para México del Gasto en Investigación Científica y Desarrollo Experimental (GIDE) ha sido como se muestra.

Tabla 2. Gasto en Investigación Científica y Desarrollo Experimental (GIDE)

AÑO	\$ millones)	GIDE/PIB
1994	24 085	0.24
1995	24 816	0.26
1996	26 363	0.27
1997	31 841	0.30
1998	36 373	0.33
1999	42 121	0.36
2000	39 455	0.32
2001	41 862	0.35
2002	45 974	0.38
2003	50 329	0.41
2004	51 124	0.40
2005	54 373	0.41
2006	53 574	0.39
2007	53 191	0.37
2008	59 722	0.41
2009	60 018	0.44
2010	66 260	0.46
2011	64 089	0.43
2012	66 720	0.44

Fuente: elaboración propia a partir de CONACYT 2014.

1.4.2. Gasto Nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación (GNCTI)

El GNCTI comprende, además del gasto en IDE, la inversión total en educación de posgrado, servicios científicos y tecnológicos e innovación de los sectores gobierno, empresarial, IES, instituciones privadas sin fines de lucro y organismos del exterior IDE. Para 2012, el GNCTI fue de 114,474.1 millones de pesos, cifra que representó 0.74% del PIB. De este monto, 58.3% se destinó al financiamiento de IDE, 20.6% a educación de posgrado, 19.1% a servicios científicos y tecnológicos (SCyT) y 2.0% a innovación. Los gobiernos federal y estatales contribuyeron con 56.0% del GNCTI, el sector empresarial con 38.5%, las IES con 3.3%, y el restante 2.2% correspondió a la inversión de las familias y del sector externo.

1.4.3. Gasto Federal en Ciencia Tecnología e Innovación (GFCyT)

Éste se compone por las erogaciones en CTI que realizan las dependencias y entidades del Gobierno Federal; incluye el gasto en IDE, el apoyo a la educación de posgrado, los SCyT, y la innovación.

En 2012, el GFCyT ascendió a 62,671 millones de pesos, monto que representa el 0.40% del PIB y el 2.16% del Gasto Programable del Sector Público Presupuestario. Entre 1995 y 2012 el GFCyT tuvo una tasa media de crecimiento anual (TMCA) de 3.6%, en términos reales.

Gráficamente la evolución del GFCyT se muestra a continuación:

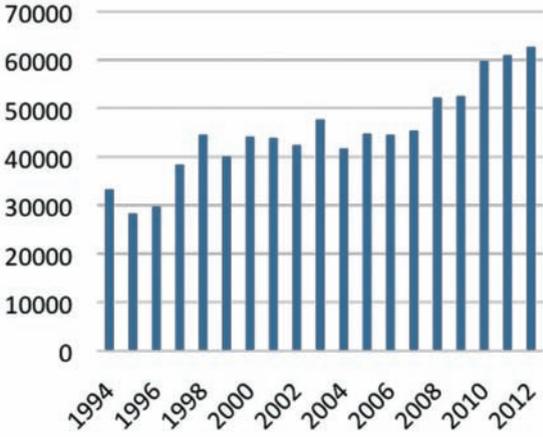
Tabla 3. Evolución del GFCyT y GFCYT/PIB

AÑO	\$ (millones)	GFCYT/PIB
1994	33 287	0.33
1995	28 292	0.30
1996	29 767	0.30
1997	38 365	0.36
1998	44 548	0.40
1999	40 077	0.35
2000	44 137	0.36
2001	43 836	0.36
2002	42 405	0.35
2003	47 683	0.39
2004	41 701	0.33
2005	44 723	0.34
2006	44 500	0.32
2007	45 372	0.32
2008	52 188	0.36
2009	52 530	0.39
2010	59 805	0.42
2011	60 955	0.41
2012	62 671	0.40

Fuente: elaboración propia a partir de CONACYT 2014.

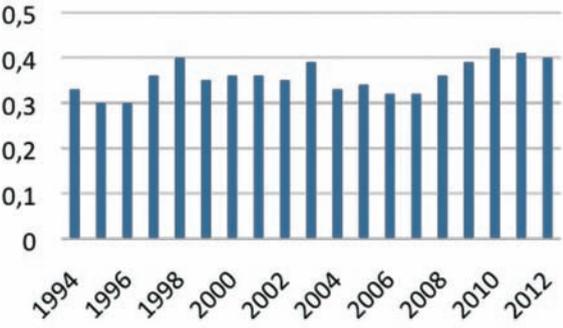
Gráficamente pueden ser representados como se muestra a continuación:

Fig. 2. Evolución del GFCYT
Millones de pesos



Fuente elaboración propia a partir de CONACYT (2014).

Fig. 3. GFCYT / PIB
%



Fuente elaboración propia a partir de CONACYT (2014).

1.5. CAPITAL HUMANO

Los investigadores de México por cada 1000 integrantes de la población económicamente activa (PEA) con respecto a otros países, son expresados como se muestra:

Tabla 4. Investigadores por cada 1,000 integrantes de la PEA por país

PAÍS	2010
Alemania	7.9
Canadá	8.1
Corea	10.7
Chile	0.7
China	1.5
E.U.A. (2007)	9.1
España	5.8
Francia	8.5
Italia	4.1
Japón	10.0
México	0.9
Reino Unido	8.2
Suecia	9.9
Promedio OCDE (2007)	7.2

Fuentes: INEGI-CONACYT, Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico. OECD, Main Science and Technology Indicators, 2012/2.

Hoy día la capacidad científica y tecnológica en México está integrada por 18 554 miembros del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), 1374 posgrados y 41 000 estudiantes que cuentan con una beca otorgada para hacer estudios de posgrado de Maestría y Doctorado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), apoyados por los Centros de Investigación y Universidades que se tienen en México y el extranjero. Por lo que el nivel de estudios de posgrado en México habrá que considerarlo como un factor relevante para el desarrollo de

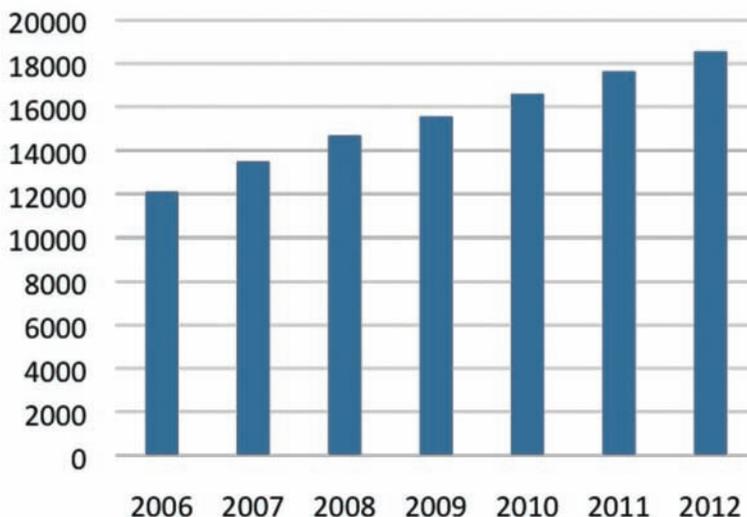
la investigación científica, la innovación tecnológica para incrementar la competitividad que se requiere en México y así participar eficaz y eficientemente en los mercados globales.

Tabla 5. Miembros del SNI

Tiempo	Número	Por millón de Hab.
2006	12 096	115
2007	13 485	127
2008	14 681	138
2009	15 565	145
2010	16 600	153
2011	17 639	161
2012	18 554	169

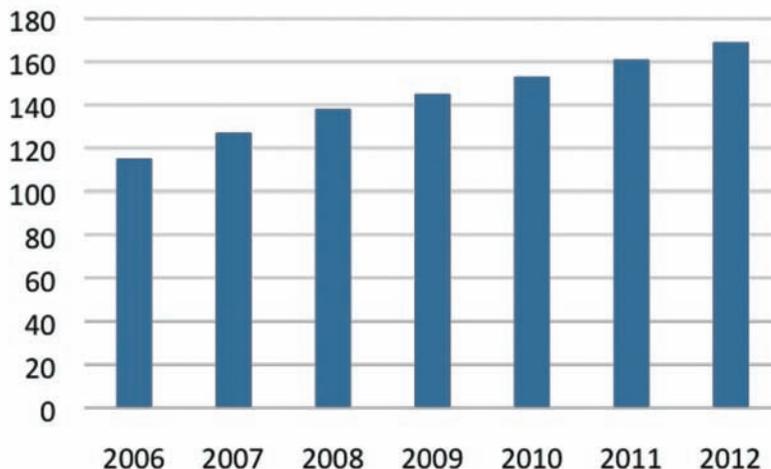
Fuente: elaboración propia a partir de CONACYT 2014.

Fig. 4. Miembros del SNI



Fuente: elaboración propia a partir de CONACYT (2014).

Fig. 5. Miembros del SNI
Por cada millón de habitantes



Fuente elaboración propia a partir de CONACYT (2014).

Lo que muestra que es incipiente la formación de recursos humanos de alto nivel para que a través de su incorporación al trabajo profesional e investigativo, puedan potenciar en un corto, mediano y largo plazo el desarrollo tecnológico, económico y social de México.

1.6. PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN MÉXICO

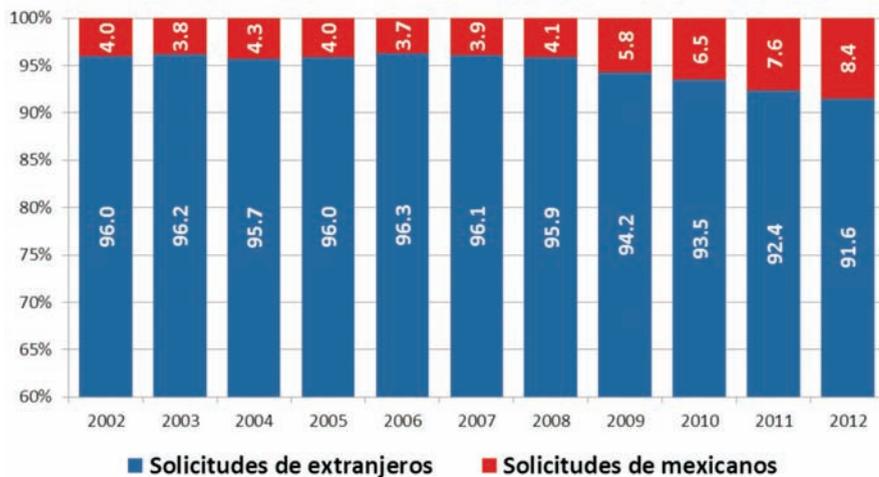
El indicador cualitativo se mide con las citas que reciben los trabajos de investigación. Según el *Institute for Scientific Information (ISI)* durante el quinquenio 2008-2012 los artículos mexicanos recibieron 175,432 citas, un crecimiento de 5.8% respecto al periodo quinquenal inmediato anterior. México ha progresado hacia una mayor producción científica con tendencia clara hacia factores de impacto mayores pero se encuentra aún por debajo de otros países, Por lo que se demanda proporcionar un mayor apoyo a este sector generando políticas públicas

más eficientes y eficaces, y proporcionando mayores niveles de apoyo económico al sector en el que se encuentra inmersa la Ciencia, Tecnología e Innovación.

1.7. PATENTES

De acuerdo con CONACYT (2014). En esta área México tiene un nivel de actividad por debajo de las expectativas. En 2012 la proporción de patentes solicitadas en México por connacionales se ubicó en 8.4% (1,292 de 15,314). Esta debilidad, causada en parte del sistema administrativo de la Ciencia, Tecnología e Innovación que es burocrático y en lo que respecta a la protección intelectual muy inseguro por lo que demanda del fortalecimiento de políticas públicas eficiente en este renglón. Este es uno de los motivos por los que la ubicación del país se encuentra en la posición 72, entre 145 países considerados en el *Índice de la Economía del Conocimiento* del Banco Mundial, lo que da cuenta clara de los grandes retos que se deben enfrentar para transitar hacia una economía que pueda basar su crecimiento en el conocimiento y la innovación.

Fig.6. Proporción de patentes solicitadas en México por nacionalidad del inventor 2002-2012



Fuente: CONACYT 2014.

1.8. INNOVACIÓN Y PRODUCTIVIDAD

Se sabe que la capacidad innovadora de una sociedad, entendida en un sentido amplio, que comprende la innovación productiva, organizacional e institucional, es un factor clave en la determinación de la productividad y competitividad. En el caso mexicano, el estancamiento de la productividad, así como la pérdida de competitividad sustentada sobre bases robustas, son indicadores de dificultades en relación con su capacidad tecnológica e innovadora.

Parte del tejido productivo en México está orientado a realizar actividades en las que los esfuerzos de innovación internos, en las empresas, no constituyen un elemento importante de su estrategia competitiva. Lo anterior es consecuencia del poco monto de recursos destinados a las actividades de investigación, desarrollo e innovación (IDI), la escasa infraestructura con que cuentan para dichas actividades y el reducido número de recursos humanos dedicados a dicha actividad.

Las características productivas que predominan en México se basan en su mayoría en el uso intensivo de mano de obra con poca preparación científica y tecnológica, lo que en parte se explica por el reducido número de investigadores integrantes de la fuerza de trabajo.

En México, las limitaciones del Sistema Nacional de Investigación e Innovación obedecen en gran medida a la escasa demanda industrial de CTI. Ya que, la economía mexicana descansa, en muchos casos, en empresas con componentes tecnológicos marginales que se limitan, en general, a desarrollar productos y servicios concebidos en el extranjero, lo cual genera muy poco valor agregado en términos de innovación.

Uno de los indicadores internacionales aplicado para medir la capacidad innovadora de un país son las patentes. En México las patentes otorgadas reflejan un bajo rendimiento innovador. Lo anterior nos lleva a afirmar que carecemos de políticas para el desarrollo de la producti-

vidad, para impulsar un esfuerzo coordinado y sostenido mediante políticas públicas de largo plazo, consistentes y con recursos adecuados.

1.9. VINCULACIÓN

Un problema central de la política de CTI en México es que existen lazos débiles entre las estructuras de generación y transmisión de conocimientos y los procesos de crecimiento económico e, incluso, de bienestar social. Se carece de políticas públicas que fomenten la relación universidad-empresa para que los egresados de la educación superior, destacadamente los posgraduados, sean absorbidos por el sector productivo público y privado, e incorporados a las actividades que crean valor.

La generación de la capacidad tecnológica es limitada, ya que no se cuenta con el fomento a las inversiones privadas apropiadas ni con políticas públicas de institucionalización y fomento de las relaciones entre quienes participan en investigaciones científicas y el sistema productivo nacional.

Se puede afirmar que las IES representan el eslabón más débil del Sistema Nacional de Innovación, al carecer de políticas de largo plazo e incentivos permanentes para su vinculación con el sector productivo, que incluya la continua revisión y adaptación de los planes y programas de estudio para responder con mayor claridad y certeza a las demandas del mercado y a las necesidades productivas y competitivas del país.

1.10. AUSENCIA DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE LARGO PLAZO

En la actualidad no se cuenta con políticas públicas eficientes que conduzcan a la selección de áreas científicas y tecnológicas clave con visión de largo plazo, en las que se orienten los esfuerzos de asignación de recursos, en función del desarrollo de las disciplinas, la solución de

problemas nacionales, tal que orienten los esfuerzos a un posicionamiento fuerte del país.

La planeación orientada hacia el desarrollo de la Ciencia, Tecnología e Innovación es centralista y realizada por personal poco sensible a fijar objetivos de desarrollo en estos campos, por lo que es de fundamental importancia que en la realización de esta actividad participen recursos humanos altamente calificados con formación académico-científica sólida y con experiencia en la gestión de sistemas públicos y privados, lo que llevará a un mejor diseño, ejecución y vinculación de las políticas públicas con los sectores público, privado, económico y social de México.

No se cuenta con políticas públicas articuladas, que fomenten la relación gobierno-sector privado para facilitar la identificación de los sectores, bienes y servicios en los que las ventajas comparativas y la competitividad de las empresas, las coloquen a la vanguardia a nivel nacional y frente a otros países.

Falta precisar las áreas estratégicas del conocimiento que tienen un impacto en varios sectores y que deben estar interrelacionadas con las prioridades de los programas sectoriales para impulsar y consolidar cadenas tecnológicas o de innovación.

El actual tratamiento de la política nacional en C&T, parte de la *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*, que en la fracción V de su artículo 3º, referido a la educación, dispone de manera expresa que el “Estado apoyará la investigación científica y tecnológica” (fracción V), lo cual no tiene una expresión como parte de la estrategia de desarrollo económico y social, ni está vinculada con la planeación del país, lo que sigue reflejándose en diseños de política que tienen un origen meramente gubernamental.

1.11. DEBILIDADES DEL MODELO INSTITUCIONAL

En la elaboración de la política de CTI confluyen múltiples actores que generan una fragmentación tanto vertical como horizontal. La fragmentación horizontal, es decir, la intersectorial, se refiere a que diversas dependencias gubernamentales tienen facultades en la materia, y no siempre inciden de manera armoniosa. Lo anterior propicia que se siga reproduciendo un esfuerzo disperso y desarticulado entre las dependencias y entidades federales y estatales, que impide la determinación de las prioridades sectoriales y regionales.

Lo anterior se refleja en las atribuciones y en el presupuesto, ya que si bien el CONACYT actúa jurídicamente como cabeza de sector, la realidad es que este organismo sólo maneja aproximadamente 30% del gasto federal en la materia, pues el resto se encuentra en las diversas secretarías, organismos descentralizados y algunos organismos desconcentrados y empresas paraestatales, lo que hace que la burocracia no aproveche adecuadamente el recurso canalizado a CTI y lo use para eventos distintos a lo que fue destinado inicialmente.

1. PERSPECTIVAS

Serán establecidas de acuerdo con CONACYT (2014), buscando la orientación de las políticas públicas para la ciencia, tecnología e innovación en México, como se describe a continuación:

- El conocimiento y la innovación son factores estratégicos para contribuir a un desarrollo social sustentable, cuidar el medio ambiente, mejorar la competitividad y elevar la calidad de vida.
- Se debe avanzar sólidamente en la construcción de una sociedad del conocimiento centrada en las personas, inclusiva y orientada al desarrollo, que esté inspirada por objetivos de inclusión social,

reducción de la pobreza y el progreso en el marco de un desarrollo económico y social equilibrado.

- El conocimiento y la innovación son ingredientes fundamentales para impulsar la sociedad del conocimiento, la cual es un modelo que ayuda a combatir la pobreza, acortar las desigualdades sociales, reducir las inequidades, disminuir la distancia entre los países del norte y los del sur, fortalecer la competitividad, participar en la tercera revolución industrial –la de la era de la digitalización y de las ciencias emergentes, favorecer el desarrollo de las regiones y la constitución de espacios sociales con capacidad de iniciativa, afianzar la libertad de expresión y fortalecer la democracia.
- El binomio investigación-innovación es el modelo adecuado para fomentar el desarrollo del conocimiento, impulsar su transferencia social, favorecer la valoración social y estimular la competitividad empresarial.
- La política de CTI debe satisfacer una coordinación efectiva entre los tres niveles de gobierno (Federal, Estatal y Municipal) que otorgue coherencia a una política de alcance nacional; una firme coordinación intersectorial, en donde los esfuerzos de las secretarías de Estado involucradas confluyan en una sola acción encaminada a satisfacer los objetivos de la política; y, finalmente, una sólida vinculación con los grupos destinatarios (sociales y privados) para asegurar la efectividad de dicha política.
- La planeación, el seguimiento y supervisión, la evaluación integral y externa, la ética y la deontología, la transparencia y la rendición de cuentas son elementos imprescindibles para la organización y gestión del conocimiento y la innovación en el siglo XXI.
- Las políticas nacionales, sectoriales y regionales, deben prever un apoyo constante y de largo plazo a la ciencia y la tecnología, a fin

de garantizar el fortalecimiento del potencial humano, crear instituciones científicas, mejorar y modernizar la enseñanza de la ciencia, integrar la ciencia en la cultura nacional, crear infraestructuras y fomentar las capacidades en materia de tecnología e innovación.

- La vinculación entre las instituciones de educación superior, centros de investigación públicos y privados y el sector productivo contribuye al desarrollo científico del país en la medida en que es fuente de ideas para el desarrollo de nuevos proyectos de investigación básica y aplicada, esto permite experimentar en nuevas líneas de trabajo y es espacio para la formación de recursos humanos de alto nivel de acuerdo a los requerimientos y necesidades de los usuarios.
- La innovación es fundamental en la generación de conocimiento; existe un estrecho vínculo entre generación del conocimiento y desarrollo tecnológico, al igual que entre investigación básica y aplicación del conocimiento.

