



UNIVERSITAT DE BARCELONA

Modelos para la toma de decisiones en el marco de la gestión de riesgo del cambio climático global

Jaime Alexander López Guauque

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tdx.cat) i a través del Dipòsit Digital de la UB (diposit.ub.edu) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX ni al Dipòsit Digital de la UB. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX o al Dipòsit Digital de la UB (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tdx.cat) y a través del Repositorio Digital de la UB (diposit.ub.edu) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR o al Repositorio Digital de la UB. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR o al Repositorio Digital de la UB (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tdx.cat) service and by the UB Digital Repository (diposit.ub.edu) has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized nor its spreading and availability from a site foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository is not authorized (framing). Those rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

FACULTAD DE ECONOMIA Y EMPRESA
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA Y ORGANIZACION DE EMPRESAS

Modelos para la toma de decisiones en el marco de la
gestión de riesgo del cambio climático global

Doctorando

Jaime Alexander López Guauque

Directora de la Tesis Doctoral:
Dra. Anna María Gil Lafuente

Doctorado en Empresa

Barcelona, septiembre 2015

A la memoria de mis padres.

Agradecimientos

Las palabras de agradecimiento se me hacen escasas frente a la abundante confianza, generosidad, cariño, incondicionalidad y apoyo que he recibido de cada una de las personas que han estado presente en tan importante trayecto de mi vida, quiero expresarles desde estas líneas lo feliz y afortunado que me siento; mi corazón se hincha de gratitud y de emoción a la vez que me llena de ilusión la culminación de esta etapa iniciática en el campo científico, con seguridad constituye la apertura a dichas futuras.

Gracias a mi directora de tesis Dra. Anna María Gil, por apostar por esta tesis, por sus enseñanzas, sus conocimientos y su metodología científica aplicadas a la realización de ésta; sus consejos, dedicación, sus continuas palabras de ánimo y el apoyo recibido fueron importantes para el desarrollo y ejecución de esta tesis; su expertizaje y andamiaje han constituido valiosas aportaciones en este arduo debate.

Quiero agradecer a la Dra. Paloma Fernández Pérez, por sus saberes compartidos, por confiar en mí, por su generosidad; sus sabios consejos y enseñanzas se han convertido en fuente reparadora de nuevas ideas; su constancia, dedicación y trabajo, en ejemplo a seguir.

A mis padres, “semillero de virtudes”, que con su ejemplo de constancia y amor asentaron las bases para convertirme en una persona íntegra, honesta y optimista, capaz de asumir riesgos; por transmitirme los valores de trabajo, esfuerzo y perseverancia, recalcándome que ningún esfuerzo es fácil pero jamás imposible, a vuestra memoria.

A mi familia, por sopesar mi ausencia y enseñarme de esta experiencia que la distancia es tan sólo un concepto, ya que nos permitió estar más unidos; vuestras palabras de aliento y apoyo fueron determinantes en este proceso. De manera muy especial a Oneida, por su amor de madre; sin su ayuda, tenacidad, inagotable cariño y constante motivación no lo hubiese logrado. A Mario Andrés, Yesid, Martha, William, Gustavo (QPD), Ricardo,... y en fin a toda mi querida y maravillosa familia con la que cuento incondicionalmente.

Quiero agradecer el apoyo continuo e incondicional de Kieran, por su presencia en mi vida, por haber vivido conmigo esta aventura y por el tiempo robado. Su infinita paciencia, cariño, generosidad, sus largas horas de trabajo y motivación fueron importantes para culminar con éxito este proyecto.

A mi gran amiga Milena, gracias por su apoyo constante, por su disposición incomparable e incondicional, que es inagotable y por las intensas alegrías compartidas.

A mis amigos de camino y vida, Johana, Gerson, Juan, German, la “latinfamily”; en la distancia Javier, Daniel, Alexander, Rubén, gracias a todos por sus entusiastas y acertados consejos; siempre me sentí acompañado. Gracias a mis compañeros de doctorado Agustín, Hamid, Hugo, Alex, Natalia, Magaly, María, Fabio.