CONCLUSIONES

De acuerdo con lo planteado anteriormente a nivel de conclusión se tiene, que para potenciar el desarrollo de México y posicionarlo en los mercados globales y en la economía del conocimiento, se requiere que los administradores de la CTI pongan los ojos en el fortalecimiento del ciclo virtuoso basado en el establecimiento de relaciones 1:1 entre (*Gobierno* → *IES (Centros e Institutos de Investigación)* → *EMPRESAS*), manejándolo como un ciclo cerrado para todo tiempo entre sus componentes, estos elementos apoyados fuertemente por la gestión como un elemento de apoyo para su integración y para la elaboración, aprobación e instrumentación de una verdadera política pública que de soporte y operatividad y pueda potenciar el desarrollo económico, político y social de México, y de esta forma buscar que los pobladores

de esta bella nación a través de la CIT logren sus objetivos de corto, mediano y largo plazo, sus satisfactores y esto les permita que sean más felices.

BIBLIOGRAFÍA

AMC (2006). Por un Nuevo Paradigma de Política Pública para el Conocimiento y la Innovación en México. Academia Mexicana de Ciencias, abril de 2006. México.

ANUIES (2011). Anuarios Estadísticos de Posgrado. México.

ANUIES (2006). Consolidación y avance de la educación superior en México: temas cruciales de la agenda. ANUIES, mayo de 2006. México.

CONACYT (2014). Programa especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (2014-2018). CONACYT. México.

CONACYT (2013). Encuesta de Graduados de Doctorado. México.

CIDE-UNAM (2006). El Diseño Institucional de la Política de Ciencia y Tecnología en México. CIDE-UNAM (IIJ), mayo de 2006. México.

Gil Aluja J. (2014). El mundo en el que es imposible volver atrás. Publicado en el libro *Revolución, Evolución, e Involución en el futuro de los Sistemas Sociales* (2014). Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras (RACEF). Barcelona España.

FCCyT. (2012). Informe General del Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, 2012

FCCyT. Diagnósticos en Ciencia, Tecnología e Innovación. México.

FCCyT (2006). Bases para una Política de Estado en Ciencia, Tecnología e Innovación en México, versión para comentarios. Abril de 2006. México.

FCCyT (2005). Propuesta de Trabajo REDNACECYT”, en el Seminario Permanente FCCyT sobre Políticas de CTI en México, septiembre de 2005. México.

Foro Económico Mundial. Índice Global de Competitividad del Foro Económico Mundial.2010-2011

OECT, OEA (2005). Ciencia, Tecnología, Ingeniería e Innovación para el Desarrollo. Una Visión para las Américas en el Siglo XXI”. OECT, OEA, noviembre de 2005.México.

UNESCO (1999). Conferencia Mundial sobre la Ciencia. UNESCO, Budapest, Hungría, junio - julio de 1999.

SOS HOMO SAPIENS



Sr. Dr. Joaquín García Dibigo
Profesor titular de la Universidad de Matanzas (Cuba)

RESUMEN

El trabajo que se presenta aborda los actuales riesgos ambientales, sociales y económicos a los que se enfrenta hoy el hombre como consecuencia de la antropización del medio.

Inicia con un breve recuento histórico dando paso a las diferentes etapas de desarrollo de la humanidad y los cambios que se produjeron en el medio como consecuencia de la procura incesante de mejoras en las condiciones de vida.

Se plantean algunas de las actuales estrategias para lograr la sostenibilidad del planeta en lo referente a la energía, el agua y otros recursos imprescindibles para la humanidad.

ABSTRACT

The work presented deals with the current environmental, social and economic risks which human beings are facing today as a result of the anthropization of the medium. It begins with a brief history giving way to the different stages of human development

and the changes that occurred in the environment as a result of the relentless pursuit of improvements in living conditions. There are some current strategies to ensure the sustainability of the planet in relation to energy, water and other essential resources.

INTRODUCCIÓN

En la Lista Roja de las Especies Amenazadas, dada por la Unión Mundial para la Conservación, donde se relacionan aquellas que de forma alarmante tienen posibilidades de extinguirse, el Homo Sapiens no se encuentra entre ellas.

Sin embargo en un lapso relativamente corto de tiempo han ocurrido una serie de transformaciones en su hábitat, causadas por la misma acción humana, que han puesto en riesgo su propia existencia. No se trata de que sus poblaciones hayan mermado, criterio en el que se basa dicha organización y que sería el indicio más evidente, sino de los drásticos cambios que han ocurrido en el ambiente, y lo que está aún por demostrarse es si su velocidad de respuesta puede ser capaz de lograr la adaptación que requiere.

Los cambios filogenéticos necesitan de mucho más tiempo para establecerse que la rapidez con que se están produciendo las transformaciones en el entorno, condicionadas por el desarrollo y descubrimiento de nuevos medios de producción que generan o imponen nuevas condiciones de vida y de trabajo. Basta sólo con echar una mirada retrospectiva de unos 150 años atrás para poder comprender los enormes cambios en el modo de vida del hombre. Las comunicaciones más rápidas eran enviadas a caballo o a vela, el transporte más veloz era movido por la tracción animal, el trabajo exigía, casi de manera absoluta, solo esfuerzo físico, la pólvora constituía el arma más letal, sin luz artificial, ni radio, ni televisión. Descubrimientos realizados todos en ese breve lapso

de tiempo, exigiendo del hombre nuevas demandas para dar respuesta a las nuevas condiciones impuestas, las que si bien contribuyen al desarrollo económico y social, ignoran los efectos que en el hombre pueden producir tales exigencias, amparados generalmente en el falso criterio de que en todos los casos y bajo todas las circunstancias se favorece el desarrollo y se humaniza el trabajo. Por solo citar un ejemplo, podemos señalar el uso sistemático de profesiones que demandan elevados componentes cognitivos derivados del empleo de la informática, una profesión que exige la participación del sistema nervioso central. Los límites que el hombre puede tolerar en profesiones con estas características están aún por estudiar y sin embargo se le exige indiscriminadamente cada vez más y más. ¿Podrá el ser humano adaptarse a las exigencias de estas nuevas tecnologías con el rigor que impone los profundos cambios en el modo de vida, en el breve lapso de 150 años?

EL INICIO

Hace algunas decenas de miles años la actividad humana esencial para subsistir se centraba en la caza, la pesca y la recolección. Cambios climáticos caracterizados por regímenes de lluvias favorables propiciaron la aparición de la agricultura, que en Mesoamérica aconteció entre los años 5000 y 8000 AC. Paralelamente, la domesticación de animales contribuyó al fin del nomadismo y el inicio de los primeros asentamientos humanos. La transición de una sociedad basada en la caza y la recolección cambió hacia una organización social basada en la agricultura y cría de animales, trayendo aparejados los primeros atisbos de impactos ambientales, fundamentalmente por la tala de árboles, erosión de los suelos, modificación paisajística y otros cambios asociados a la creación de las necesarias modificaciones hechas al entorno para propiciar asentamientos humanos estables. En Mesopotamia se sitúan las ciudades de Ur, actual Irak, Sippar, Uruk y Nínive, como las primeras comunidades con poblaciones considerables, mientras que en América

se reconoce a la ciudad de Caral, actual Perú, y más al norte la ciudad de Teotihuacán, en el actual México.

Este largo proceso de civilización estuvo determinado por el desarrollo de los medios de producción que en un largo proceso evolutivo se hicieron más complejos, obteniendo como resultado la creación de útiles y herramientas de trabajo cada vez más fuertes y resistentes, las que le permitían obtener mayores ventajas sobre la naturaleza.

Este lento proceso de antropización del medio, tuvo puntos relevantes con el descubrimiento y uso, primero del hierro, después del bronce, los que le permitieron cazar y labrar la tierra cada vez con mayor efectividad y obtener mayores dividendos, al tiempo que aceleraban el impacto del hombre sobre el medio. Fue el inicio de todo un período de tiempo que duró largos milenios y en los que, siempre condicionados por el desarrollo de los medios de producción, las transformaciones al entorno se fueron profundizando cada vez más, en la procura de mejores condiciones de vida.

Todo este paulatino y lento camino en el que el hombre, algunas veces de forma imperceptible y otras veces más marcada, fue transformando su hábitat natural, tuvo un punto de inflexión que catalizó de manera brusca y dramática el problema: la Revolución Industrial.

Iniciada en Inglaterra, se extendió rápidamente por otros países europeos que veían las enormes ventajas económicas que le reportaban las recién descubiertas máquinas, que en un principio movidas por vapor y finalmente por electricidad, multiplicaban las ganancias. Su impacto fue tan grande que dio origen a la entronización de las industrias como forma esencial de producción, relegando en importantes regiones del planeta a las formas tradicionales de producir bienes de uso y consumo.

Su impacto en la sociedad no fue menor. Por primera vez existían fuentes de empleo que asimilaban grandes conglomerados humanos, los que a su vez encontraban en la industria su fuente de subsistencia. El obrero asalariado surge como clase social, indisolublemente ligada al dueño de los medios de producción. Era el fin del feudalismo, una formación económica y social que fue superada por otra más avanzada, el capitalismo, cuyos progresos económicos eran incuestionablemente mayores.

La productividad de las recién descubiertas máquinas era enorme y las ganancias también. Pero para obtener estos jugosos dividendos necesitaban de energía, y es entonces y por primera vez, que la atmósfera comienza a recibir de manera sistemática cargas contaminantes de emisiones de gases, polvo y ruido, fenómenos desconocidos hasta entonces. La ausencia de normativa y legislación que regulara sus concentraciones acentuó el problema.

Desde el punto de vista social, la situación no era más halagüeña: no existían leyes para regular las edades mínimas para comenzar a trabajar, ni seguros contra accidentes del trabajo, ni jornadas laborales acordes con las capacidades físicas del hombre. El empirismo, puso las reglas del juego trayendo como consecuencia uno de los panoramas sociales más dramáticos que recuerda la historia de la humanidad, tal vez solo superado por la sociedad esclavista.

La voracidad de las nuevas tecnologías, movidas ahora por eficientes máquinas, comienzan a demandar del entorno cada vez más energía proveniente de los residuos fósiles orgánicos, multiplicando así la tasa de extracción de estos recursos, tal y como se muestra en el gráfico.

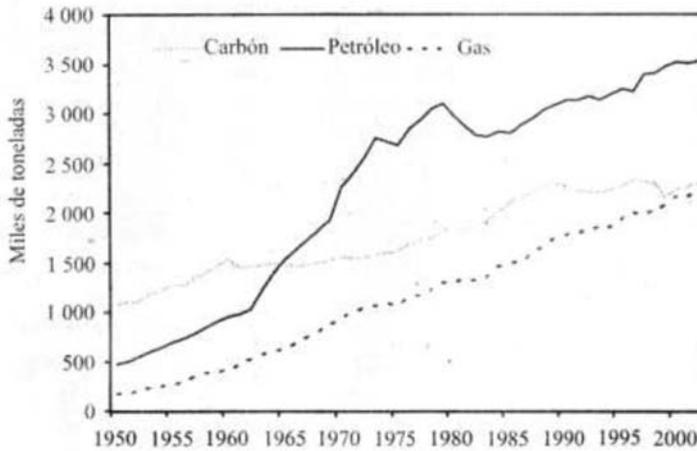


Fig. 1 Consumo global de combustibles fósiles

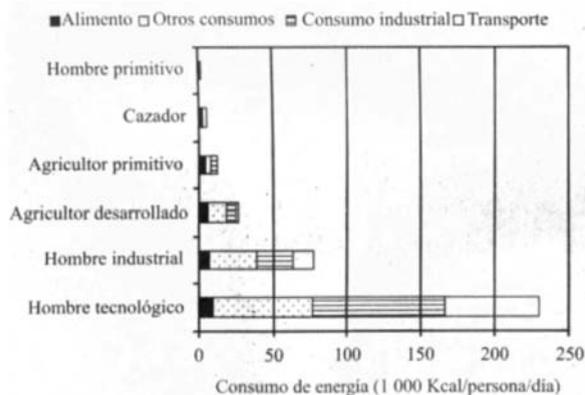
Paralelamente, otro fenómeno en cierta forma vinculado con los avances tecnológicos, esta vez en el ámbito de la salud, comienza a desarrollarse. Los descubrimientos en el campo de la química, la biología, la farmacología y otras ciencias afines, inciden de manera favorable en la reducción de enfermedades de todo tipo, la mortalidad infantil se reduce, la tasa de fallecidos por enfermedades, antes incurables, disminuye. La salubridad y la higiene, caldos de cultivo para las epidemias que azotaban y diezmaban a poblaciones enteras, mermaron.

Estas condiciones propiciaron que en el brevísimo lapso de tiempo que comprende entre mediados del siglo XVIII y nuestros días, la población del planeta se multiplicó por mucho. No existe una especie en la naturaleza que haya tenido semejante crecimiento exponencial.

Por otra parte, las reglas de juego que habían funcionado en la naturaleza para mantener las poblaciones de las especies en números proporcionales como condición indispensable para conservar el equilibrio en la trama biológica, habían sufrido un cambio. El hombre no tenía un depredador natural que controlara el número de su población, como sucede con el resto de especies.

En la figura 2 se aprecia cómo hasta el año 1700, aproximadamente, la curva era muy estable, caracterizada por altos índices de natalidad y mortalidad, lo que estabilizaba el crecimiento poblacional.

Fig. 2. Curva de crecimiento de la población humana



Esta tendencia a la alza de la población del planeta, se prevé que continúe su ascenso en las próximas décadas, según los datos de las Naciones Unidas.

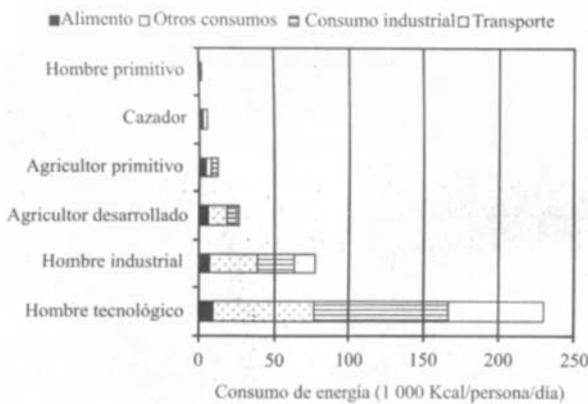
Tabla No 1 Proyección de la población mundial por regiones, en millones de personas.

Región	Hasta el año					
	2000	2010	2020	2030	2040	2050
África	831 596	1 069 378	1 347 789	1 642 251	1 905 564	2 140 844
América	830 155	935 414	1 033 983	1 117 664	1 180 007	1 227 524
Asia	3 735 846	4 263 948	4 744 481	5 156 470	5 492 658	5 741 005
Europa	729 803	728 741	722 574	711 939	695 609	977 764
Oceanía	30 651	34 814	39 028	42 289	44 390	46 070
Países Desarrollados	1 185 536	1 212 865	1 231 987	1 236 179	1 223 660	1 207 504
Países en Desarrollo	4 972 515	5 819 430	6 655 869	7 434 435	8 094 566	8 625 703
Población Total	6 158 051	7 032 294	7 887 856	8 670 614	9 318 226	9 833 208

A todo ello hay que sumar que la esperanza de vida aumentó como promedio a nivel mundial, y aunque existen muchas desigualdades en este indicador entre países ricos y pobres, además de mucha incertidumbre en los datos, no hay duda de que ha ocurrido un sustancial incremento.

Adicionalmente el consumo de energía por persona, también aumentó significativamente. El siguiente cuadro muestra el sustancial incremento que ha tenido a través del tiempo, dado por el desarrollo de los medios de producción y por el modo de vida, destacando sobremanera al hombre actual que tiene una gran dependencia de los combustibles fósiles.

Fig. 3 Consumo de energía en diferentes etapas históricas.



Entonces, ¿cuál es el escenario que se presenta hoy?

Una población multiplicada muchas veces, un incremento del consumo per cápita incrementado exorbitantemente, en una población que ahora vive más tiempo.

La combinación dada al unísono de estos tres factores tensan el planeta, único encargado de satisfacer las nuevas demandas de la población y, lo que es tan o más importante, único receptor de los subproductos derivados de la fabricación y el consumo de esos artículos.

Si el agotamiento de los recursos naturales ha sido un elemento que ha agravado la crisis, la emisión de desechos ha sido aún peor.

Hoy, tal vez el reto más importante que se le presenta a la humanidad es cómo detener el acelerado cambio climático, producto de la combinación de la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI), derivados de la combustión de residuos fósiles, y de la emisión a la atmósfera de gases refrigerantes, conocidos como Clorofluorocarbonos, que de manera conjunta han tributado a lo que hoy llamamos calentamiento global y que, sin pretender ser apocalípticos, amenaza directamente a la extinción de la especie.

CONTRIBUCIÓN A LA SUSTENTABILIDAD DEL PLANETA

Ante estas realidades ¿cómo contribuir a la sustentabilidad del planeta?

Con relación a los gases agotadores de la capa de O₃, su producción ha ido decayendo paulatinamente, gracias al éxito del Protocolo de Montreal, el cual ha limitado sensiblemente su utilización, al ser sustituido por otros gases con ventajas similares desde el punto de vista doméstico, industrial y comercial, pero sin afectar la capa de O₃. No obstante, se considera que su recuperación tardaría otro medio siglo.

Con relación a las Fuentes emisoras de GEI el problema es mucho más complejo, ya que son las responsables hoy de proveer el 89 % de toda la energía del planeta, de forma que en líneas generales, las soluciones apuntan a:

- Generar patrones de consumo más eficientes y ahorrativos.

Resulta común observar el excesivo, absurdo y aberrante consumo de productos ajenos a las reales necesidades del hombre, muchas veces alentados por la voracidad de empresarios que desencadenan fuertes campañas publicitarias estimulando la compra de sus productos.

La “obsolescencia programada” término en boga utilizado para definir la proyectada e intencionada muerte de la vida útil de un componente o equipo, buscando su reposición por el mercado, muestra la necesidad de reconsiderar los actuales patrones de consumo, para hacerlos más duraderos y así reducir la demanda de materias primas al planeta, contribuyendo además, a la disminución de los vertederos y basureros, atiborrados de artículos y equipos dañados e inútiles producto de una corta vida útil.

- Aprovechar racionalmente los recursos naturales existentes.

Concepto definido como la obtención de las mayores ventajas económicas y sociales, con el mínimo de consumo de combustible y con el menor daño ambiental.

Solo el conocimiento integral de los procesos que se generan en cada caso, la modernización de la tecnología, la educación ambiental y energética y la conciencia de la existencia de un planeta finito en recursos naturales y como receptor de desechos, permitirá enfrentar el asunto.

Algunos elementos que pueden contribuir a ello son:

- a) El uso de fuentes renovables de energía.

Hoy, una buena parte de lo mejor de la ciencia mundial se dedica al estudio, desarrollo e implementación de fuentes de energía que no consuman residuos fósiles.

A los actuales ritmos de consumo y considerando las actuales reservas energéticas descubiertas no renovables, se estiman en décadas su agotamiento total.

Después del desastre en la atomoeléctrica ucraniana de Chernóbil en 1986, y del accidente de la central nuclear japonesa de Fukushima en el 2010, la energía nuclear, por la que apostaban algunas de las principales corrientes de pensamiento como sustituto de los combustibles fósiles, decayó notablemente. Hoy, los países europeos que generan más del 50% de su energía extraída de la fusión del átomo, han descartado su utilización para el futuro, alarmados por la ocurrencia de sucesos ambientales impredecibles hasta hoy derivados de las bruscas alteraciones del clima.

- b) Sustitución de equipos y accesorios eléctricos, de alto consumo por otros de bajo consumo.

El análisis energético de toda una vasta gama de artículos de uso doméstico que nos rodean a diario en nuestras casas y centros de trabajo puede convertirse en una importante fuente de ahorro energético. Como ejemplo tenemos la sustitución de fuentes de luz incandescente por otras llamadas ahorradoras o CFL, capaces de reducir en varias veces la potencia consumida, sin modificar el nivel de iluminación logrado. Adicionalmente, estas fuentes de luz ahorradoras tienen, además, una vida útil mucho mayor.

Un análisis similar pudiera hacerse con los equipos de aire acondicionado, refrigeradores, televisores, etc, cuya sustitución por tecnologías más eficientes son capaces de producir importantes ahorros energéticos.

- Tratamiento y reutilización de aguas residuales.

Una gran cantidad de plantas de tratamiento de aguas residuales han sido diseñadas, con el fin de reutilizar este vital líquido con diversos objetivos. Son los casos de las plantas potabilizadoras, las que utilizan lodos activados, las lagunas de oxidación, las que filtran el agua con materiales tensoactivos como el carbón activado y muchas otras que se basan en diversos mecanismos químicos, físicos o biológicos para depurarlas. Sin embargo, aún su uso es limitado y las cantidades de agua reutilizadas por ellas es mínima.

En los países subdesarrollados, alrededor del 80 % de las enfermedades se asocian al consumo de agua no potable y a las malas condiciones sanitarias. Se estima que alrededor del 50 % de la población de estos países está expuesta a fuentes de aguas contaminadas, según la UNESCO y PNUD.

PORCENTAJE DE LA POBLACION SIN COBERTURA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO ADECUADO

Regiones	Sin agua potable (%)	Sin saneamiento adecuado (%)
Asia meridional	15,0	60,6
Asia oriental y Pacífico	20,9	49,3
Estados árabes	12,1	25,8
África subsahariana	45,5	63,3
América Latina y el Caribe	9,0	21,8

Ojalá en el más breve plazo se tome conciencia de la pronosticada escasez que tendrá en el futuro, para que se tomen las medidas hoy sin esperar a la más que anunciada crisis de este vital líquido, para desatar una campaña de ahorro y reutilización. Es la crónica de una muerte anunciada, parafraseando al eminente escritor colombiano García

Márquez, de lo que hoy estamos viviendo con el petróleo. Esperemos que no se repita la historia.

- Reciclaje y reutilización de productos.

Uno de los grandes desafíos ambientales y sociales que hay que enfrentar es la acumulación de desechos de todo tipo: vertederos, basureros, incluso zonas relativamente grandes destinadas a la deposición de desechos. Muchos de ellos pueden ser reciclados o reutilizados. Los casos más generalizados y sobre los que ya existen experiencias, son los de papel, cartón, latas de hierro o aluminio, vidrios de diferente composición estructural, neumáticos, aluminio, cobre, etc.

No obstante las experiencias son pálidas e incluso simbólicas si se compara con la producción que de ellas se realiza.

Se estima que cada habitante del planeta genera como promedio 1 Kg de basura/día. Su composición varía mucho en cantidad y contenidos entre países ricos y pobres. Si se utilizara todo este potencial en un proceso que pudiera comenzar por la clasificación selectiva en los puntos de utilización para después ser llevados a los centros de reutilización o reciclaje, la problemática se reduciría significativamente. No se descarta aquella basura con alto componente orgánico para producir energía, bien quemándose en hornos destinados al efecto, o enterradas para esperar la producción del gas metano, fruto de su descomposición.

Se han mencionado solo algunas formas para contribuir a la sustentabilidad del planeta. Existen otras vías. La clave está en estimular al talento humano en la búsqueda de un desarrollo tecnológico que conduzca a la creación de artículos y equipos que consuman menos recursos y generen menos desechos, alentados por el convencimiento de agotabilidad y fragilidad del planeta. Solo la creación y generalización de esta conciencia en las diferentes capas sociales, todas protagonistas, contribuirá a mitigar los impactos.

ARISTAS ECONÓMICAS Y SOCIALES DEL DESARROLLO SUSTENTABLE

Desde el punto de vista económico resulta oportuno señalar que muchos partidos políticos, corrientes sociales o empresarios procuran a toda costa lograr impresionantes crecimientos económicos en breve plazo para alcanzar ventajas competitivas sobre sus rivales. Para ello, en ocasiones, ignoran los impactos que producen la rápida y despiadada explotación de los recursos naturales así como la degradación que provocan en el medio.

Los principios económicos y sociales del desarrollo sustentable deben considerar la generación de empleo para sus pobladores, partiendo del uso de los recursos autóctonos de la región. Deben estimular a los emprendedores locales en la creación de empresas que hagan uso racional de los recursos naturales de su entorno, empleando la mano de obra local, la que a su vez saldrá beneficiada del desarrollo de esas iniciativas. Todo ello contribuye a una mejora en las infraestructuras que soportan la actividad empresarial, desde las obras civiles como caminos, carreteras, energía y agua, hasta el impulso que se logra en los proveedores y todo el sistema logístico encargado del abastecimiento de materias primas y distribución de sus productos en el mercado.

Una vez más, la determinación de las necesidades sociales, su consecuente estudio de mercado y la evaluación de las inversiones a realizar, son los puntos de partida para el establecimiento de estas formas de economía locales.

La participación de la comunidad en el proyecto y desarrollo de estas iniciativas debe ser no solo considerado, sino además permitir que tomen parte en la toma de decisiones.

Las experiencias obtenidas con el agroturismo, como una de las variantes del turismo rural, consistentes en la prestación de servicios turísticos de alojamiento y restauración por parte de los agricultores y ganaderos en instalaciones agrarias activas en las que el turista participa de las actividades del agricultor o granjero, es un buen ejemplo de efectividad del desarrollo sustentable.

Adicionalmente estas iniciativas empresariales de pequeña escala, resaltan el valor de lo auténtico de las comunidades, muestran la historia, la cultura y sus costumbres, lo cual supone un valor agregado al producto que se oferta.

Hoy asistimos a un consenso generalizado entre especialistas, científicos, empresarios y decisores a cualquier instancia, sobre que para lograr el desarrollo sustentable hay que considerar 3 elementos:

- Económico: Encargado de producir bienes y servicios para mejorar el bienestar de la humanidad.
- Social: Propiciar el logro de las aspiraciones humanas, favoreciendo la equidad en las oportunidades.
- Ambiental: Lograr un desarrollo económico y social armónico con el entorno.

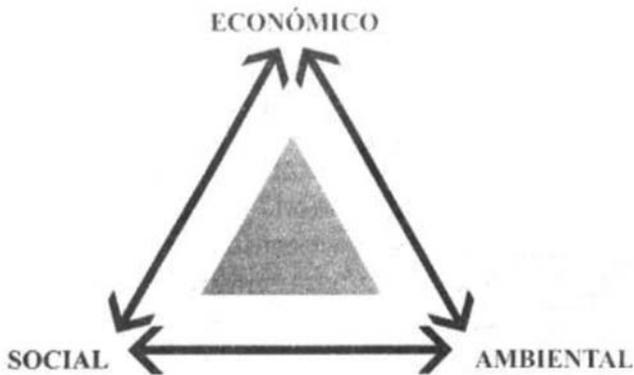


Fig. 4 Pilares del desarrollo sustentable.

Desarrollarnos bajo estas premisas que hoy aceptamos, al menos en plano teórico sin objeción, fue intuido ya desde finales del siglo XIX.

En una carta enviada por Noah Seathl , jefe de la tribu Duwamish, al presidente de los E.U. en 1885, en pleno apogeo de expansión de ese país al oeste, expresa entre otras cosas:

“... (el hombre blanco) trata a su madre, la tierra, y a su hermano el firmamento, como objetos que se compran, se explotan y se venden como ovejas o cuentas de colores. Su apetito devorará la tierra dejando atrás un desierto.

“Esto sabemos: la tierra no le pertenece al hombre, el hombre le pertenece a la tierra”.

Solo con este extraordinario nivel de sensibilidad es posible alcanzar la ansiada sustentabilidad que aspiramos.

BIBLIOGRAFIA

- 1- Baisre, J. (2008). SOS Homo Sapiens, Editorial Científico-Técnica, La Habana.
- 2- Brown, L. R. (2005) Outgrowing the Earth: The Food Security Challenge in an Age of Falling Water Tables and Rising Temperatures, W.W. Norton and Co., Earth Policy Institute NY. 233
- 3- Ellur, R:F (1987). Environment, Subsistence and Systems. The Ecology of Small-Scale Social formations, Cambridge, University Press, N Y. 324 pp.
- 4- Pinch, R. (2008). Cambio climático. Globalización y subdesarrollo. Editorial Científico-Técnica, La Habana.
- 5- “Summary for policy Makers” en Climate Change (2007). The Physi Science Basic. Contribución del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC.
- 6- Sitio Web de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) www.epa.gov/climatechange/endangerment.html
- 7- UNEP.CEO Yearbook 2006: An overview of our changing environment, United Nations Environment Program.

LA MATEMÁTICA NO NUMÉRICA EN EL FUTURO DE LAS CIENCIAS ECONÓMICAS



*Excma. Sra. Dra. Ana María Gil Lafuente
Académica de Número de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras*

Permítanme, ante todo, expresar el más sentido agradecimiento por haberme brindado la oportunidad de presentar aquí, en este bello y querido país que es Cuba, algunos pensamientos en torno a la idea central que nos reúne y que recoge tres conceptos fundamentales, todos ellos referidos al ámbito de la economía: ciencia, futuro e incertidumbre.

Ante este importantísimo tema se abre ya, desde el inicio, una interesante reflexión: las investigaciones económicas no deben ni pueden circunscribirse exclusivamente a la construcción “in abstracto” de estructuras con validez formal sino que deben permitir, también, actuar en las realidades de cada tiempo.

Esto nos lleva a considerar otro de los elementos determinantes del ámbito de estudio: la naturaleza de las realidades económicas futuras.

En una primera aproximación, repetimos, sólo primera aproximación, no resulta difícil aceptar que nos enfrentamos ya hoy, pero más nos enfrentaremos todavía en los próximos períodos, a la existencia de un horizonte con realidades cambiantes, en direcciones difícilmente

previsibles ni en el ámbito de la certeza y ni siquiera en términos de azar.

Así, pues, nos encontramos ante la expectativa de unos cambios no evolutivos sino revolucionarios sin precedentes en la historia de los hechos económicos. Sólo por esto, aún cuando existen otras causas, la ciencia económica se está viendo obligada a una revisión total y en profundidad de las “doctrinas” hasta ahora aceptadas con carácter de generalidad.

Pero antes de entrar de lleno en el núcleo fundamental de nuestro trabajo, y contando con el beneplácito de este ilustre auditorio, deseáramos esbozar unos puntos de referencia susceptibles de colaborar en la construcción de los límites de validez de nuestras conclusiones.

Se impone, cada vez más, situar las informaciones del pasado en su verdadero contexto, sobre todo, cuando se realizan estudios dirigidos a un futuro que no es una proyección lineal del pasado. Cuanto acabamos de señalar, sin embargo, no impide el “recuerdo” del pasado pero, en cambio, lo que sí impide es su traslación hacia los períodos venideros basada en automatismos.

Esto implica el rechazo de aquel “mecanicismo” a partir del cual se ha ido construyendo la llamada “ciencia económica”, mecanicismo que nos ha legado la costumbre de pensar y actuar en términos de estricta lógica booleana: sí, no; blanco, negro;... lo que da lugar a la utilización más genuina del “principio del tercio excluso” (*tertium non datur*): “Toda proposición o es verdadera o es falsa”.

Pero el rechazo del mecanicismo exige su sustitución para disponer de elementos teóricos y técnicos capaces de hacer frente a las inéditas necesidades surgidas del nuevo mundo que de tan cambiante se ha convertido en incierto.

Estos elementos teóricos y técnicos sólo podrán ejercer su papel si se hallan sustentados por un nuevo principio. Desde hace ya algunos años disponemos del que se conoce como “principio de la simultaneidad gradual”¹ El camino recorrido desde su presentación a los medios científicos ha sido espectacular.

Realizadas estas breves y obligatoriamente incompletas observaciones, abogamos por intensificar los esfuerzos de colaboración entre científicos, pero también, entre instituciones académicas y universitarias. Creemos que, actuando así, se conseguirá potenciar la actividad científica, corrigiendo los errores y avanzando en una sincronía en la diversidad.

Todos, absolutamente todos, debemos estar comprometidos en la construcción de una nueva sociedad impregnada de justicia social y de la deseada igualdad. Sólo con una y otra será posible el verdadero progreso económico.

Con objeto de conseguir estos objetivos creemos necesario llamar la atención de tantos investigadores sumidos en un marcado desconcierto cuando, ante unas realidades llenas de convulsiones que hacen la vida inestable, insisten en tratarlas como se habría hecho en épocas pretéritas envueltas en estabilidades.

Afortunadamente no faltan investigadores inquietos que rompen los lazos que les atenazan con el pasado y buscan soluciones emprendiendo nuevos caminos en los que están tomando una posición cada vez más activa las fluctuaciones y las inestabilidades.

¹ El principio de simultaneidad gradual fue enunciado por Gil Aluja, J. (1996, November). Lances y desventuras del nuevo paradigma de la teoría de la decisión. En *Actas del III Congreso de la Sociedad Internacional de Gestión de empresas y Economía Fuzzy (SIGEF) celebrado en Buenos Aires (Argentina)* (Vol. 1).: “Toda proposición puede ser a la vez verdadera y falsa a condición de asignar un grado a su verdad y un grado a su falsedad”

Decíamos en una de nuestras obras²: “¿Quién es capaz de adivinar el devenir de los acontecimientos con la necesaria precisión de un profeta? Quizás debemos contentarnos con menos y emplear mejor aquello de lo que se dispone”. Señalábamos que la actividad investigadora se halla en una encrucijada en la que está en juego el futuro de la humanidad. “Por un lado la concepción geométrica del conocimiento, por el otro la concepción darwiniana. De una parte, los excelsos, monótonos y conocidos cantos reiterativos, renovados sólo en sus formas; la imposición de creencias preestablecidas desde el esplendoroso amanecer newtoniano, en el que se soñaba con reducir el funcionamiento del mundo a la predictibilidad de un mecano. De otra parte, el vacío de lo desconocido. El susurro vario y a veces disonante de notas que suenan inconexas. La atracción de la ventura. La invitación al salto hacia un precipicio en el que no se percibe el fondo, sólo guiados por la esperanza de abrir nuevos horizontes. El rechazo al yugo de la predestinación y la proclamación de la libertad de decisión que una y otra vez choca con el muro de la incertidumbre”.

No han sido pocos los pensadores e investigadores que han intentado desbrozar el camino para situarse en torno a esta nueva manera de construir la ciencia. Se debe a Popper³ aquella conocida frase en la que se expresaba que existe una relación de causalidad entre acontecimientos, de tal manera que “todo acontecimiento puede ser predicho o explicado”. Añadía, además, que “el sentido común atribuye a las personas sanas y adultas la capacidad de elegir libremente entre varios caminos...”

Algunos años antes, William James⁴ en su trabajo *El dilema del determinismo* ponía el acento en la contradicción interior que significaba la “elección libre” y las tenazas de la “relación” de causalidad. Este

² Gil-Aluja, J., & Gil-Lafuente, A. M. (2007). Algoritmos para el tratamiento de fenómenos económicos complejos. *Ramón Areces*, 186-187. pág. IX.

³ Bouveresse, R. T., & Popper, K. (1984). *L'univers irrésolu : plaidoyer pour l'indéterminisme*. Hermann, éditeurs des sciences et des arts. pág. XV.

⁴ James, W. (2005). *The dilemma of determinism*. Whitefish: Kessinger Publishing.

llamado dilema es tan importante que en él nos jugamos, ni más ni menos, que nuestra posición en la sociedad en que vivimos.

Al abordar una investigación económica encontramos subyacente la pregunta sobre el devenir de la sociedad, es decir, si su futuro está ya escrito o se está escribiendo a medida que vamos hacia él.

La ciencia económica se ha apoyado en sus orígenes e iniciales desarrollos en la primera de estas alternativas como consecuencia, creemos, de haberse nutrido de los esquemas de la física. En ellos, se observa que desde la dinámica newtoniana hasta las iniciales consecuciones de la física cuántica se acepta la simetría temporal, por lo que la ciencia económica que hemos recibido se halla inmersa en la atemporalidad. De ahí viene, creemos, la vinculación del conocimiento completo con la certeza, por lo que a partir de unas condiciones iniciales resulta posible la previsibilidad del futuro, así como la retrotracción al pasado.

Una inequívoca constatación de cuanto acabamos de señalar se descubre cuando revisamos los desarrollos de la teoría marginalista, cuyo sostén en la mecánica del movimiento le ha permitido formalizar procesos de carácter reversible y determinista, en los que no existe lugar ni para la irreversibilidad ni para la incertidumbre.

La noción de determinismo se halla presente, de una u otra manera, en nuestro pensamiento desde los tiempos presocráticos, lo que ha dado lugar a una tensión en el pensamiento cuando se pretende desarrollar un saber objetivo a la vez que promover el ideal humanista de libertad.

Hoy ya no es posible optar por la concepción determinista si se desea ofrecer a las generaciones futuras una sociedad libre. No cabe identificar ciencia y certeza, como tampoco ignorancia e incertidumbre. No es posible limitarnos a la investigación de fenómenos simplificados e ideales, sino que nuestra tarea debe ir encaminada al estudio del mundo real, complejo e incierto.

Recogiendo estos pensamientos nuestro espíritu investigador busca referencias válidas en donde asentar unas bases diferentes a las existentes que sean capaces de sostener un nuevo monumento científico, en el que sus teorías, métodos, técnicas e instrumentos puedan dar cumplida respuesta a las exigencias de este nuevo mundo que se percibe en un futuro no lejano.

Y, como ya hemos apuntado en tantas ocasiones, estas reflexiones se detienen, como lo habían hecho antes otros científicos, en la fundamental obra de Charles Darwin⁵. En ella, como es suficientemente conocido, su autor considera que las fluctuaciones en las especies biológicas, como consecuencia de la selección del medio, provocan una evolución biológica irreversible. He aquí el primero de los más importantes aspectos que rompe con uno de los lastres que nuestra ciencia sufría: la reversibilidad.

Si se establece una asociación entre fluctuaciones, que se asimilan a la noción de azar, que nosotros rechazamos para asimilarlas al concepto de incertidumbre, e irreversibilidad, tiene lugar una autoorganización de sistemas cada vez más complejos.

Consciente de la importancia de los hallazgos de Darwin en biología, Ludwig Boltzmann⁶ pensó en establecer una descripción evolucionista de la fenomenología física. Sus trabajos permitieron poner en evidencia, como muy bien señala Prigogine, “la contradicción entre las leyes de la física newtoniana – basadas en la equivalencia entre pasado y futuro – y toda tentativa de formulación evolucionista que afirma una distinción esencial entre futuro y pasado”.⁷

⁵ La obra de Darwin “El origen de las especies” fue publicada originariamente en el año 1859 bajo el título: Darwin, C. (1859). On the origin of species by means of natural selection, or. *The Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*, London/*Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl*, Leipzig o.J.

⁶ Físico vienés, Ludwig Boltzmann (1844-1906) estableció la famosa fórmula $H=K \cdot \ln P$ que vincula la entropía y la probabilidad.

⁷ Prigogine, I. (1997). *El fin de las certidumbres*. Andrés Bello. pág. 8.

En el campo de la física, la evolución se halla asociada a la noción de entropía que, en termodinámica, permite distinguir entre procesos reversibles e irreversibles. Ya en 1865 Clausius⁸ señalaba que frente a la energía que se conserva constante, la entropía permite establecer una distinción entre procesos reversibles (entropía constante) y procesos irreversibles (incremento de la entropía hasta el punto de bifurcación). En definitiva, según Clausius en un sistema aislado la entropía aumenta si el proceso es irreversible y se mantiene constante en los procesos reversibles”.

Basta una superficial comparación entre las ideas en biología de Darwin y en la física de Boltzmann para observar que *azar* en sus trabajos (en los nuestros incertidumbre) y *evolución* se hallan estrechamente relacionados entre sí. En cambio, sus investigaciones conducen a conclusiones diferentes, cuando no contrapuestas. Para Boltzmann la probabilidad, (para nosotros, siguiendo su planteamiento, la posibilidad) llega a su máximo cuando se ha alcanzado la uniformidad del sistema. En cambio, para Darwin, el grado de entropía es máximo justo antes de llegar al punto de bifurcación, pasando a ser cero en el momento en que éste se alcanza, provocando la aparición de nuevas estructuras autoorganizadas.

Desde hace unos años, los estudios más avanzados en el ámbito de la ciencia económica están buscando nuevos caminos que permitan una transición del desorden al orden, es decir, esquemas dirigidos hacia la autoorganización. Pero ¿Cómo tiene lugar esta autoorganización? Aquí aparecen los conceptos de estabilidad e inestabilidad de un sistema económico.

En efecto, dada la entropía de un sistema, si éste se perturba de tal manera que un estado permanece cerca del equilibrio, los mecanismos del propio sistema actúan restableciendo la posición inicial: nos halla-

⁸ Clausius, R. en: Eu, B. C. (1982). Irreversible thermodynamics of fluids. *Annals of Physics*, 140(2), 341-371. pág. 353.

mos ante un sistema estable. Pero si un estado se halla suficientemente lejos del equilibrio, una perturbación lo puede conducir a una inestabilidad dando lugar a unos estados cuyo comportamiento se hallaría alejado del originario.

La ciencia en general y la economía en particular han ido buscando a lo largo de los siglos lo que es cierto, lo que es permanente y lo que se puede establecer mediante leyes, pero en cambio ha ido encontrando lo que es incierto, lo que es transitorio y lo que es complejo. Cada vez va saliendo a la luz pública una actividad investigadora que está apartando el estudio de los fenómenos simples e ideales, para ahondar más en desentrañar las complejas relaciones de nuestro nuevo mundo caracterizado por una fenomenología inmersa en un contexto de incertidumbre.

Pero, repitámoslo una vez más, si el pensamiento económico ha seguido asentado como lo había sido inicialmente entre 1880 y 1914 en una matemática mecanicista basada, en ciertos aspectos, en la mecánica de Lagrange, el nuevo pensamiento investigador está rompiendo las cadenas de las “leyes económicas” (paralelas a las leyes de las ciencias experimentales de entonces) para poder utilizar uno de sus mayores tesoros: la imaginación.