Igualmente agradezco las enseñanzas y aportes de los profesores de la Facultad de Economía y Empresa; a los compañeros del Departamento de Economía y Organización de Empresas, a la Dra. Esther Hormiga, al Dr. Jaume Valls, por la excelente gestión del programa doctoral; a Paloma, Fariza, por sus palabras de ánimo. Al Departamento de Historia e Instituciones Económicas, mi casa de trabajo, especialmente a su director Dr. Alejandro Sánchez, por su generosidad en brindarme un sitio estupendo de trabajo; a Yolanda Blasco, por sus valiosos comentarios en la etapa de revisión; a Javier, Roser, Andrés, por sus palabras de apoyo.

También, hago un reconocimiento a todas las personas que realizan parte del trabajo fatigante y pocas veces visto, el personal administrativo y de apoyo, biblioteca de recerca, oficina de master y doctorado, oficina de recerca, servicios generales.

La lista es extensa y los aportes particularmente valiosos, que me encuentro en deuda de gratitud con cada una de las personas que han contribuido en este logro, sepan que son para ustedes estos agradecimientos, que magnífica y feliz experiencia la que me han ayudado a vivir.

A Barcelona, la maravillosa ciudad que me adopto, acogiéndome, haciéndome sentir en casa; sus rincones y calles estarán plasmados con el sello inconfundible del más grato recuerdo vivo, moltes gràcies!

A Dios por su infinita bondad, por darme sabiduría y por guiarme de la mano a senderos de aprendizajes continuos, con el apoyo y calidez de personas maravillosas en cada paso.

Indudablemente, gracias a usted, lector(a), para quien he escrito estas líneas, su lectura dará vida al resto de agradecimientos; aún más, si le inspira a la acción.

... Por lo vivido en el camino,... por la abundancia recibida,... ¡GRACIAS!

*Cuando tu corazón está lleno de gratitud toda puerta que parece estar
cerrada puede ser una apertura hacia una nueva dicha.*
(OSHO, Zen: “The path of the paradox”. vol. 3, p. 179-180)

Resumen

La importancia y relevancia que tiene el cambio climático como principal problema del siglo XXI, ha suscitado el interés para la realización de esta tesis doctoral. Los cambios globales y la velocidad con que éstos se están presentando, unidos a la evidencia alta de la influencia de las actividades humanas en los diversos procesos ecosistémicos y dinámicas derivadas de estas interacciones, incrementan el interés, avivan el debate y plantean retos para la búsqueda de nuevos enfoques y soluciones que propicien la sostenibilidad.

La gravedad de estos efectos se encuentra sustentada con evidencia alta por numerosos estudios. Un desafío importante e imprescindible para que las ciencias sociales aborden desde enfoques, metodologías y resultados interdisciplinarios y planteen soluciones a la problemática global. La comprensión global del sistema dentro de su complejidad, requiere fundamentalmente de esfuerzos de cooperación interdisciplinar en la investigación. Así mismo existe una latente necesidad de encontrar herramientas de gestión ajustadas a las problemáticas reales y actuales, que ayuden a pasar de las promesas a la acción. El conocimiento y aprendizaje de las comunidades locales, constituyen una fuente de aprendizaje de las interacciones socio-ecológicas.

En esta investigación se realiza un estudio del cambio climático con un enfoque de gestión de riesgo para determinar la problemática real y así plantear los modelos a partir de la teoría de subconjuntos borrosos y la teoría de la decisión en la incertidumbre. Se abordan conceptos y enfoques de actualidad como la teoría de complejidad, de sistemas y de la acción colectiva. El amplio estudio exploratorio que se presenta, permitió analizar el estado actual de los campos investigados y los marcos conceptuales, por lo que se identificaron los factores primordiales del cambio climático observado. Como resultado de esta exploración surgen las aplicaciones de los modelos de lógica fuzzy que se han desarrollado, recobrando el papel de las aseguradoras en la información al proceso de toma de decisiones. Se plantea un marco aproximado al modelo decisional, interconectando las diversas teorías y conceptos estudiados.