Pero, ¿Cómo es posible liberar el pensamiento investigador de las ataduras del mecanicismo y poder ejercer, así, los poderes de la imaginación? Quizás resulte útil, a este respecto, asentar con claridad lo que es “medible” y lo que, no siéndolo, es, en cambio, “valuable”⁹. Y ello por cuanto lo que es susceptible de medición puede ser tratado mediante las matemáticas de la certeza y las del azar. En cambio, lo que no lo es (medible) escapa al tratamiento de estos dos elementos del mecanicismo. De esta manera, sencilla, separamos la “medida” de la “valuación”. Las matemáticas de la cer-

⁹ Entendemos por *valuación* la asignación numérica subjetiva, a diferencia de la *valoración*, considerada como una asignación numérica objetiva, en: Kaufmann, A., & Aluja, J. G. (1986). *Introducción de la teoría de los subconjuntos borrosos a la gestión de las empresas*.

teza y del azar realizan medidas, las matemáticas de la incertidumbre, valuaciones.

No nos cansaremos de repetir que el ser humano, al igual que las demás especies vivientes, evoluciona en un ambiente incierto y, de manera expresa e incluso tácita, busca atenuar los efectos de la incertidumbre. Lo intenta a través de la matemática de la certeza y, cuando ello no es posible, colecta repeticiones para, así, poder utilizar la matemáticas del azar.

En no pocos ámbitos del conocimiento se confunde con demasiada frecuencia azar e incertidumbre. Sin embargo estos dos conceptos no corresponden a un mismo nivel de información. El azar posee leyes, conocidas o no, pero que existen por hipótesis estando unido al concepto de probabilidad, que es una “medida” sobre observaciones repetidas. La incertidumbre no posee leyes, está deficientemente estructurada, y cuando se la explica, se hace de manera subjetiva.

Bien es cierto que la frontera entre lo que es objetivo y subjetivo es vaga. De una manera coloquial se puede considerar objetivo aquello que es aceptado plenamente por un grupo numeroso o suficientemente poderoso. Es subjetivo aquello que es enunciado por un individuo o por un grupo reducido o poco influyente.

Llegado a este punto, creemos imprescindible señalar que siempre que se disponga de informaciones objetivas hay que utilizarlas mediante las matemáticas de la certeza o, en su defecto, las del azar. Sólo cuando no es posible se puede recurrir a las estimaciones numéricas subjetivas que hemos denominado “valuaciones” mediante la nueva matemática de la incertidumbre.

Hecha esta importante reflexión creemos hallarnos en disposición de describir, aún cuando sea de manera somera, algunos de los elementos numéricos utilizados en el ámbito de la incertidumbre.

El primero de ellos es conocido como “intervalo de confianza”. Recordemos que un intervalo de confianza está formado por dos “extremos” o “cotas”. Un extremo o cota inferior, por debajo del cual no existe la magnitud que se desea representar, y un extremo o cota superior, por encima de cuyo valor tampoco se hallará la correspondiente magnitud. Se acostumbra a representar mediante la expresión $[a, b]$, en donde a es el extremo inferior y b el extremo superior.

En un lenguaje más científico se diría que, en el campo de los números reales \mathbb{R} , se denomina segmento a un intervalo cerrado a la izquierda y cerrado a la derecha. Así, el subconjunto de \mathbb{R} :

$$A = [a, b], \quad a \leq b, \quad a, b \in \mathbb{R}$$

es un segmento de \mathbb{R} .

Si se supone que la única información disponible en relación a una magnitud es que es mayor o igual que a y menor o igual de b , se puede decir que el segmento A es un intervalo de confianza.

Es posible realizar un elevado número de operaciones con intervalos de confianza, aunque a medida que éstas tienen lugar, los dos extremos se alejan el uno del otro, lo que da lugar a un aumento de la incertidumbre, que puede hacer inservible el resultado cuando en base a él hay que adoptar una decisión.

La información que proporciona el intervalo de confianza se limita a señalar que la magnitud tratada no está por debajo del extremo inferior ni por encima del extremo superior, pero del interior del intervalo no se conoce su comportamiento.

Para tener conocimiento de lo que *existe* en el interior del intervalo hay que recurrir a los llamados *números borrosos*.

El *número borroso* se puede considerar, bien como una generalización del intervalo de confianza, bien como un caso particular de un subconjunto borroso.

En la primera de estas acepciones se considera que un número borroso está formado por una secuencia finita o infinita de intervalos de confianza con las 3 propiedades siguientes:

- a) Cada intervalo de confianza lleva afectado un valor $\alpha \in [0, 1]$ llamado *nivel de presunción*, de tal manera que dos intervalos de confianza diferentes no pueden tener el mismo valor o nivel α .
- b) Se designa por: $A_\alpha = [a(\alpha), b(\alpha)]$ el intervalo de confianza de nivel α . Debe cumplirse:

$$(\alpha' < \alpha) \quad \longrightarrow \quad (A_{\alpha'} \subset A_\alpha), \quad \alpha, \alpha' \in [0, 1]$$

lo cual indica que los intervalos de confianza deben *encajarse* estrictamente o no, los unos con los otros.

- c) Existe un intervalo y sólo uno que puede reducirse a un real único.

Así, pues, se tiene que A_α es una aplicación funcional en α .

Definido de esta manera el número borroso constituye una generalización del concepto de intervalo de confianza. Sin embargo resulta habitual concebirlo como un caso particular de subconjunto borroso¹⁰. Un número borroso es un subconjunto borroso cuya función de pertenencia posee las propiedades de normalidad y convexidad.

¹⁰ La teoría de los subconjuntos borrosos nace en 1965 y se desarrolla a partir del trabajo: Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.

La teoría de los subconjuntos borrosos ha experimentado, a lo largo de los últimos 50 años, un desarrollo extraordinario. A partir de ella nuevas técnicas han sacudido los cimientos de las aplicaciones en la práctica totalidad de los ámbitos en los que se desarrolla la vida en sociedad.

Cada vez más nos encontramos que nuestro entorno no es susceptible de medida o sólo lo es de manera parcial o insuficiente, por cuando nos debemos enfrentar con datos formales (exactos) sí, pero también con datos aleatorios y, cada vez más, con datos inciertos.

En este esfuerzo los investigadores han abierto nuevos horizontes desarrollando elementos numéricos, que han dado paso a una aritmética de la incertidumbre. Desde entonces frente a los operadores *duros* propios del mecanicismo y adecuados para el tratamiento de magnitudes objetivas se van incorporando otros operadores *blandos* para aquellas magnitudes con alta carga de subjetividad.

En el ámbito de la incertidumbre, la noción de optimización, por ejemplo, tiene menos fuerza que en el ámbito de la certeza o en la del azar, sin embargo, resulta más útil por cuando refleja mejor las realidades objeto de tratamiento. La medida permite construir modelos más fiables, pero a condición de que la medida sea en sí misma fiable. “Es evidente que lo ideal en cada ciencia es la objetividad, pero la realidad nos obliga, día a día, a tener en cuenta las informaciones accesibles menos seguras, pero utilizables en nuestros razonamientos y en los ordenadores”¹¹

Hasta aquí hemos ido avanzando en la idea de intentar tratar las realidades, cada vez más complejas e inciertas, a través de una matemática numérica. La incorporación de la matemática numérica de la incertidumbre, sobre todo mediante números borrosos, lo hemos dicho y lo

¹¹ Kaufmann, A., & Aluja, J. G. (1987). *Técnicas operativas de gestión para el tratamiento de la incertidumbre*. Hispano Europea. pág. 20.

repetimos una vez más, ha permitido abordar un amplio espectro de fenómenos hasta entonces no tratados o tratados de manera no adecuada. Pero la revolución de nuestra sociedad nos está llevando a contextos en los que siquiera es posible, honestamente, utilizar los instrumentos de la teoría de los subconjuntos borrosos.

Pero la búsqueda de nuevos campos del conocimiento no ha dejado de estar presente en los espíritus más inquietos. Gracias a esta inquietud, conceptos tan encadenados a los trabajos económicos, tales como rentabilidad, productividad... expresados mediante funciones cardinales van perdiendo su interés a favor de otras nociones como relación, agrupación, asignación y ordenación que permitirán la transición de lo aritmético a lo no aritmético.

Tiene que aparecer una obra debido a la pluma de Gil Aluja, en cuyo grupo de investigación tengo el honor de pertenecer desde hace muchos años, para que saliera a la luz, por primera vez, la idea y el desarrollo de una matemática no numérica para el tratamiento de la incertidumbre.¹² A su descripción van dirigidos los siguientes párrafos.

Cuando los seres inteligentes encadenan frases de manera llamémoslo *lógica* (pero también a veces cuando no es así) se acostumbran a encontrar unas conclusiones (resultados, si se quiere). Normalmente se pueden seguir entrecruzando estos encadenamientos formando nuevos conceptos, nuevas ideas, siempre a través de palabras, hasta llegar a unos resultados o tomando conciencia de que éstos no existen o no son válidos.

Estamos acostumbrados, desde tiempos inmemoriales, en representar estas palabras, ideas o proposiciones mediante símbolos que pueden tomar uno o varios valores numéricos, al mismo tiempo que los lazos o relaciones entre ellos son susceptibles de expresarse mediante opera-

¹² Gil-Aluja, J. (1999). *Elements for a theory of decision in uncertainty* (Vol. 32). Springer Science & Business Media. (Versión española de Ed. Milladoiro ISBN: 84.605.9437.8)

dores. Se cree que actuando así resulta más llevadera la misma concatenación de proposiciones y es más fácil avanzar en los razonamientos. Cuando se actúa de esta manera nos salimos del reino de las palabras para situarnos en el universo de los números. En cierto modo se transita de la lógica a la matemática numérica.

Pero cada vez más se dan situaciones como las ya descritas, en las que al no tener cabida el símbolo numérico con carácter de medida decae en su utilidad toda la estructura de la matemática numérica y queda en evidencia la importancia de la matemática no numérica.

¿Se quiere decir que con ello se prescinde de símbolos o de números? Evidentemente: no. Lo que sucede es que entonces tanto el símbolo (si se emplea) como el número (si se utiliza) dejan de poseer un carácter fundamental en el ámbito operatorio para jugar el papel de simples representaciones conceptuales que conforman una incipiente matemática, que hoy nos permite vislumbrar la formación de un conjunto de nociones básicas con un contenido suficientemente unitario para pensar en el nacimiento de una matemática no numérica de la incertidumbre.

La incorporación de estos nuevos elementos que forman parte de esta nueva matemática no numérica de la incertidumbre significa una nítida ruptura en relación con cuanto se había hecho hasta ahora. Y ello, aún cuando en los correspondientes desarrollos se utilicen aspectos ya empleados en la matemática numérica, evidentemente adaptados a jugar su nuevo papel.

La cohabitación que existe en la actualidad entre elementos numéricos y no numéricos está dando paso, cada vez más, a estos últimos por las dificultades, cada vez más sentidas, de siquiera *acotar* (es decir, establecer los extremos de un intervalo) numéricamente los fenómenos económicos. Es entonces cuando la aritmética de la incertidumbre deja paso a la matemática no numérica. Parece que el futuro se dirige hacia

esta dirección, habida cuenta del contexto cada vez más incierto en el que se desarrolla la vida en sociedad.

La fundamental obra sobre matemática no numérica de la incertidumbre ya señalada,¹³ contiene, explica y desarrolla los cuatro conceptos a partir de los cuales se ha elaborado este original trabajo, que constituye la primera aportación en este nuevo campo del conocimiento. Según su autor, estos conceptos son: relación, asignación, agrupación y ordenación. Con ellos y únicamente con ellos, es posible resolver un prácticamente infinito número de planteamientos económicos, cuando no es posible establecer su incidencia numérica, ni siquiera con la acotación que significan los intervalos de confianza. El tiempo será el futuro juez que determinará hasta donde se puede llegar con lo hasta ahora conocido.

Nos permitimos señalar que cuanto estamos exponiendo constituye la primera vez que se presenta este nuevo enfoque de la matemática económica en una reunión pública y colectiva. Y hemos querido escoger este querido país, Cuba, para tan importante evento, en presencia de Finn Kydland, uno de los más distinguidos premios Nobel de Economía.

En un primer flash, a modo de preámbulo, digamos que cualquier interrogante que surja en el ámbito económico puede tener una cierta respuesta a través de una relación entre una *cosa* y otra *cosa*, bien para formar agrupaciones, que permiten también separar grupos, bien para asignar una *elemento* a *otro elemento*, o bien para establecer un orden de prioridades, unas veces de mejor a peor otras a la inversa. Pasemos, seguidamente, a una somera exposición de estos cuatro elementos, con el convencimiento de que todos cuantos se hallan interesados en profundizar en ellos no les será difícil recurrir a la obra básica enumerada.

¹³ Gil-Aluja, J. (1999). *Elements for a theory of decision in uncertainty* (Vol. 32). Springer Science & Business Media. (Versión española de Ed. Milladoiro ISBN: 84.605.9437.8)

Relación: La actividad relacional forma parte consustancial de la actividad humana y económica de una sociedad y afecta, quizás en distinto grado, a todo ser vivo, sea animal o planta, objetos inanimados e incluso pensamientos.

Se puede definir la relación como aquel tipo de conexión susceptible de poner de manifiesto los niveles de asociación entre elementos pertenecientes a un mismo conjunto o entre aquellos de distintos conjuntos.

No creemos necesario insistir en la existencia de un buen número de tipos de relación que poseen una distinta naturaleza, lo que va a exigir la formulación de principios, elaboración de teorías, métodos adecuados, modelos y algoritmos capaces de llenar los vacíos existentes entre la noción de relación y su tratamiento en los procesos económicos.

Es evidente que no es abordable, en este breve resumen, el examen exhaustivo de todas las formas de relación existentes o que potencialmente pueden aparecer en el futuro. Sólo a título indicativo se enumeran aquellas para las que ya existen trabajos de aplicación en la realidad y cuyos resultados han sido altamente satisfactorios. Así, citaremos: las relaciones directas entre objetos físicos y mentales, las diferentes maneras de encadenar relaciones, las relaciones de causalidad o incidencia y las relaciones que permiten una acumulación de su intensidad, para citar únicamente algunas de ellos.

La primera relación que aparece en nuestro pensamiento es aquella que se circunscribe al ambiente en el que desarrollamos nuestra actividad, sea social, sea familiar. Vivimos en un contorno social en el que existen círculos de ciudadanos que tienen en común la práctica totalidad de las actividades vitales. En el transcurso del tiempo el *círculo* se ensancha o se contrae, a la vez que el nivel o grado de la relación entre los elementos del *círculo* se potencia o se restringe, aumentando o reduciendo la fuerza de la conexión.

La noción de relación es mucho más potente y abarca, evidentemente, aspectos más amplios que la formación de círculos relacionales. La amplia tipología de relaciones permite extraer características y propiedades inherentes a cada relación. A partir de su conocimiento resulta posible el encadenamiento de relaciones entre objetos pertenecientes a diferentes círculos mediante conexiones directas o indirectas.

Llegados a este punto conviene hacer un breve comentario en relación a la existencia o no de lazos entre los componentes de un círculo con los de otro círculo. Para ello se acostumbra a distinguir entre relación transitiva y relación no transitiva. Como es conocida la transitividad no sólo comporta que si el objeto *a* se halla relacionado con el objeto *b* y el objeto *b* tiene relación con el *c* se dará también la relación de *a* con *c*, sino que ésta (la directa) no sea más débil que la producida a través de *b* (la indirecta).

Es posible y existen ciertos casos en los que no existe o no es conocida la relación de transitividad entre dos objetos. En este supuesto, el único vínculo que se puede considerar es el indirecto. Se hallan en este supuesto las *relaciones de incidencia*¹⁴. Se trata del supuesto en el que un conjunto de causas se hayan *relacionado* con un conjunto de efectos. A medida que se acumulan los efectos de primera y segunda generación tiene lugar un aumento en el nivel o grado de acumulación.

La importancia de las relaciones de incidencia en el desarrollo del pensamiento científico, incluso desde el punto de vista general, ha sido y sigue siendo extraordinaria. Cuando se consigue, como es el caso, obtener todas las relaciones directas e indirectas, sin posibilidad de error u omisión, se llegan a recuperar lo que se conoce como *efectos olvidados*.

Digamos, finalmente, que nuestra sociedad se halla formada con *círculos* conectados entre sí a través de elementos que pertenecen a cada

¹⁴ Kaufmann, A., & Aluja, J. G. (1988). *Modelos para la investigación de efectos olvidados*. Milladoiro.

uno de ellos, lo que implica que pueden ejercer el papel de vínculo. En ciertos casos estos *círculos* son cerrados, adoptando la forma de subconjuntos disjuntos.

En los trabajos conocidos sobre el ámbito de las relaciones inciertas, el conjunto de relaciones se acostumbran a representar formalmente mediante un grafo, cuando son considerados los pares que lo forman como parte del conjunto producto. El hecho de que todos los *objetos* (elementos de cada conjunto) se hallen directa o indirectamente relacionados entre sí, nos permite afirmar, utilizando la terminología habitual en teoría de grafos, que nos hallamos ante un grafo *fuertemente conexo*. Por ello, las relaciones de cada subconjunto pueden ser expresadas mediante un subgrafo fuertemente conexo, lo que en términos matriciales se conoce como *clase de equivalencia*¹⁵. El encadenamiento de relaciones adquiere una especial importancia ya que ha dado lugar a uno de los desarrollos más fructíferos de las cadenas pseudo-markovianas.¹⁶

Pasemos, ahora, al segundo elemento básico de la matemática no numérica. La designamos con el nombre de asignación.

Asignación: Conocida también como adscripción o aceptación, constituye una manera muy peculiar de unir conceptos y elementos de distinta naturaleza.

Se define la asignación como aquel proceso que permite adscribir, de la mejor manera posible, cada elemento de un conjunto a otro elemento de otro conjunto de naturaleza distinta, en base a unas características, cualidades o singularidades exigidas a un cierto nivel.

¹⁵ Kaufmann, A., & Aluja, J. G. (1988). *Modelos para la investigación de efectos olvidados*. Milladoiro. pág 94 y siguientes.

¹⁶ Kaufmann, A., & Aluja, J. G. (1991). *Nuevas técnicas para la dirección estratégica*. Universitat de Barcelona. pág 117-147.

El concepto, evidentemente, no es nuevo, sin embargo su incorporación como elemento básico de la matemática no numérica está permitiendo la apertura de nuevos horizontes investigadores.

En efecto, cuando se expresa que la afectación tiene lugar de la mejor manera posible, se determina de manera inequívoca que el proceso debe llevar a una optimización. La tarea realizada en este campo hasta ahora ha consistido, principalmente, en reunir en un cuerpo científico unitario los distintos trabajos hasta entonces realizados.

Es necesario subrayar que el proceso asignador tiene un carácter irreversible en el sentido de que el objeto susceptible de aceptación y el objeto al cual aquel debe ser afectado no pueden jugar papeles reversibles en caso alguno. De ahí que el sentido de la afectación debe ser siempre el mismo. Existe, por tanto y en cada caso, un conjunto a asignar y otro conjunto receptor de la asignación.

En definitiva, para que exista un proceso de asignación es necesario la existencia de tres conjuntos: el conjunto de objetos a asignar, el conjunto de objetos asignados y el conjunto de criterios de asignación, es decir, los elementos en los que se basa el proceso de asignación (características, cualidades, singularidades,...)

Cada uno de estos conjuntos juega un papel en el proceso asignador, el determinar su naturaleza constituye el inicio de lo que denominamos asignación. Dado que nos situamos en el ámbito de la incertidumbre, hemos propuesto la formación de sendos subconjuntos borrosos para cada uno de los tres aspectos que participan en la asignación.

La construcción de estos subconjuntos borrosos no ofrece dificultad alguna si se tiene en cuenta que un subconjunto borroso es un *descriptor* de un objeto.

Así, pues, se construye un subconjunto borroso para cada uno de los objetos a asignar cuyo referencial está formado por los elementos constitutivos del conjunto de criterios. De igual manera, es decir, con el mismo referencial, se construye el subconjunto borroso de los objetos que reciben la asignación. Se tiene, así, mediante estos dos subconjuntos borrosos los descriptores de los objetos a asignar y de los objetos que reciben la asignación.

Hasta ahora, al menos en lo por nosotros conocido, los procesos de asignación a partir de la descripción de los objetos a asignar y de los objetos asignados mediante subconjuntos borrosos se han asentado en algunos de los operadores capaces de expresar el acercamiento o el alejamiento entre los objetos a afectar y los objetos que reciben la afectación. A título indicativo, y sólo a título indicativo, citaremos aquellos que parten del concepto de distancia y los que surgen de la noción de adecuación.

Nuestros lectores ya habrán advertido que la asignación, en cuanto a proceso, tiene un carácter combinatorio. Es por ello que en el proceso de creación de una matemática no numérica de la incertidumbre los investigadores hayamos recurrido a este campo de la matemática tradicional aprovechando todo el interesante saber que contiene y volcarlo en este nuevo ámbito de estudio.

Como muy bien dice Gil Aluja¹⁷: “elementos de la programación matemática, flujos de redes, acotaciones en arborescencias,... confluyen en encauzar los estudios de la asignación hacia procedimientos capaces de dar amplia respuesta a los problemas planteados. Estos procedimientos se concretan en algoritmos”...”entre los que se pueden citar el algoritmo *Branch and Bound* y el llamado *Algoritmo Húngaro*”, ambos incluidos en su obra.

¹⁷ Gil Aluja, J. (1997). Nuevas técnicas para la gestión de empresas. Retos Empresariales para (1998). *Management Empresa, Universidad de Barcelona*.

Los procesos de asignación han sido utilizados desde hace ya algunos años en la resolución de problemas acaecidos en la vida en sociedad y que, hasta entonces no habían sido solventados adecuadamente. Se dispone, ya, de una buena experiencia en el ámbito de los recursos humanos, marketing y finanzas entre otros. Un amplio e interesante panorama está apareciendo para quienes, como nosotros, deseamos avanzar hacia nuevos horizontes científicos.

Creemos llegado el momento de abordar el tercero de estos grandes ejes de la matemática no numérica. Nos referimos al concepto de agrupación.

La *Agrupación* con mayor o menor homogeneidad, de objetos o elementos es un planteamiento continuo en el devenir de los acontecimientos en sociedad. Resulta habitual la necesidad de reunir en bloques, separables unos de otros, objetos que tienen en común ciertas características o propiedades establecidas con anterioridad al proceso agrupador.

El problema así presentado no ofrece, por lo menos aparentemente, novedad alguna. A lo largo del pasado se han elaborado, eso sí, de manera dispersa, algunas técnicas cuya utilización en situaciones reales no ha proporcionado los resultados que cabía esperar. Ha faltado, creemos, un espacio unificador, con la suficiente generalidad para dar cumplida respuesta a la compleja realidad de nuestro tiempo. Los nuevos enfoques parecen caminar en el sentido deseado.

Cuanto estamos señalando no ha nacido ahora, de manera espontánea. Alguno de los elementos, conceptos, métodos e incluso técnicas, forman parte de una tradición que ha alcanzado merecidos elogios. Han sido quizás los aires de los nuevos tiempos los que han impelido a los investigadores a remover sus raíces para encontrar estructuras formales aptas, para dar solución al nuevo mundo repleto de complejidades e inmerso en la incertidumbre. Se trataba, en realidad, de dotar a lo que

se poseía de aquellos nuevos planteamientos para su transformación en verdaderos ejes de un brillante despertar científico.

Los intentos realizados en esta dirección a lo largo de los últimos decenios han sido variados y no exentos de interés. Puede resultar de una cierta utilidad, aunque sólo sea informativa, hacer mención de una de las direcciones emprendidas en los últimos años, sustentada en las nociones de *semejanza* y *similitud*.

Empecemos por la noción de *semejanza*. Vamos a exponer este camino con la mayor brevedad y sencillez. Para ello proponemos representar las agrupaciones dos a dos, mediante una matriz booleana (unos para el sí, ceros para el no, según posean la homogeneidad deseada) cuadrada, simétrica y reflexiva. Esta matriz, en sí misma, no permite la agrupación de más de dos objetos, ya que no tiene porque poseer la propiedad de transitividad.

Para la incorporación de la transitividad se han utilizado algunos algoritmos, gracias a los cuales se hallan unas subrelaciones máximas que si bien son transitivas no son disyuntivas (en la mayor parte de los problemas esta característica no reviste demasiada importancia). Son las llamadas *subrelaciones máximas de similitud*. Entre estos algoritmos nos permitimos citar el algoritmo de Pichat¹⁸ y el de Lafosse-Marin-Kaufmann¹⁹. Cuando se reclama la disyuntividad es necesaria la transformación de la matriz de semejanza en la de similitud a través del cierre transitivo.

En los últimos decenios del siglo XX, los profesores Kaufmann, A. y Gil Aluja, J., emprendieron la tarea de generalizar la noción de similitud, para conseguir estructuras científicas válidas a partir de matrices rectangulares. Los resultados por ellos obtenidos han dado lugar a lo que hoy se conoce como *teoría de afinidades*.

¹⁸ Pichat, E. (1969). Algorithm for finding the maximal elements of finite universal algebra, Inform. Processing 69.

¹⁹ Kaufmann, A. (1979). *Modèles mathématiques pour la stimulation inventive*. A. Michel.

Definen las afinidades como “aquellas agrupaciones homogéneas a determinados niveles, estructuradas ordenadamente, que ligan elementos de dos conjuntos de distinta naturaleza, relacionados por la propia esencia de los fenómenos de representan”.

Los elementos básicos de la hoy llamada teoría de afinidades nace de una ponencia presentada por estos autores en el IX Congreso Europeo de Investigación Operativa²⁰ que ampliaron y desarrollaron en otros trabajos posteriores.²¹

Existen tres elementos que informan la noción de afinidad: la homogeneidad de cada agrupación se encuentra unida al nivel escogido; existe la necesidad de que cada uno de los elementos de cada uno de los conjuntos estén vinculados entre sí; y resulta imprescindible la construcción de una estructura que posibilite un cierto orden capaz de adoptar posteriormente una decisión.

Digamos, finalmente, que, a diferencia de la noción de semejanza., sólo susceptible de representación mediante una matriz cuadrada, que relaciona los elementos de un conjunto con sí mismos, la afinidad permite la relación de los elementos de un conjunto con los de otro conjunto aún cuando tengan un número de elementos distinto. De ahí un aspecto básico de su generalidad.

Bajo la denominación de agrupación existen, en el ámbito científico, una gama de elementos teóricos y técnicos con la suficiente flexibilidad y adaptabilidad para dar cumplida respuesta al problema de agrupar homogéneamente diferente tipología de elementos. Se da, así, cumplida respuesta a muchos años de esperanza ante tantas preguntas sin respuesta.

²⁰ Kaufmann, A., & Gil Aluja, J. (1991, July). Selection of affinities by means of fuzzy relations and Galois lattices. In *Actas del Euro XI Congress OR Aachen*(pp. 16-19).

²¹ Kaufmann, A., & Aluja, J. G. (1992). *Técnicas de gestión de empresa: previsiones, decisiones y estrategias*. Ediciones Pirámide.

Ordenación: Si los conceptos de relación, asignación y agrupación constituyen elementos imprescindibles en la elaboración de una matemática no numérica, la noción de orden constituye la culminación de esta nueva construcción científica que, sin duda, está destinado a dar cumplida respuesta a problemas hoy todavía no resueltos.

En los estudios cuantitativos los elementos numéricos adquieren el más alto protagonismo, por cuanto permiten hallar *valores* para determinar la productividad, la utilidad, la rentabilidad, la economicidad, y tantos otros conceptos. Cuando por el alto nivel de incertidumbre no es posible asignar a los componentes de estos conceptos números precisos, número borrosos y ni siquiera intervalos de confianza, el establecimiento de un orden asume la responsabilidad como elemento básico para dar solución a tan grave problema.

Cada vez aparecen con mayor frecuencia situaciones en las cuales no resulta posible o se considera demasiado arriesgada siquiera la acotación de un objeto entre dos números. Es ante esta imposibilidad numérica cuando emerge con fuerza el concepto de orden.

En efecto, si se logran crear y reunir conceptos, métodos, algoritmos, ... capaces de establecer un orden en una escala creciente o decreciente entre un conjunto de objetos, según otro conjunto de elementos (de naturaleza distinta, normalmente), resultará posible una optimización o suboptimización, sin recurrir, de manera fundamental, a elementos cardinales.

Se puede definir la ordenación como un proceso de jerarquización de preferencias entre un conjunto de objetos, establecida en base a la apreciación objetiva o subjetiva mediante los elementos de otro conjunto que comprende sus criterios, cualidades, características o singularidades.

El proceso de ordenación comporta la necesidad de establecer conjuntos. El primero de ellos estará formado por los objetos susceptibles de ser ordenados. El segundo lo estará por los criterios, características, propiedades o singularidades a través de las cuales se desea establecer la jerarquía.

Teóricamente uno y otro pueden estar formados por un número finito o infinito de elementos. Pero en los estudios de los planteamientos realizados se ha comprobado, en todos los casos, que su carácter acaba mostrándose como finito.

También se ha constatado, en una gran parte de las situaciones, que cuando se aborda la tarea de determinar el nivel que de cada criterio, cualidad, característica o singularidad es poseída por cada objeto, en no pocas ocasiones, este grado o nivel no puede ser expresado de manera objetiva, lo que obliga, una vez más, a recurrir a la teoría de los subconjuntos borrosos.

De esta manera se consigue representar cada elemento del conjunto de objetos a ordenar mediante un subconjunto borroso correspondiente al referencial de los criterios, características, cualidades o singularidades a partir de las cuales se desea establecer el orden.

Una vez obtenida la representación formal de todos los elementos del conjunto a ordenar cabe hallar un proceso que permita la deseada jerarquización.

Se han elaborado y presentado ya algunos caminos que permiten un adecuado tratamiento. En ellos se utilizan formas matriciales o sagitadas. Al tratarse de dos conjuntos de naturaleza distinta, normalmente el conjunto producto $E_1 \times E_2$ toma forma rectangular. Afortunadamente, desde hace ya muchos años conocemos la manera de hallar el citado conjunto producto y a partir de una bipartición obtener el correspondiente grafo.

Hemos introducido este comentario por cuanto la representación de las relaciones mediante grafos, sea en forma matricial o sea en forma sagitada, permite elaborar algoritmos cuya utilización resulta muy cómoda para la ordenación.

Entre los algoritmos utilizados con éxito citaremos, sólo a título indicativo, a tres de ellos. El primero surge a partir del concepto de *función ordinal de un grafo*, el segundo tiene como soporte la llamada *matriz latina* y en el tercero juegan un papel esencial las nociones de *valor propio dominante* y *vector propio correspondiente* utilizadas de manera muy inteligente primero por Saaty²² y luego por Dinh²³.

Nadie puede dudar, en un contexto inmerso en incertidumbre, del alto papel que juega el concepto de ordenación. Y ello tanto en las relaciones individuales, colectivas e institucionales como en las que afectan a la actividad investigadora. Si no es posible, honestamente, utilizar números para *valorar* la importancia de un objeto, somos capaces, al menos hoy por hoy de establecer un *orden no cuantificado* que puede constituir una solución aceptable y eficaz.

En este breve resumen, que esperamos haya sido suficientemente desarrollado, sobre lo que es hoy la todavía incipiente matemática no numérica de la incertidumbre, hemos hecho referencia obligada a los cuatro conceptos: relación, asignación, agrupación y ordenación, que en nuestros días constituyen los elementos configuradores de esta nueva vía investigadora.

No podemos sustraernos a cuanto significan nuestros orígenes y la actividad dedicada durante toda nuestra vida a la ciencia económica.

²² Saaty, T. L. (1978). Exploring the interface between hierarchies, multiple objectives and fuzzy sets. *Fuzzy sets and systems*, 1(1), 57-68.

²³ Dinh Xuan, B. A. (1984). A method for estimating the membership function of a fuzzy set. *Revue Busefal*, (19).

Quizás por ello nuestro trabajo y estas opiniones puedan resultar sesgadas hacia este campo de estudio.

Nos disculpamos por ello, y con toda humildad confesamos que, en el futuro, quizás otros conceptos se añadirán a los ahora estudiados. Nos alegramos de ello como científicos que deseamos ser y por nuestra vocación de trabajo al servicio de la sociedad.

Las reflexiones que hemos introducido en este texto no suponen, evidentemente, un conjunto cerrado de conocimientos. Todo al contrario, hemos pretendido, en el seno del grupo de investigación al cual pertenecemos, abrir fronteras para poblar unos espacios vacíos pero fértiles en una perspectiva de futuro.

Confesamos sin rubor que los primeros trabajos en este ámbito de estudio crearon unas ciertas reticencias en los cenáculos en donde fueron presentados. Pero también tenemos la alegría de decir que de manera lenta si se quiere, pero continuada, la comunidad científica ha ido aceptando y muchas veces haciendo suyos los postulados otrora rechazados.

Quizás, sólo quizás, haya ayudado a facilitar la buena acogida el hecho de que algunos, y en ciertos campos muchos, de los conceptos, métodos y técnicas recogidas fueron empleados con anterioridad en otros contextos. Su utilización en el ámbito de la matemática no numérica de la incertidumbre es debida, en gran parte, a la aparición de la teoría de los subconjuntos borrosos, a partir de cuyo momento fue posible una generalización en la incertidumbre, haciendo que el supuesto de la certeza se convirtiera en una parte y, por tanto, constituyera un caso particular de aquella.

Sería para nosotros un alto honor y una inmensa satisfacción haber conseguido que las modestas palabras que ahora finalizan, constituyeran un punto de luz que iniciara el alumbramiento de los oscuros veri-

cuetos que todavía, ahora, pueblan los espacios en los que se realizan las investigaciones económicas en la incertidumbre.

Referencias bibliográficas

1. Gil Aluja, J. (1996, November). Lances y desventuras del nuevo paradigma de la teoría de la decisión. In *Actas del III Congreso de la Sociedad Internacional de Gestión de empresas y Economía Fuzzy (SIGEF) celebrado en Buenos Aires (Argentina)* (Vol. 1).
2. Gil-Aluja, J., & Gil-Lafuente, A. M. (2007). Algoritmos para el tratamiento de fenómenos económicos complejos. *Ramón Areces*,
3. Bouveresse, R. T., & Popper, K. (1984). *L'univers irrésolu : plaidoyer pour l'indéterminisme*. Hermann, éditeurs des sciences et des arts.
4. James, W. (2005). *The dilemma of determinism*. Whitefish: Kessinger Publishing.
5. Darwin, C. (1859). On the origin of species by means of natural selection, or. *The Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life, London/Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl, Leipzig oJ.*
6. Boltzmann, L. (1878). Zur theorie der elastischen nachwirkung. *Annalen der Physik*, 241(11), 430-432.
7. Prigogine, I. (1997). *El fin de las certidumbres*. Andrés Bello.
8. Clausius, R. en: Eu, B. C. (1982). Irreversible thermodynamics of fluids. *Annals of Physics*, 140(2), 341-371.
9. Kaufmann, A., & Aluja, J. G. (1986). *Introducción de la teoría de los subconjuntos borrosos a la gestión de las empresas*.

10. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.
11. Kaufmann, A., & Aluja, J. G. (1987). *Técnicas operativas de gestión para el tratamiento de la incertidumbre*. Hispano Europea.
12. Gil-Aluja, J. (1999). *Elements for a theory of decision in uncertainty* (Vol. 32). Springer Science & Business Media.
13. Aluja, J. G. (1999). *Elementos para una teoría de la decisión en la incertidumbre..*
14. Kaufmann, A., & Aluja, J. G. (1988). *Modelos para la investigación de efectos olvidados*. Milladoiro.
15. Kaufmann, A., & Aluja, J. G. (1993). *Técnicas especiales para la gestión de expertos*.
16. Kaufmann, A., & Aluja, J. G. (1991). *Nuevas técnicas para la dirección estratégica*. Universitat de Barcelona.
17. Gil Aluja, J. (1997). Nuevas técnicas para la gestión de empresas. Retos Empresariales para (1998). *Management Empresa, Universidad de Barcelona*.
18. Pichat, E.: "Algorithm for Finding the Maximal Elements of a Finite Universal Algebra" Inform Proceesing 68. Publ. North Holland, 1969.
19. Kaufmann, A. (1979). *Modèles mathématiques pour la stimulation inventive*. A. Michel.
20. Kaufmann, A., & Gil Aluja, J. (1991, July). Selection of affinities by means of fuzzy relations and Galois lattices. In *Actas del Euro XI Congress OR Aachen*(pp. 16-19).

21. Kaufmann, A., & Aluja, J. G. (1992). *Técnicas de gestión de empresa: previsiones, decisiones y estrategias*. Ediciones Pirámide.
22. Saaty, T. L. (1978). Exploring the interface between hierarchies, multiple objectives and fuzzy sets. *Fuzzy sets and systems*, 1(1), 57-68.
23. Dinh Xuan, B. A. (1984). A method for estimating the membership function of a fuzzy set. *Revue Busefal*, (19).

EL ÍNDICE SOCIOECONÓMICO EN LOS PROGRAMAS DE INTERVENCIÓN ERGONÓMICA: UNA HERRAMIENTA PARA LA TOMA DE DECISIONES

Félix López, Miryam ; García Dihigo, Joaquín

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (Ecuador),
Universidad de Matanzas (Cuba)



Sra. Dra. Myriam Félix López
Rectora Mgfc. de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (Ecuador)

1.1 La Ergonomía

La Ergonomía es una ciencia que estudia la actividad humana en el trabajo, nace etimológicamente en 1857, con el naturista polaco Wojciech Yastembowski, quien propone el término en el libro: “Ensayos de Ergonomía o ciencia del trabajo, basado en las leyes objetivas de la ciencia de la naturaleza”, para acuñar el término, utilizó las raíces griegas *ergo*: trabajo y *nomos*: normas, leyes o conocimiento.

El nacimiento de la Ergonomía como ciencia, no puede señalarse en una fecha histórica o en un lugar, hay que analizarla como el desencadenamiento lógico de sucesos que llevaron a diferentes científicos, durante períodos de intensos acontecimientos como la Primera y Segunda Guerra Mundial, a concluir al unísono la necesidad de esta ciencia y

reunirse el 12 de julio de 1949, liderados por el psicólogo británico K.F.H. Murrell, para conformar la “*Ergonomics Research Society*”, en Inglaterra, desde entonces se definió designar bajo este nombre todos los estudios que se llevaron a cabo a finales del siglo XIX y comienzos del XX, sobre la relación del hombre con el trabajo y las condiciones del medioambiente circundante (Oborne, 1990).

La Ergonomía como una disciplina científica está relacionada con el desarrollo del conocimiento sobre las capacidades, limitaciones y otras características de los seres humanos al ejecutar acciones, siempre que este conocimiento esté relacionado con el diseño de la interface entre las personas y los sistemas o sus componentes. Por otra parte, la práctica de la Ergonomía está dirigida al uso de este conocimiento, o tecnología de la interface¹ hombre-sistema, en el diseño o modificación de este último siempre con dos objetivos fundamentales: mejorar la productividad y la calidad de vida.

La Ergonomía, ha sido conceptualizada por muchos autores tal como se describe en el Cuadro 1, coincidiendo los conceptos con el estudio del ser humano en su lugar de trabajo.

Cuadro 1 Conceptos sobre Ergonomía.

Autores	Conceptos
(Singleton, 1967)	La Ergonomía es el estudio del comportamiento del hombre en su trabajo.
(Murrel, 1969)	Es el estudio del ser humano en su ambiente laboral.
(Faverge, 1970)	Es el análisis de los procesos industriales centrados en los hombres que aseguran su funcionamiento.

¹ El término interface, surge en EEUU cuando se da énfasis al estudio de los factores humanos en las relaciones e interrelaciones entre los usuarios de microcomponentes, más conocidos como personal computer (PC) y sus equipos.

Bournemouth (1985)	<p>La define como una ciencia, un arte y una técnica. Que era ciencia porque siguiendo las investigaciones sobre las posibilidades y las limitaciones psicofisiológicas humanas es capaz de concebir unos sistemas adaptados a las capacidades humanas y de corregir los sistemas que presentan riesgos para la salud. Es el Arte de integrar el individuo y el conjunto, de superar las presiones económicas, tecnológicas y de organización para preservar y desarrollar la personalidad humana. Y por último, es el conjunto de técnicas de medida no sólo de los factores del ambiente o del funcionamiento de los equipos, sino también del estado funcional físico y psíquico del individuo en el trabajo.</p>
(Montmollin, 1986)	<p>Es una tecnología de las comunicaciones dentro de los sistemas hombre-máquina.</p>
(Wisner, 1973)	<p>La Ergonomía es el conjunto de conocimientos científicos relativos al hombre y necesario para concebir útiles, máquinas y dispositivos que puedan ser utilizados con máxima eficacia, seguridad y confort.</p>
(Vern, 1992)	<p>La Ergonomía es la disciplina tecnológica que trata del diseño de lugares de trabajo, herramientas y tareas que coinciden con las características fisiológicas, anatómicas, psicológicas y las capacidades del trabajador. Busca la optimización de los tres elementos del sistema (humano-máquina-ambiente), para lo cual elabora métodos de estudio de la persona, de la técnica y de la organización</p>
Asociacion Internacional de Ergonomía , 2000)	<p>«Ergonomía (o factores humanos) es la disciplina científica relacionada con la comprensión de las interacciones entre los seres humanos y los elementos de un sistema, y la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos de diseño para optimizar el bienestar humano y todo el desempeño del sistema.»</p>

La Ergonomía como ciencia mejora el entorno laboral, el beneficio puede verse desde dos vías: por el lado del empresario mejorará los resultados con una mayor productividad y por el lado del trabajador mejorará su calidad de vida y bienestar; razón por la cual los países del mundo encaminan sus leyes a mejorar la calidad de vida de los trabajadores, que son los que mueven la economía mundial.

1.2 Objetivos de la Ergonomía

La Ergonomía se apoya en diferentes disciplinas que van desde la fisiología a las ciencias cognitivas, de la biomecánica a la sociología del trabajo, de la medicina a la ingeniería, entre otros. Persigue objetivos relacionados con la seguridad y salud de los trabajadores.

Los principales objetivos de la ergonomía son los siguientes:

- Identificar, analizar y reducir los riesgos laborales (ergonómicos y psicosociales).
- Adaptar el puesto de trabajo y las condiciones de este a las características del operador.
- Contribuir a la evolución de las situaciones de trabajo, con el fin de que pueda ser realizado, en salvaguardia de la salud y seguridad, con el máximo de confort, satisfacción y eficacia.
- Controlar la introducción de las nuevas tecnologías en las organizaciones y su adaptación a las capacidades y aptitudes de la población laboral existente.
- Establecer prescripciones ergonómicas para la adquisición de útiles, herramientas y materiales diversos.
- Aumentar la satisfacción y motivación en el trabajo.
- Mejorar la salud de la empresa y promocionar la salud en el trabajo.

Con estos antecedentes, se puede decir que la Ergonomía persigue objetivos que mejoran el ambiente laboral como:

- Optimizar la interacción de las personas disponibles y la tecnología.
- Seleccionar la metodología más adecuada al personal disponible.

- Elevar los índices de productividad, en lo cuantitativo y en lo cualitativo.
- Diseñar la situación laboral de manera que el trabajo resulte cómodo, fácil y acorde con las condiciones de seguridad y salud.
- La finalidad del diseño ergonómico de los puestos de trabajo es conseguir una adaptación satisfactoria de las condiciones de trabajo a las características físicas y psíquicas del trabajador, con el objeto de salvaguardar su salud y bienestar, al mismo tiempo que se mejora la eficiencia y la seguridad en el trabajo.
- Mejora el medioambiente, con prácticas saludables para la empresa y para su entorno.

En la figura 1 se ilustra el carácter integrador u holístico de estos objetivos, dado el alcance de la Ergonomía como ciencia.



Figura 1 Carácter integrador de los objetivos de la Ergonomía.
Fuente: Elaboración propia.

1.3 Tipos de Ergonomía

La Ergonomía como ciencia debe estudiarse desde dos puntos de vista, según Suárez (2006), criterio con el cual la autora coincide plenamente. Estos son:

Ergonomía preventiva: es la parte de Ergonomía que se la conoce como Ergonomía de diseño de nuevos elementos. Es el área que trabaja en íntima relación con las disciplinas encargadas de la seguridad e higiene en las áreas de trabajo. Dentro de sus principales actividades se encuentra el estudio y análisis de las condiciones de seguridad, salud y confort laboral.

Este tipo de Ergonomía permite:

- La acumulación de datos sobre el factor humano
- La investigación sobre las diversas formas de la actividad humana
- El conocimiento sobre los métodos para su análisis y formalización
- El descubrimiento de los factores determinantes de su eficiencia
- El conocimiento de los factores que inciden en la actividad humana

Ergonomía correctiva o de perfeccionamiento

Es la técnica de rediseño para la mejora y optimización. Este tipo de Ergonomía permite:

- La optimización de cada actividad tomando en cuenta, en forma consecutiva, los factores psicológicos, fisiológicos, higiénicos, de seguridad, entre otros.
- La integración de cada uno de los modelos unidimensionales, reduciendo a un común denominador los resultados proporcionados por cada ciencia que estudia el trabajo.

- Influencia positiva en la práctica del diseño y reestructuración del mismo.
- Contribución a la acumulación de datos sobre el trabajo .

En el ambiente de trabajo, existe una serie de factores que pueden afectar la calidad de vida laboral. Con el desarrollo de la ciencia “Ergonomía”, estudiosos de la materia (Buzón, 2011; Camp, 2011; Navarro, 2013), han propuesto una clasificación de acuerdo a los riesgos que se puedan presentar, dependiendo del entorno laboral en que una actividad se desarrolla, tal como también lo establece la legislación ecuatoriana relacionada con la SST.

En la figura 2 se sintetizan las siguientes:

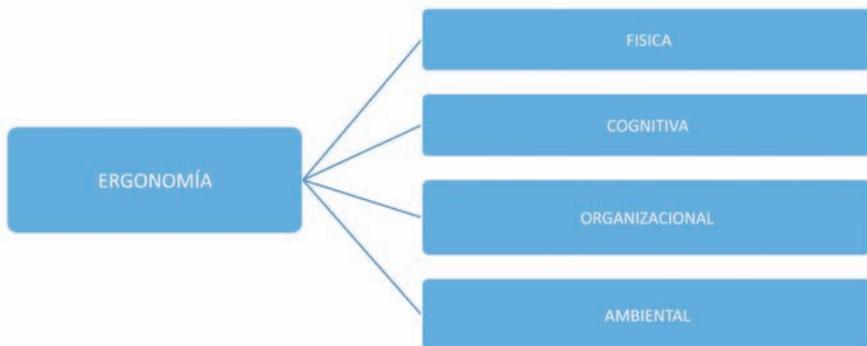


Figura 2 Clasificación de la Ergonomía.

Fuente: Elaboración propia.

Ergonomía física: está involucrada con la parte física del ser humano; es decir, con en las áreas de anatomía, antropometría, características fisiológicas y biomecánicas aplicadas a la actividad física del ser humano. En este tipo de Ergonomía están el análisis de las posturas de traba-

jo, el movimiento manual de cargas, los microtraumatismos repetitivos; es decir, con todo el aparato musculo-esquelético. Existe una serie de métodos para evaluar estos tipos de riesgos laborales (Buzón, 2011).

Ergonomía cognitiva: está involucrada con los procesos mentales como la percepción, la memoria, el razonamiento y las respuestas motoras, ya que tienen una importante participación en la interacción que se presenta entre los seres humanos y los sistemas con que interactúan (Buzón, 2011).

Dentro de los temas que se han estudiado por los ergonomistas especializados en el área cognitiva, está el análisis de la carga mental, procesos de toma de decisiones, la interacción entre humanos y computadoras, confiabilidad en el ser humano, estrés, entrenamiento y capacitación, entre otros.

Ergonomía organizacional: está involucrada con la optimización de los sistemas socio-técnicos, incluyendo su organización, estructuras, políticas, procesos, etc. Algunos de los temas relevantes, dentro del área de la Ergonomía, son el estudio de la comunicación, del diseño del trabajo, diseño de tiempos y turnos de trabajo y descanso, diseño participativo, trabajo en equipo, organizaciones virtuales y teletrabajo, entre otros (Camps, 2011).

Ergonomía ambiental: es la rama de la Ergonomía especializada en el estudio de los factores ambientales, generalmente físicos, que constituyen el entorno del sistema formado por la persona y el equipo de trabajo y su influencia en los aspectos relacionados con la seguridad, la eficiencia y la confortabilidad. Incluye el estudio de los ambientes térmico, visual, acústico, mecánico, electromagnético y de distribución del puesto de trabajo (Navarro, 2013).

1.4 Alcance de la Ergonomía

La actividad humana constituye el comienzo y la coronación de la investigación, educación y diseños ergonómicos. Para alcanzar esta meta existen numerosas ciencias aplicadas y técnicas concretas que pueden usarse en múltiples estudios ergonómicos. Algunas tienen como elemento central de estudio el ser humano, por ejemplo, la medicina, la biología, la antropometría, la psicología; otras se basan en los factores presentes en cualquier puesto de trabajo, en el entorno físico, en el diseño del centro y en los factores de organización.

Entre las disciplinas fundamentales se pueden citar las siguientes:

- **La Anatomía:** ciencia que trata de la forma y estructura de los distintos órganos y del organismo en su conjunto, se centra en los aspectos antropométricos y biomecánicos.
- **La Fisiología:** estudia el funcionamiento de los sistemas fisiológicos y de todo el organismo; el consumo energético es uno de los objetos principales de esta ciencia.
- **La Organización de Sistemas:** contribuye a elevar la productividad del trabajo, a mantener la salud y al desarrollo del individuo. Así mismo, incluye todo lo relacionado con los métodos y tiempos, así como las comunicaciones.
- **La Psicología:** trata las leyes del comportamiento y la actividad humana, de las actitudes, de las aptitudes y la carga mental.
- **La Pedagogía:** tiene en cuenta los aspectos relacionados con la participación y el adiestramiento y está llamada a contribuir al proceso de perfeccionamiento de la formación.
- **La Ingeniería:** ayuda a planificar y a diseñar el puesto y el centro de trabajo.

- **La Arquitectura:** abarca, principalmente, temas referentes a los espacios y a los accesos².

La mejora de las condiciones de trabajo, así como una mayor calidad de vida, se obtiene con el trabajo conjunto de todas las ciencias, a pesar de que cada una de ellas parta de ideas distintas y emplee medios diferentes para lograr sus objetivos.

La integración de estas ciencias permite la adaptación, de manera óptima, de la máquina a las personas y se analizan, activamente, las capacidades del hombre en función de las exigencias que le presenta el progreso técnico, adaptándose a las posibilidades que se abren ante él, con el desarrollo de la técnica (Real, 2012).

(Cazamian, 1986) define a la Ergonomía como el estudio multidisciplinar del trabajo humano que pretende descubrir sus leyes para formular mejor sus reglas. La Ergonomía es pues conocimiento y acción. El conocimiento es científico y se esfuerza en procurar modelos explicativos generales; la acción trata de adaptar mejor el trabajo a los trabajadores.

De lo anteriormente expuesto, la autora considera que la Ergonomía en cuanto al trabajo, conlleva siempre a un entorno más eficaz con tecnologías que facilitan las tareas. Se puede mencionar las siguientes ventajas:

- Mejora de la comodidad del empleado.
- Disminución de la fatiga.
- Reducción de lesiones por movimiento repetitivos.
- Reducción de accidentes.

² Instituto Nacional de Seguridad e Higiene. Ministerio de Empleo y Seguridad Social. Gobierno de España

- Mayor satisfacción de los empleados.

Lo cual a su vez, puede:

- Mejorar la productividad.
- Mejorar la atención al cliente.
- Reducir el ausentismo.
- Reducir el movimiento de personal (rotación).
- Aumentar la rentabilidad.

1.5 Los programas de intervención ergonómica. Fundamento y análisis

Los programas de intervención ergonómica, comienzan con una evaluación de los puestos de trabajo y tienen por objeto detectar el nivel de factores de riesgo a los que pueden estar sometidos los trabajadores. (Mondelo 1994).

Es obligación de las empresas identificar la existencia de peligros derivados de la presencia de elevados riesgos laborales en sus puestos de trabajo. En este sentido, las legislaciones de cada país son más o menos exigentes. En general existen dos niveles de análisis: el análisis de las condiciones de trabajo para la identificación de riesgos (nivel básico), y la evaluación de los riesgos ergonómicos en caso de ser detectados (nivel avanzado)³.

La identificación inicial de riesgos permitirá la detección de factores de riesgo de los puestos de trabajo. En caso de ser detectados se procederá con el nivel avanzado.

³ Universidad Politécnica de Valencia. Evaluación Ergonómica de los Puestos de Trabajo.

Para poder realizar una intervención ergonómica es importante conocer a fondo la empresa que se va a intervenir, porque no es lo mismo evaluar, por ejemplo, a una empresa de construcción, que una institución educativa, por cuanto los riesgos laborales son diferentes; por tanto, el método a seguir para dicho análisis, también es diferente.

En un plan de intervención ergonómica se pueden distinguir las siguientes etapas⁴.

- ETAPA 1: Detección de factores de riesgo ergonómico.
- ETAPA 2: Reconocimiento del campo.
- ETAPA 3: Evaluación de los factores de riesgo localizados.
- ETAPA 4: Ergonograma.
- ETAPA 5: Acciones para un plan de mejoras.
- ETAPA 6. Valoración económica de los programas de intervención.
- ETAPA 7: Implantación de los programas de intervención.
- ETAPA 8: Seguimiento y control.

ETAPA 1. Detección de factores de riesgo ergonómico

Se analiza el puesto de trabajo para detectar factores de riesgo ergonómico que puedan estar presentes durante la actividad del trabajador.

En el análisis del puesto se puede aplicar una “lista de chequeo” mediante la cual se realiza una primera detección del riesgo por SI / NO.

Se utilizan métodos como la entrevista para realizar esta primera etapa.

⁴ Bureau Veritas S.A. Empresa de servicios de inspección y certificación.

ETAPA 2. Reconocimiento del campo

El reconocimiento de campo consiste en:

- Toma de medidas del espacio físico de trabajo.
- Video- filmación.
- Fotografiado .
- Toma de tiempos de ejecución, tanto de las tareas individuales como de los ciclos de repetición.
- Medición de ruido ambiental (nivel sonoro, continuo, equivalente y por bandas de octavas).
- Medición de iluminación.
- Medición de temperatura ambiente y humedad relativa.
- Medición de velocidad del aire.

ETAPA 3. Evaluación de los factores de riesgo localizados

Mediante la aplicación de métodos de cálculo, reconocidos en la literatura especializada, se evaluará cada factor de riesgo. En esta etapa, dependiendo de los riesgos mayores de la empresa, se emplearán los métodos que el ergónomo crea necesario.

ETAPA 4. Elaboración de un ergonograma de trabajo

Esta es una etapa de diagnóstico en la que se hará un esquema total de todos los puestos de trabajo y los riesgos a los que cada puesto está sometido, lo que servirá de base para la siguiente etapa.

ETAPA 5. Acciones para un plan de mejoras

Se elaborará un plan de mejoras, en donde está contemplado un plan de inversiones para poder mejorar cada puesto de trabajo. Es necesario

en esta etapa hacerle comprender a los administradores el costo-beneficio de un plan de intervención, a continuación se explicará brevemente sobre estos beneficios.

En el procedimiento, propuesto por Rodríguez *et.al.*, (2013) para realizar una intervención ergonómica (Anexo I), se establecen una serie de pasos a seguir donde, en su última etapa, se implementa la propuesta y se hace el seguimiento del cumplimiento de las mismas.

ETAPA 6. Valoración económica de los programas de intervención

Consiste en la valoración económica que se realice, considerando tanto los costos en que se incurren en las inversiones, comparándolo con los beneficios reportados por la implantación de programas de intervención.

ETAPA 7. Implantación de los programas de intervención

En esta etapa se ejecutan las acciones o inversiones tendientes a solucionar las deficiencias en la etapa de diagnóstico.

ETAPA 8. Seguimiento y control

Se establecerá un sistema que, de manera continua, vele por el cumplimiento, desviaciones o cambios, tanto en la naturaleza del trabajo como en las condiciones del entorno.

1.6 Costo beneficio de la intervención ergonómica

Para analizar cuál es el costo económico de los programas de intervención ergonómica es necesario enfatizar en que, muchos empresarios

no valoran el costo humano de un riesgo laboral para sus trabajadores (Félix López y García Dihigo 2014)

Para ello es necesario, entonces, definir los tipos de costos a tener en cuenta en los programas de intervención ergonómica:

Costo humano: constituye el daño que sufren las personas directamente afectadas como el que sufren sus allegados. Supone desde las lesiones físicas para el trabajador/a que lo sufre, que implican dolor, pérdida de trabajo, necesidad de atenciones médicas y/o rehabilitación, hasta en determinados casos, pérdida de autonomía personal, alteración de proyectos de vida, minusvalías, entre otros. Los allegados también sufren el costo de la pérdida de familiares por consecuencias fatales, cuando esto ocurre.

Costo económico: El costo económico está formado por todos los gastos y pérdidas materiales que el accidente y las enfermedades profesionales ocasiona para la persona y su familia, así como el costo del deterioro de materiales y equipos y pérdida de tiempo de trabajo para la empresa y sus compañías aseguradoras, costos para las arcas públicas, y para la sociedad en general. Este costo es más fácil cuantificarlo, sin embargo, la autora es del criterio que también quedan rezagados algunos costos ocultos (Marrero 2014).

En los proyectos de Ergonomía suele ser complejo cuantificar, tanto los costos como los beneficios asociados. No obstante, en la mayoría de organizaciones están disponibles los datos contables necesarios para cuantificar los costos del proyecto, como los de personal, de equipamiento y materiales, de discontinuidad del trabajo normal.

En cambio, los datos contables asociados a los beneficios, normalmente hay que buscarlos, argumentarlos y demostrarlos en cada proyecto. El análisis de beneficios contempla, principalmente, los siguien-

tes conceptos: por un lado, aumento en la productividad; y por otro, reducción de errores e incidentes de los tiempos de capacitación, de manutención, de materiales y equipamiento, de la imagen mejorada de la compañía. Además de los beneficios que reporta a la salud.

Los principales beneficios de llevar a cabo un proyecto correcto de intervención ergonómica se pueden clasificar en tres categorías, tal como se muestra en el cuadro 1.4, a modo de resumen.

Cuadro 2: Beneficios económicos de la Intervención Ergonómica.

Fuente: Elaboración propia.

BENEFICIOS ECONÓMICOS	ASPECTOS QUE CONTEMPLAN
Beneficios económicos relacionado con el personal	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la productividad • Reducciones de errores, evita desperdicio y pérdida de tiempo. • Menor tasa de accidentes e incidentes • Reducción del tiempo de aprendizaje • Reducción del tiempo de mantenimiento de equipos
Beneficios económicos relacionados con los equipos y materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento del ciclo de vida de los equipos. • Menor costo de mantenimiento
Beneficios económicos relacionados con el aumento de las ventas	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora calidad del producto • Incremento de las ventas

1.7 Técnicas de análisis económicas utilizados para la valoración ergonómica de los programas de intervención

El Análisis Costo Beneficio (ACB)

El ACB es el proceso de colocar una cifra a los diferentes costos y beneficios de una actividad. Al utilizarlo, podemos estimar el impacto financiero acumulado de lo que queremos lograr.

Se utilizan para comparar diferentes costos y beneficios ante varias alternativas y tomar la decisión.

Involucra los siguientes pasos

1. Caracterización de la entidad u objeto de estudio.
2. Tormenta de ideas: para determinar la información requerida en cada una de las probables decisiones.
3. Determinar los costos y beneficios asociados a cada factor.
4. Sumar los costos totales.
5. Sumar los beneficios totales.
6. Establecer la relación costo beneficio.
7. Comparar los costos y beneficios.

1.8 Costos Sociales Intangibles

No obstante las conocidas teorías de Henrich y otras similares que clasifican los costos de accidentes directos e indirectos, así como las diferentes pólizas de seguro del trabajo que, de algún modo, estiman el valor financiero a entregar en casos de accidente, estos no consideran un factor totalmente intangible, consistente en la valoración de lo que significa, para el propio accidentado (o limitado somática o sensorialmente), los efectos negativos o secuelas que el trabajo le ha provocado.

El dolor producido por un trauma, la angustia por factores sicosociales adversos, el desespero de sumirse en el silencio perpetuo o vivir en la absoluta oscuridad, la conmoción familiar y de amigos y muchas otras secuelas, no han sido consideradas hasta la presente.

Este valor obtenido representa el monto total de dinero que estarían dispuestos a pagar los trabajadores expuestos a un riesgo.

Su valor representa, para el directivo, la importancia que los trabajadores valorizan la situación.

Resumen en un número la percepción de riesgo.

No es que el trabajador pague ese valor de su salario sino, es solo un número valorativo sobre la importancia que le otorgan los trabajadores expuestos a riesgos.

De ahí que se convierta en una herramienta gerencial para la toma de las decisiones en las inversiones, ya que a medida que sean mayores los recursos, deben dirigirse a la solución de esa condición de riesgo.

Es proactiva, a diferencia de las técnicas predecesoras, ya que se adelantan a la ocurrencia del hecho desencadenante, que afecta al trabajador.

El CSI se convierte en una herramienta que permite la comparación entre los costos de una inversión y los beneficios derivados de ella: generalmente se conoce el valor monetario de los costos, dado porque representan inversiones de equipos, maquinarias, tecnologías más limpias y otras. En ocasiones, estos costos están asociados a costos organizacionales, tales como nuevos diseños de regímenes de trabajo y descanso, modificaciones en la organización de trabajo etc. También ocurre que éstas pueden estar asociadas a variaciones introducidas en los factores psicosociales o de diseño de puestos de trabajo. En estas situaciones, los costos son relativamente menores y adquieren un carácter intangible, ya que sus valores monetarios no se ofertan en el mercado.

No ocurre así con los beneficios esperados en un programa de intervención ergonómica: sus ventajas en términos de reducción de enfermedades, lesiones, trastornos psicosomáticos, psicosociales y otros, que revisten un elevado grado de subjetividad. Aunque las diversas teorías existen para calcular las enunciadas anteriormente (Método de Heinrich, Método de Simons, Método de los elementos de producción), cuantifican, económicamente, los programas de intervención, su carácter es reactivo; es decir, solo permite aplicarlo después que ocurre el hecho.

Ante estas limitaciones es que se propone la aplicación de los CSI, que expresan la magnitud del beneficio que perciben todos los receptores de las mejoras introducidas en los programas de intervención. Se transforman los CSI en la percepción que los trabajadores tienen sobre los beneficios que recibirán, por la implantación de las mejoras. Expresa la disposición a la entrega de cierta cantidad de dinero en aras de recibir un beneficio ergonómico, lo cual no significa que lo pague de su salario, sino que el trabajador está dispuesto a pagarlo, de manera que el directivo conoce la magnitud o importancia que esa condición desfavorable, que tiene para los afectados.

De igual modo permite la valoración de alternativas así como jerarquizarlas, ya que ante diversos factores del trabajo, mide la diferencia entre unos y otros, facilitando al directivo la toma de decisiones.

Por último señalar que, en las metodologías de evaluación de impacto ambiental, para resolver económicamente, el efecto que sobre un bien produciría una acción humana, parte de principios similares a los aquí expuestos, en particular, la técnica conocida como el Juego de Ofertas.

Procedimiento propuesto en la investigación

A continuación se propone el cálculo de la magnitud del riesgo del costo social intangible (CSI), el cual se sustenta alrededor de la pregun-

ta: ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar usted de su salario mensual, para que la dirección de la empresa intervenga en el riesgo?

Para ello se propone el índice **Costo Social Intangible (CSI)**.

Este índice determina el monto total de dinero que estarían dispuestos a pagar los trabajadores por eliminar el riesgo, el cual es un porcentaje de su salario.

$$\text{CSI} = \% \text{ Sal. } \overline{\text{Sal}} \cdot \text{N. Trab}$$

Dónde:

% Sal = % de salario que estarían dispuestos a pagar los trabajadores expuestos a riesgos.

$\overline{\text{Sal}}$: Salario promedio de los trabajadores expuestos a riesgos.

N. Trab: Número de Trabajadores expuestos a riesgos.

Se utiliza el % de salario a pagar por los trabajadores, en contraposición con un valor monetario fijo, para homogenizar la importancia que el trabajador le atribuye al riesgo con independencia del monto de su salario. Resulta oportuno señalar que el principio en que se basa esta técnica no implica que el trabajador lo pague realmente, sino es solo para evidenciarle a los directivos la importancia que le confieren.

1.9 El Índice Socioeconómico en los programas de intervención ergonómica.

En esta etapa se realiza un análisis de las medidas propuestas, jerarquizándolas a partir del resultado de la multiplicación del CSI y ACB, creando un indicador adimensional que por una parte muestra la impor-

tancia que los trabajadores le confieren al riesgo, y por otra el beneficio económico que representa para el empresario, de modo que el índice socio económico, ISE, se convierte en una herramienta que permite la priorización de las inversiones considerando tanto el efecto social como el económico:

$$ISE = CSI \times ACB$$

ISE: Índice Socioeconómico

CSI: Costos Sociales Intangibles

ACB: Análisis Costo Beneficio

El Índice Socioeconómico es el resultado de considerar los dos aspectos básicos necesarios para la toma de la decisión en las inversiones a acometer en materia de ergonomía: la importancia social del programa de intervención y el costo de las medidas propuestas.



Figura 3: Procedimiento específico para valorar el plan de inversiones.

Fuente: Elaboración propia

Con la aplicación de este procedimiento se jerarquizan las inversiones y se priorizan según al análisis Costo Beneficio y los Costos Sociales Intangibles.

CONCLUSIONES GENERALES

1. Existe una creciente base teórica-conceptual sobre la seguridad y salud del trabajo, tanto a nivel nacional como internacional, sin embargo, quedan espacios para la investigación teórica y práctica de la valoración de la implantación socioeconómica, de los programas de intervención ergonómica.
2. No se encontraron precedentes de concepción de una metodología que integre un conjunto de herramientas y métodos de carácter económico y social, que permita valorar el impacto socioeconómico de los programas de intervención ergonómica en los puestos de trabajo.
3. La metodología desarrollada constituye un instrumento que permite la implantación de los programas de intervención ergonómica, así como valorarlos socioeconómicamente.
4. Se determinaron las prioridades a acometer en las inversiones, a partir de la creación de un indicador socioeconómico, ISE, resultado de considerar la técnica del ACB y los CSI.

RECOMENDACIONES

1. Continuar la divulgación de las experiencias y resultados obtenidos en el trabajo de investigación a través de publicaciones científicas en revistas y eventos nacionales e internacionales.

2. Incorporar los conocimientos, resultados y experiencias de esta investigación a la enseñanza de pre y posgrado, así como en futuros proyectos de investigación, de forma tal que contribuya a la formación de futuros profesionales y a la actualización de investigadores y personal del ámbito académico y empresarial.

BIBLIOGRAFÍA

1. Almirall, Pedro, y otros. 2009. Validación de un instrumento para el diagnóstico del mobbing. Cuestionario de Heinz Leymann (LIPT) modificado. La Habana Cuba, Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores, 2009. págs. 1-15.
2. Alonso Becerra, Alicia, y otros. 2007. Ergonomía. CUJAE. La Habana Cuba: Editorial Félix Varela, 2007.
3. Dixon, J. 1994. Análisis económico de impactos ambientales. Edición Latinoamericana, ISBN 9977-57-328-X. Costa Rica.
4. Félix, M. 2013. Procedimiento para valorar el impacto económico y social de los Programas de Intervención Ergonómica. Congreso Ulaergo. Seguridad y Salud. Quito- Ecuador.
5. Félix, M. 2014. Importancia de los Programas de Intervención Ergonómica en las Empresas. Congreso Internacional de Administradores de Empresas. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí ESPAM MFL. Calceta, Ecuador.
6. García Dihigo, Joaquín. 2003. Indicadores utilizados para valorar trabajo mental. Brasil: Revista FACECA, 2003. págs. 3-8.
7. García, J. 2007. Metodología de la investigación para las ciencias administrativas. "Registro CENDA": 3497-2008.

8. Real, G; García, J; Regueira, M. 2012. El desafío de humanizar el trabajo. Aplicación de la Ergonomía en la mejora de puestos de trabajos. Editorial Académica Española. ISBN 978-659-04636-0. p 2-8.
9. Viña, S, Hernández, A, y Medina, Y (2008). Antecedentes, estado actual y futuro de la Ergonomía y de la Seguridad y Salud en el Trabajo en la Ingeniería Industrial. Taller Nacional de Ergonomía y Seguridad e Higiene Ocupacional. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Cuba. Conferencia inicial, marzo, 2008.

“ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LAS
CONSECUENCIAS DEL IMPACTO DE LA CIENCIA
EN EL FUTURO INMEDIATO”



Excmo. Sr. Dr. Lorenzo Gascón

Vicepresidente y Académico de Número de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras de España

Excmo. y Magnífico Sr. Rector de la Universidad de Matanzas
Excelentísimas e Ilustrísimas Autoridades, Académicos y Profesores
Señoras y Señores

En primer lugar deseo manifestar que, además de un destacado honor, es para mí un privilegio especial cumplir con el encargo recibido de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras de España, para participar en esta solemne sesión.

Nuestra Corporación, de carácter científico y técnico, que bajo el Alto Patronazgo de S. M. El Rey se ocupa de todo lo que, en el ámbito de las Ciencias Económicas se refiere al saber y al servicio de la sociedad, asegura y garantiza su perennidad por medio de la cooptación de nuevos académicos que, al mismo tiempo, representan un público reconocimiento de los méritos acumulados y del más alto nivel alcanzado en la ciencia, la profesión y la actividad a las cuales han dedicado sus mejores esfuerzos y su vida.

Deseo enfatizar que esta Real Academia cuenta entre su elenco a siete académicos galardonados con el Premio Nobel de Economía. No sé de ninguna otra Academia que cuente con este acervo. Hoy nos acompaña uno de ellos, el Profesor Finn E. Kydland, nuestro Académico Correspondiente para Noruega.

El tema general escogido para este encuentro es “Nuevos horizontes científicos ante la incertidumbre de los escenarios futuros”.

El pasado mes de abril, la Dra. Gil Lafuente en una entrevista que le hizo la revista “Fomento” de Barcelona, señalaba que: “El Medievo duró 800 años, la revolución industrial 200 y la era digital quema etapas cada 2 años”.

Nada más cierto. Pero este ritmo vertiginoso en los logros científicos ha de ir acompañado de algo más.

Si hemos de abordar un panorama de escenarios futuros como consecuencia de los nuevos desarrollos científicos, de entrada hemos de plantearnos dónde estamos y cuáles deberían ser las bases morales sobre las que debieran asentarse estos nuevos horizontes.

El Papa Francisco I en la entrevista exclusiva publicada en el diario “La Vanguardia” de Barcelona el día 13 de junio del pasado año, afirmaba, y este era el titular de la portada, que “nuestro sistema económico mundial ya no se aguanta”.

Y llamaba la atención al decir que hemos descartado toda una generación para mantener un sistema que no es bueno. Hemos colocado el dinero en el centro, el dios dinero, y no al hombre y la mujer. La globalización bien entendida es una riqueza, “un poliedro”, y esto no se da. Hasta aquí lo que decía el Papa hace unos meses.

En cierto modo coincidía Nietzsche cuando afirmaba que el hombre, inconscientemente había sustituido a Dios poniendo en el altar nuevos dioses a los que adorar, como el dinero o la ciencia. La divinización del beneficio económico como dice el filósofo Habermas. Y, añadiría, la hegemonía del relativismo occidental.

Quien quiera que trate de decir algo, hoy en día, en referencia a la globalización y al futuro que nos ha abierto, no puede evitar tener que enfrentarse con la crisis existente, que no sólo abraza el mundo económico y político, sino también los valores morales en los cuales la sociedad debiera basar su normal quehacer.

Muchas de las consecuencias de la globalización se manifiestan en forma de señales de alarma con respecto a la presente debilidad de la gobernanza económica y del “todo vale” aplicado a las finalidades de las corporaciones y de los estados. Recordemos que la avidez energética por los recursos fósiles nos ha llevado al cambio climático probablemente ya irreversible.

Una de las principales manifestaciones de la globalización es la crisis de la Ética y la indiferencia con respecto a cualquier norma moral. Repito, la Ética está ausente en casi todas partes. La confianza ha de restaurarse tanto en los gobiernos como en las corporaciones, así como en los individuos.

¿Esta crisis de la Moral está predestinada a ser permanente? A largo plazo, ciertamente no. La Moral es inherente de la conciencia humana, Si desapareciera estaríamos confrontados a una mutación de las especies.

A la Ética le sucede lo equivalente a la estatura, el peso o el color de la piel. No podemos vivir sin ellos.

El Papa Benedicto XVI en su Encíclica “Caritas in veritate” publicada en el mes de julio de 2009, decía que “ante la crisis que la economía globalizada está sufriendo, la Iglesia no tiene propuestas técnicas que aportar pero sí que tiene soluciones éticas”.

Todo el mundo es, ahora, una economía cerrada y única.

La mundialización de la revolución científico-técnica debiera permitirnos vivir mejor y con dignidad, siempre que los logros lleguen hasta los ámbitos más humildes, por este motivo es tan importante la ética no solo individual sino como sentimiento colectivo.

Sin tecnología no seríamos viables. Utilizamos lentes, escribimos con bolígrafo, conducimos coches, utilizamos teléfonos móviles, ordenadores... Todo lo que es humano conlleva tecnología. La tecnología nos hace humanos. La alta tecnología es lo que nos ha llevado a la presente globalización.

Hay que tenerlo muy presente, la globalización ha sido la consecuencia de la alta tecnología. Especialmente de la altísima tecnología de la información.

La humanidad durante miles y miles de años avanzó tecnológicamente a un ritmo lento, lentísimo, casi imperceptible.

No fue hasta hace poco más de dos mil años que se dio un gran paso adelante. En la época clásica fueron los griegos y, posteriormente, los árabes en la Alta Edad Media con sus espectaculares logros en el mundo de las matemáticas, la geometría, la astronomía, la arquitectura, el pensamiento filosófico y la literatura quienes pusieron las bases de nuestra civilización y los fundamentos de la actual tecnología.

Pero ha sido en estas últimas décadas cuando la investigación científica, año a año, ha dado paso a descubrimientos y avances tecnológicos impensables hace menos de un siglo.

La carrera espacial, la informática, la biología están transformando al mundo a una velocidad prácticamente incontrolable y hacen que el futuro sea casi impredecible. Apenas podemos intuirlo.

Permítanme, sólo a título de muestra de lo que se avecina en los múltiples vectores de la investigación científica detenernos en un reciente, recentísimo descubrimiento partiendo de la ya famosa rata UT2598. Es un tema, aún, escasamente conocido. Por lo poco que se ha publicado y que lo ha sido en estos últimos tiempos. En estos inmediatos pasados meses.

Tiene que ver con la longevidad y sus consecuencias, imprevisibles, desde el punto de vista económico, sociológico y, claro está, político.

Como antecedente, recordemos que en lo que llamamos mundo occidental, la edad media del hombre era de 59 años en 1925, 70 en 1955, 75 en 1985 y 80 en la actualidad. En sólo 90 años la esperanza de vida ha aumentado en 20.

En 1946 el partido laborista del Reino Unido ganó las elecciones. Los británicos no reeligieron a Winston Churchill el héroe nacional que los había llevado a la victoria sobre las potencias del Eje.

Los votantes británicos tuvieron en cuenta la perspectiva del malestar social que se desencadenaría con el retorno de seis millones de jóvenes que habían estado luchando en los campos de batalla y que no iban a encontrar trabajo fácilmente, la reconversión o cierre de la industria de guerra, presagiaban fuertes tensiones sociales. El electorado entendió que los socialistas podrían enfrentarse mejor a todo ello que los conservadores.

El nuevo gobierno estaba mayormente formado por intelectuales procedentes de la “Fabian Society”. El Primer Ministro era Attlee que se rodeó de un grupo formidable: Morrison, Bevin, Bevan, Sir Stafford Cripps, Barbara Castle, Callaghan, Wilson y Lord Weaverbrook.

Fué este último el promotor del “Welfare State”- el Estado del Bienestar – pionero en el mundo. Sanidad y educación para todos y sobretodo jubilación pensionada vitalicia a partir de los 65 años. Una verdadera revolución que fue seguida en los años venideros por la mayor parte de Europa.

Pero... por entonces el promedio de vida para los europeos era de 67 años. Por lo tanto el sistema de pensiones amparaba sólo un período de dos años.

Hoy, en Europa, el promedio de vida es de 80 años. Y el problema es cómo financiar las pensiones. Alemania lucha para convencer a su ciudadanía que la vida laboral debería prolongarse hasta los 70 años. Inicialmente y de manera escalonada hasta el 2020 trata de situarla en los 67. El electorado no está por la labor.

Y por fin llegan los experimentos con la rata UT2598. En el Health Science Center de la Universidad de Texas en San Antonio se ha conseguido que el límite de edad de las ratas utilizadas en la investigación de la longevidad de una barrera de expectativa de vida de 2,3 años se haya saltado a más de 4 años.

¿Milagro o logro científico? Por supuesto logro científico que se debe al descubrimiento de un compuesto denominado rapamycina. Extrapolado a los seres humanos nos da una edad media de 142 años.

La rapamycina permite un lento envejecimiento de las células. El hígado y el corazón se mantienen como si fueran mucho más jóvenes.

Los tendones tienen una fortaleza y flexibilidad muchísimo mayor que lo que les correspondería. No haya duda de que se trata de un logro de increíbles consecuencias.

En los experimentos realizados con la rata UT2598 se están produciendo nuevos descubrimientos como una menor evidencia de la aparición de tumores al envejecer, reducción de los problemas cardiológicos y en la degeneración cerebral, tipo alzhéimer. Nadie afirma que se trate de vivir eternamente. La realidad se centra en envejecer más lentamente y en buenas condiciones.

Lo que estamos afrontando es convertir un mundo diseñado para los jóvenes en una sociedad diseñada para una población que vivirá mucho más de 100 años de promedio.

Pensemos en los sistemas de transporte, las infraestructuras, los hospitales, la enseñanza, diseñados para una sociedad basada en tres generaciones que lo será de cinco. Bisabuelos, abuelos, padres, hijos y nietos conviviendo al mismo tiempo.

La concepción del trabajo a pleno tiempo hasta los 60/65 ¿es que deberá prolongarse hasta, digamos, los 90? La fecundidad de la mujer, hoy llega hasta los 40/45 años... ¿se prolongará hasta los 80 ...?

La ciencia y la tecnología son las bases para este dramático salto en las expectativas de vida. Y la ciencia y la medicina dejan abierta la puerta de cual podrá ser el límite en el futuro.

Los economistas Robert Fogel y Dora Costa describen el fenómeno como la “evolución tecno fisiológica”, esto es, los cambios biológicos derivados de las tecnologías que además deberán asegurar la generación de suficientes alimentos.

Ya hemos experimentado adelantos como la electricidad que ha conllevado la refrigeración para la conservación de los alimentos o las vacunas que han permitido dramáticas reducciones de las muertes prematuras y por contagio.

En pocos años, los seres humanos han aumentado de media su estatura. Nuestros cerebros son capaces de procesar la información más rápidamente.

El alargamiento de la vida y el descenso de la natalidad va a convertir las pirámides de población que hasta ahora son, en general, pirámides con una gran base de jóvenes y una parte superior de gente mayor, en rectángulos.

¿Cómo se va a financiar un sistema de pensiones que puede extenderse durante varias y crecientes décadas?

Los niños podrían contemplar su futuro como centenarios con salud y comodidad.

La ciencia deberá desarrollar industrias y productos destinados a ayudar a que los humanos envejezcan bien. A título de ejemplo, y es fácil imaginarlo, ello va a producir coches que frenen antes de un impacto; lo que ya se denominan *smart homes* y como economistas, deberemos prever productos financieros que permitan sostener vidas mucho más largas.

¿Y la edad de jubilación? Habrá que determinar hasta cuándo habrá que trabajar de manera efectiva.

Deberá construirse un mundo en donde la gente pueda envejecer 50 o más años más que ahora en buenas condiciones físicas y mentales y económicamente amparados.

Paralelamente, y siempre investigando como alargar la longevidad en buenas condiciones físicas y mentales, han aparecido una serie de “gurús” trabajando en diferentes campos.

Además del equipo de la Universidad de Texas, San Antonio, con la rapamycina y la ya famosa rata UT2598, en primera línea hay que citar a la profesora Laura Carstensen, Directora del Stanford Center on Longevity, autora de “*A long Bright Future: Happiness, Health and Financial Security in an Age of Increased Longevity*” enfatiza que como consecuencia de los recientes adelantos científicos, incluso para una generación anterior lo que estamos viviendo les habría parecido de ciencia ficción.

Al profesor David Sinclair, de la Harvard Medical School que aboga por el resveratrol, el ácido lipoico y el ejercicio físico. A la profesora Ellen Langer de la Universidad de Harvard, al Profesor George Rebok, de la John Hopkins University que investiga cómo influye en la longevidad huir del “stress” y tener la mente siempre ocupada, en la lectura, la vida cultural, el análisis de problemas y toma de decisiones. En su investigación cita el hecho de que los últimos Presidentes de los E.U.A. han llegado a nonagenarios. Gerald Ford a los 93 y George Bush y Jimmy Carter están ya en los 90 años. Son ejemplos del efecto positivo que representa mantener hasta edad avanzada una labor constante.

Y para terminar, cabe preguntarse si es posible prever el futuro a largo plazo con el actual y vertiginoso ritmo de los descubrimientos científicos.

Nuestro amigo y gran periodista Luis Amiguet, aquí presente, en una entrevista celebrada el 3 de febrero de 2013 a Peter Burke, historiador del conocimiento y Profesor de la Universidad de Cambridge del Reino Unido le preguntaba: ¿Se atreve a hacer historia del futuro? Y Burke le respondía:

“Me atrevo a equivocarme, pero sólo pronosticando sobre los próximos 30 años”

Y añadido, para terminar, que el futuro no está escrito y que probablemente es incierto (cambio climático, crisis energética, amenazas terroristas).

INNOVATION AND CAPITAL FORMATION IN TODAY'S
POLICY ENVIRONMENT

Finn E. Kydland

University of California, Santa Barbara



Excmo. Sr. Dr. Finn E. Kydland

Premio Nobel de Economía 2004

Académico Correspondiente para Noruega de la RACEF

I'm delighted to have this opportunity to visit Cuba and the University of Matanzas. My wife, Tonya, and I are especially grateful to RACEF for giving us this opportunity. The planning of this event started last year. It's especially interesting that we ended up coming here at this exciting juncture for the nation. As a consequence, I'll focus on what makes countries grow steadily and on the sense in which government policy may play a role for the sustainability of economic growth.

First, let me show you a plot of per-capita real GDP for a number of nations, starting in 1950. I'd like to think of them as consisting of four or five groups. At the top, as a reasonable benchmark for what can be done, is the United States, with Canada consistently not far below. Below them are four East-Asian nations: Korea, Hong Kong, Taiwan, and Japan. They have all grown at impressive rates for several decades.

Further down are three Latin-American countries: Argentina, Chile, and Mexico. Their growth has been decidedly less impressive.

Motivated by the idea that Cuba now has the potential for a fresh start, I've included two countries, formerly part of the Soviet Union, that got a fresh start in the early 1990s: Azerbaijan and Kazakhstan. They both had a rough time in their first few years of existence, but for the past 15 years or so have recovered impressively. (Note that this chart is in levels, that is, not on proportional scale, so that a given slope of a curve far down in the picture corresponds to a much higher annual growth rate than the same slope high up in the picture.)

Finally, at the very bottom is China. There's talk these days about China in a few years being likely to overtake the United States in terms of total volume of economic activity. But many are surprised to see how low *per-capita* GDP is. I guess that illustrates the principle that when you multiply a small number by a very large number (population) you can still get a large number! I'll return to China later on.

Of course there are places in the world doing far worse than any of these countries. The next chart shows real per-capita GDP for a number of sub-Saharan African countries. While the previous chart went as high as about \$40,000 constant 2005 dollars, this one can make do with a vertical scale of only \$10,000, and even that amount would have been much lower if I hadn't included Botswana, a relative resource rich nation that seems to manage their resources reasonably well. Some of the other nations are incredibly low, many apparently with little prospect for big improvements any time soon.

With such large differences across the world, it's highly likely that much of that disparity must be attributed to the kinds of economic policies being conducted in the respective countries. This applies pretty much to this entire time period. But what I also find interesting is how

different in nature the situations in different parts of the world have been over the shorter period since the financial crisis in 2008. That applies for example to countries in the eurozone in contrast with the United States. Let's start with the euro area. I have to warn you – I have some shocking pictures to show you!

But first let me remind you of a couple of pieces of economic theory. One is that the main driving force for sustainable per-capita growth is innovative activity – technological progress, development of better ways of making things, development of new products, and so on. These activities make productivity grow over time.

But innovative activity is not sufficient. One needs also capital – physical and human – to take advantage of these advances. Both innovation and capital formation are highly forward-looking activities. They are very costly as they take place, with the returns justifying this expense taking place steadily over five or ten or more years into the future. Important for these returns are the tax and regulatory environment, which means that decision makers' views about future economic policy can be crucial for their willingness to undertake these activities. An example of a favorable policy environment was Ireland between the early 1990s and mid-2000s, and while Argentina over more or less the same time period represents an example of the opposite.

Good economic policy has to take into account the effect, then, that the future portion of it has on decisions earlier in time. A potentially serious problem is that this policy is not consistent over time. When that future arrives, especially if the government thinks their situation represents somewhat of an emergency, without a proper commitment to that future policy, there's an incentive to change policy to focus more on the short run, with detrimental consequences for the long run.

Turning now to Europe, first let's get a sense of the bigger picture. In Figure 3, real GDP per capita is plotted for eight nations. Until 1990 or so, Spain, Italy, Greece, and Ireland are hovering near the bottom. But then, starting in the early 1990s, Ireland takes off. In less than 10 years it surpasses the until then clear top four, Germany, U.K., France, and Austria. Surely an important factor was the Irish government's decision on a policy of explicitly committing to their (reasonably low) levels of tax rates, especially for capital taxation, for the next 20 years, making it an attractive place for investment by domestic and foreign companies alike. Unfortunately, the story had an unhappy ending. Eventually, growth became debt-driven to an extent that by 2008, when the financial crisis hit, major banks faced insolvency. The government then made the terrible, in my opinion, decision to bail them out, at incredible cost to tax payers. This ending, however, to my mind doesn't take away from the success of the 1990s — a great example of policy consistency and removal of uncertainty about future taxes for the lifetime of a typical factory. Of course, if one were to guarantee the banks, as Ireland implicitly did, the government can be blamed for not putting in place an appropriate regulatory environment from the very beginning.

After the failure of Greece, one often heard mentioned as potential additional problem nations Italy, Spain, and Portugal (and sometimes also Ireland because of the huge jump in government debt after their bank bailout). Let's get a sense of their backgrounds in terms of the main driving forces for sustainable growth: innovative activity and technological progress, as reflected in, say, total factor productivity (TFP) and, after appropriate capital accumulation to go with it, in labor productivity. In Figures 4 and 5 I show those two data series for each of the three nations. In each of the plots, the average growth from 1960 to 1990 is indicated as a straight line and extended to the present. The shocking thing is that, for all three countries, both TFP and labor productivity are more or less flat since the early 1990s! One might have suspected that the slowdown in these nations was partly a consequence

of them having been tempted to take advantage of the low interest rates after joining the euro area and “live the good life.” While there may be something to that, these charts show that these nations’ problems are more deep-seated and appear to date back to well before the euro. All the talk about the possible disadvantage after 2008 of being in the Eurozone may have drawn attention away from the more fundamental underlying structural problems. Until these nations figure out how to make their respective curves in Figures 4 and 5 turn back to significant positive slopes, sustainable growth will be lacking.

For comparison, I include the plots also for Ireland. TFP displays an impressive pick-up in the 1990s, but then flattens out. Eventually, so does labor productivity. Ireland surely has its problems, but at least from a productivity standpoint, the situation looks much less dire than for the other three nations, as the flattening started much later and from a substantially higher level. These labor-productivity numbers for Ireland are on the order of 40-50 percent higher than those for the other three countries.

Turning to the United States, Figure 4 plots real GDP per capita post WWII. The straight line represents average growth 1947-2007 and is extended to the present. There are of course ups and downs about that straight line – what we call business cycles – but it does an amazing job in accounting for the long-run growth over these 60 years. The startling part, as further emphasized in Figure 5, which “blows up” the most recent time frame of Figure 4, is how far below the trendline the economy fell in 2008 and after – by on the order of 12 percent. And worse, unlike prior recoveries, which were typically quite rapid, so far there’s not been any sign of moving back towards the old trend. On the contrary, the two curves are still diverging more than four years on.

Of course there are several factors contributing to the severity of this recession. One thing is remarkable: Unlike past recessions, the severe

decline happened without an initial slowing of productivity. Another aspect has got some attention: The decline in consumption was relatively small by recession standards. The recession is largely investment driven.

As Zarazaga and I (2012) show, a large portion of the recession can be accounted for as follows. Around 2008, the growth in the debt/GDP ratio, partly because of stimulus packages, partly for other reasons, started to generate attention in the press and elsewhere. Indeed, even before the financial crisis, the U.S. debt had been projected to rise substantially, largely as a consequence of the “baby boomers” retiring in large numbers. The Bush tax-reduction law of 2001 already called for taxes to go back up starting Jan. 1, 2011. (As it turned out, this increase was postponed until 2013.) Suppose capital owners in 2008 were struck by the sentiment that taxes would rise in the future in order to keep the debt from growing further. Suppose, to be specific in our model experiment, they thought this tax increase would last for ten years, starting in 2013. The insight from the time-inconsistency literature would suggest that the tax increase would fall on capital income. Our experiment, using a standard neoclassical growth model calibrated to the U.S. economy through 2007, accounts for most of the decline in investment, about half of the decline in labor input, and it is the only explanation we’re aware of that is consistent with consumption not falling much. Moreover, the experiment indicates it would take a long time to move back to the vicinity of the old trend. Interestingly, if we modify the experiment to make all of the tax increase fall on labor income instead of capital income, then it doesn’t account at all for what has happened over these past five years.

Where the euro zone is similar to the United States is in terms of lack of policy consistency, that is, lack of clarity about future policy, which is so essential for the private-economy forward-looking decisions required for sustainable growth. Such lack of clarity surfaced soon after

the Greek crisis hit. Policy makers would try something – that didn't work – then try something else – that didn't work either – and so on. Is there any sense of clarity about what they will do over the next three-to-five years, say? I should think not. How can they expect the business environment to improve, then?

One of the issues with which they're grappling is what to do about the banking sector. If the small- to medium-sized companies on whom well-functioning economies rely to engage in much of a nation's innovative activity, development of new products, and so on, if they're having a hard time getting the financing needed to put their ideas to fruition, then the economy won't do well. As an illustration of how important that issue may be, I'd like to end with a comparison of two nations – Chile and Mexico – in a banking crisis and the results of the different measures they took. [This comparison is taken from a study by Bergoing, Kehoe, Kehoe, and Soto (2007), as summarized in Fernandez de Cordoba and Kehoe (2009).]

In 1981-82, both countries found themselves facing a financial crisis as a result of rising world interest rates and low prices for their main export products – copper in the case of Chile and petroleum in the case of Mexico. In Chile, banks accounting for half of the nation's deposits were illiquid. The government stepped in, decided which banks were viable for the long run, let those they deemed not to be go under, and within a couple of years reprivatized the solvent ones. With appropriate adjustment of regulations, credit started flowing to worthwhile projects. As you can see in Figure 6, the initial cost in 1982 and 1983 was dramatic (a decline in real GDP of about 20 percent), but then the economy started growing and has since been the fastest-growing country in Latin America.

In Mexico, the banks weren't reprivatized until the early 1990s. In an effort to keep employment and investment from falling too much,

government officials decided which companies (typically large ones) would get credit, while other companies got no credit. If you believe that government bureaucrats are the ones who best know which are the most productive projects, you probably also believe in Santa Claus! (I believe China suffers from a similar problem, leading to a lot of waste of resources, but that's another story.) Until the mid-1990s, Mexico experienced no growth.

So with those words to this group of bankers about the importance of a well-functioning banking sector, I note that I have exceeded my allotted amount of time. Thank you for listening, and skål!

REFERENCES

Bergoing, Raphael, Patrick J. Kehoe, Timothy J. Kehoe, Raimundo Soto, "A Decade Lost and Found: Mexico and Chile in the 1980s," in Timothy J. Kehoe and Edward C. Prescott (ed.), *Great Depressions of the Twentieth Century*, Federal Reserve Bank of Minneapolis, 2007, pp. 217-256.

Fernández de Córdoba, Gonzalo, and Timothy J. Kehoe, "The Current Financial Crisis: What Should We Learn from the Great Depressions of the Twentieth Century?" Research Department Staff Report 421, Federal Reserve Bank of Minneapolis, 2009.

Kydland, Finn E., and Carlos E.J.M. Zarazaga, "Fiscal Sentiment and the Weak Recovery from the Great Recession: A Quantitative Exploration," Research Department Working Paper 1301, Federal Reserve Bank of Dallas, 2012.

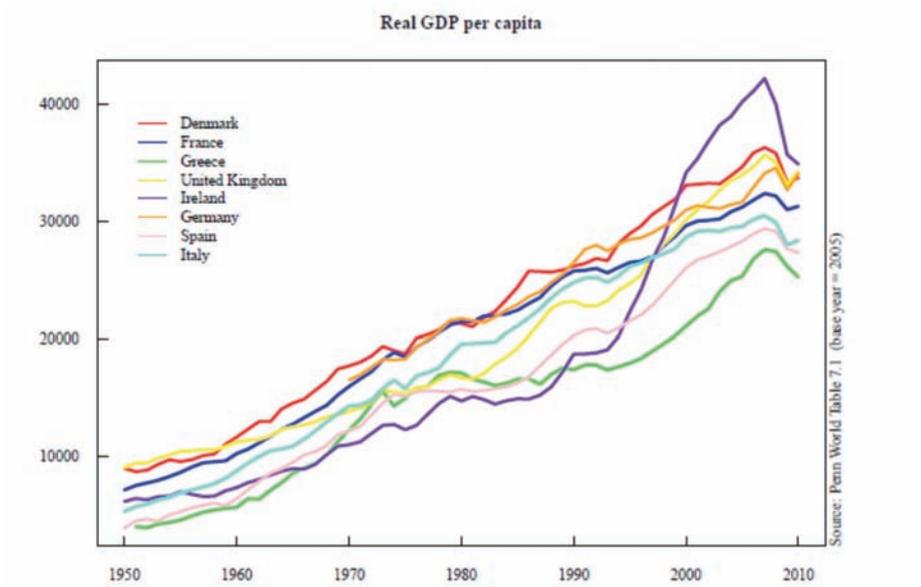


Figure 1: Real GDP per capita for eight European Countries

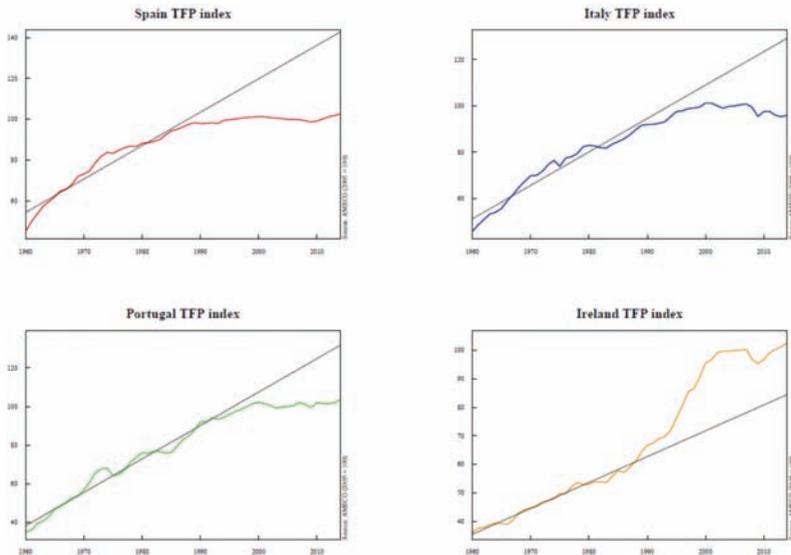


Figure 2: Total Factor Productivity for Spain, Italy, Portugal, Ireland

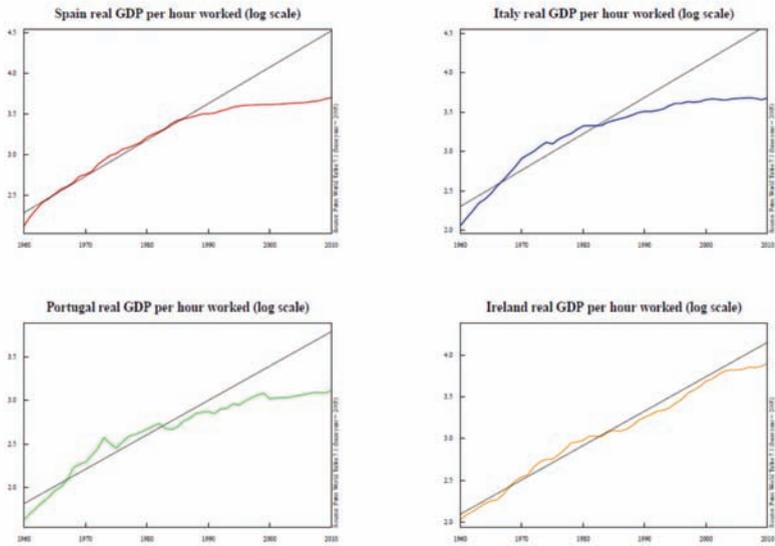


Figure 3: Labor Productivity for Spain, Italy, Portugal, Ireland

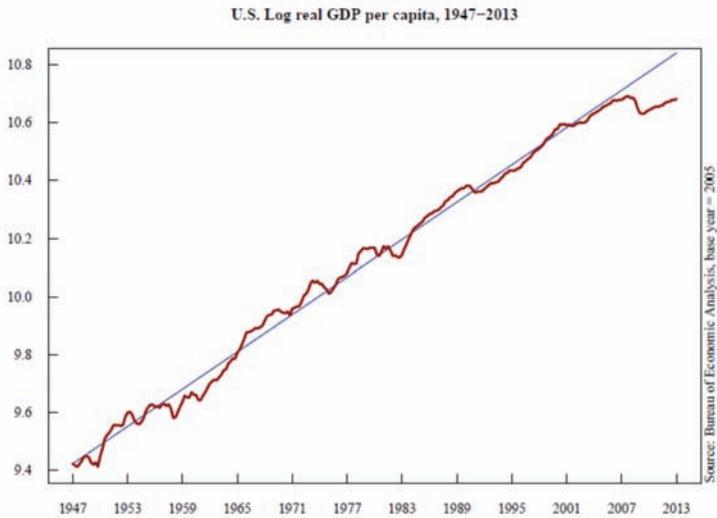


Figure 4: U.S. log Real GDP per capita, 1947-2013

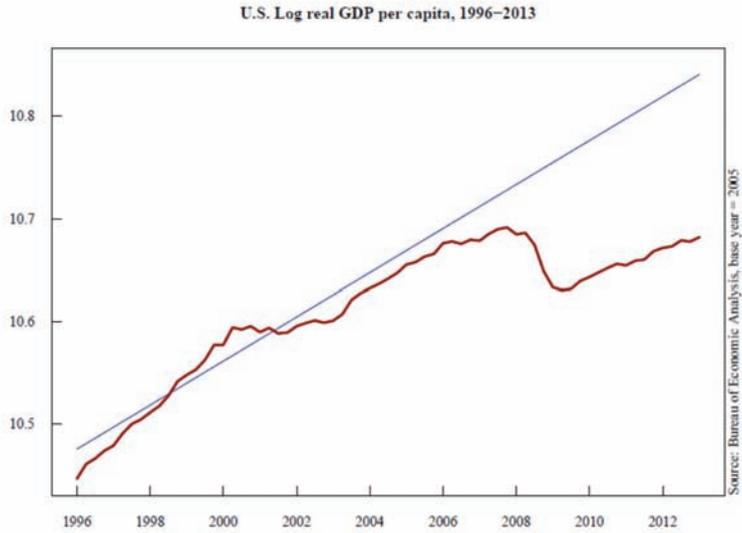


Figure 5: U.S. log Real GDP per capita, 1996-2013

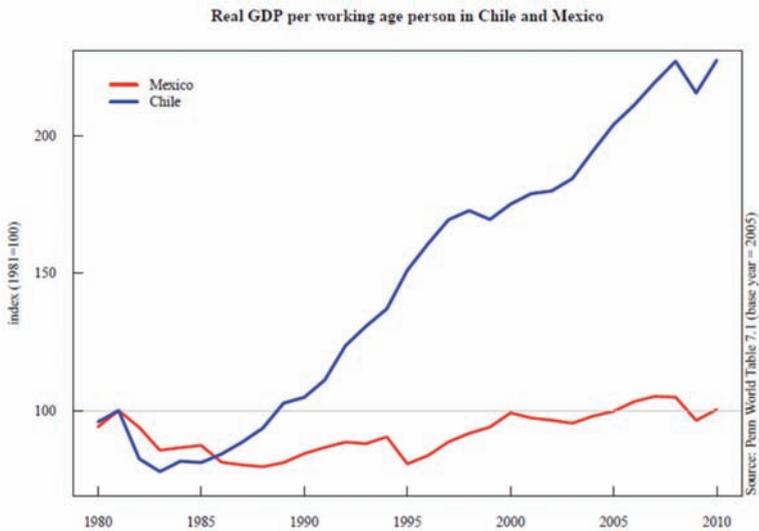


Figure 6: Real GDP per working age person in Chile and Mexico

FOTOGRAFÍAS DEL
SOLEMNE ACTO ACADÉMICO CONJUNTO
CON LA UNIVERSIDAD DE MATANZAS
(CUBA, MAYO DE 2015)

“NUEVOS HORIZONTES CIENTÍFICOS
ANTE LA INCERTIDUMBRE DE LOS
ESCENARIOS FUTUROS”



El Dr. Finn Kydland –Académico Correspondiente para Noruega de la RACEF y Premio Nobel de Economía en 2004-, en un momento de su conferencia ante una nutrida asistencia de docentes y alumnos de la Universidad de Matanzas.



La Dra. Ana María Gil Lafuente -Académica de Número de la RACEF- saluda al Vicerrector de Economía de la Universidad de Matanzas, Karel Martín Suárez.

FOTOGRAFÍAS DEL SOLEMNE ACTO ACADÉMICO



Vista general del salón de actos en el que tuvo lugar la Solemne Sesión académica conjunta entre la Universidad de Matanzas y la RACEF.



El Profesor Karel Martín Suárez entrega al Dr. Federico González Santoyo-Académico Correspondiente para México de la RACEF- el título acreditativo de la Solemne Sesión académica celebrada en la Universidad de Matanzas.



Vista de una de las coloristas calles de la emblemática Habana Vieja.



El Dr. Mario Aguer -Académico de Número de la RACEF- saliendo de “La Bodeguita del Medio”, un icono de la vida en La Habana.



*Real Academia
de Ciencias Económicas y Financieras*

PUBLICACIONES DE LA REAL ACADEMIA
DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS

La relación de las publicaciones de la Real Academia de Ciencias Económicas
y Financieras puede ser consultada en nuestra página web:
<https://racef.es/es/publicaciones>