La relevancia de esta investigación radica en el planteamiento de aplicaciones concretas desde la lógica fuzzy a problemas complejos, integrando diversas teorías en la búsqueda de enfoques, metodologías y soluciones concretas. El estudio del cambio climático desde la perspectiva propuesta aporta nuevos modelos a la gestión y certeza

en la toma de decisiones de los actores involucrados, en las diferentes dimensiones. Como aporte al conocimiento científico, se presenta una herramienta útil para continuar en el estudio del cambio climático integrando las diferentes dimensiones, presentando marcos de referencia para el desarrollo de investigaciones futuras.

Estas aplicaciones reafirman la eficacia y utilidad de la lógica fuzzy y su aplicación a problemáticas concretas ya sean éstas fenómenos de la naturaleza, entorno económico, empresarial, político, social, financiero o cultural.

Abstract

The importance and relevance of climate change as one of the main problems of the twenty-first century has aroused my interest and is the reason for this doctoral thesis. Global change and the speed with which it is happening, along with the sheer amount of evidence of the impact of human activity on the various ecosystemic and dynamic processes, resulting from such interactions, is arousing people's interest and is fuelling the debate. It is also posing challenges and highlighting the need for new approaches and solutions that promote sustainability.

The seriousness of the effects of climate change is evidenced in numerous studies. It is an important and indispensable challenge that the social sciences need to address via different approaches, methodologies and interdisciplinary results, not to mention the need to propose solutions to this global problem. Global understanding of climate change in all its complexity fundamentally requires much effort and interdisciplinary cooperation as well as research. There is also an underlying need for management tools tailored to the very real and current issues so that we move from promise to action. The know-how of local communities is a source of knowledge of socio-ecological interactions.

In this thesis, an in-depth study of climate change is discussed which focuses on a risk management approach in order to determine the real problems and present models, such as the theory of fuzzy subsets and the theory of decision-making under uncertainty. Concepts and highly topical approaches, such as the theory of complexity, the theory of systems and the collective action theory are addressed. The broad exploratory study discussed analyzes the current state of research and conceptual frameworks so that the main factors of climate change are identified. As a result of this exploration, we see the applications of the fuzzy logic models that have been developed as well as the recovery of the role of the insurer in informing the decision-making process. An approximate framework to the decisional model is discussed by interconnecting the diverse theories and concepts studied.

The relevance of this research lies in the application of concrete approaches, from fuzzy logic to complex problems by integrating various theories in search of methods and concrete solutions. The study of climate change, from the perspective laid out, brings new management models and certainty in decision-making of the actors involved in the different dimensions. As a contribution to scientific knowledge, a model that

could prove useful in the study of climate change by integrating the different dimensions and presenting frameworks for the development of future research is highlighted.

These applications reinforce the effectiveness and usefulness of fuzzy logic and its application to concrete problems, whether they are phenomena of nature, of economics, of business, political, social, financial or cultural.

Índice general

AGRADECIMIENTOS	V
RESUMEN	IX
ABSTRACT	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XV
ÍNDICE DE FIGURAS Y MAPAS	XVI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVII

PARTE I - MARCO TEORICO

CAPITULO 1 - INTRODUCCIÓN.....	21
1.1. PRESENTACIÓN.....	21
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.....	23
1.3. OBJETIVOS	34
1.4. METODOLOGÍA	35
1.5. ESTRUCTURA	38
CAPITULO 2 - ESTADO DEL ARTE	41
2.1. BIBLIOMETRÍA Y ANÁLISIS DE CITAS	41
2.2. ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE LÓGICA FUZZY, SOFT COMPUTING	45
2.3. ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DEL CAMBIO CLIMÁTICO.....	70
CAPITULO 3 - MARCO CONCEPTUAL.....	79
3.1. TEORÍA DE LA DECISIÓN EN LA INCERTIDUMBRE	79
3.1.1. <i>Introducción a la teoría de la decisión</i>	79
3.1.2. <i>Lógica borrosa</i>	82
3.1.3. <i>Elementos de la teoría de la decisión en la incertidumbre</i>	84
3.2. ELEMENTOS INTRODUCTORIOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO	115
3.2.1. <i>Generalidades</i>	115
3.2.2. <i>Socio-económica</i>	128
3.2.3. <i>Principales impactos del cambio climático</i>	131
3.2.4. <i>Acuerdos internacionales</i>	135
3.3. NOCIONES DE SOSTENIBILIDAD.....	138
3.3.1. <i>Enfoques y medición de la sostenibilidad</i>	141
CAPITULO 4 - PRINCIPIOS BÁSICOS	143
4.1. PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN.....	143
4.2. GESTIÓN DE RIESGOS	146
4.2.1. <i>Resiliencia</i>	148
4.3. SOSTENIBILIDAD EN LOS SEGUROS	151
4.4. CLAVES EN LA GESTIÓN DE LA INCERTIDUMBRE	155

PARTE II - CONTRIBUCIONES Y APLICACIONES

CAPITULO 5 - ALGORITMOS PARA LA SELECCIÓN Y EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO	161
CAPITULO 6 - GESTIÓN ESTRATÉGICA DE LA INCERTIDUMBRE EN LA INDUSTRIA DE SEGUROS	175

CAPITULO 7 - RECUPERACIÓN DE LOS EFECTOS OLVIDADOS EN LAS RELACIONES DE CAUSALIDAD ENTRE EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LOS SEGUROS.....	191
CAPITULO 8 - UNA APROXIMACIÓN A LA PROPUESTA DEL MODELO.....	213
8.1. ANTECEDENTES	213
8.2. GESTIÓN DE FUTUROS RIESGOS Y CREACIÓN DE RESILIENCIA	222
8.3. ESQUEMAS DECISIONALES	227
8.4. ELEMENTOS CONCEPTUALES.....	230
OTRAS CONTRIBUCIONES	235
CONCLUSIONES	243
REFLEXIONES	247
BIBLIOGRAFÍA.....	249
PÁGINAS WEB.....	260
BASES DE DATOS.....	262
ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS	263
GLOSARIO	265

Índice de gráficos

CAPITULO 1 - INTRODUCCIÓN

Gráfico 1.1	Catástrofes en términos de víctimas, superiores a 100000(1970-2014).....	27
-------------	--	----

CAPITULO 2 - ESTADO DEL ARTE

Gráfico 2.1	Evolución de la investigación fuzzy (1965-2014).....	48
Gráfico 2.2	Estructura de citas de lógica fuzzy en WoS, valores máximos y mínimos..	49
Gráfico 2.3	Evolución de la producción fuzzy, 2005-2014	63
Gráfico 2.4	Tasa de crecimiento anual de la producción fuzzy por grupos de ingresos y por períodos	64
Gráfico 2.5	Tasas de crecimiento anual 2005-2014 de producción de artículos fuzzy por grupo regional	65
Gráfico 2.6	Tasas de crecimiento anual 2005-2014 de producción de artículos fuzzy en países del G20	65
Gráfico 2.7	Edad de los 5000 documentos más citados en lógica fuzzy	66
Gráfico 2.8	Evolución del número de artículos fuzzy por agrupaciones de países	67
Gráfico 2.9	Documentos de cambio climático por tipo en WoS.....	69
Gráfico 2.10	Mapa de densidad de conceptos de lógica Fuzzy	71
Gráfico 2.11	Evolución de la investigación en cambio climático (1960-2015).....	72
Gráfico 2.12	Estructura de citas de cambio climático en WoS, valores máximos y mínimos	73
Gráfico 2.13	Distribución de la investigación en cambio climático por área de investigación.....	75
Gráfico 2.14	Número de documentos en cambio climático por región	76
Gráfico 2.15	Número de documentos en cambio climático por grupo de ingresos	76
Gráfico 2.16	Mapa de densidad conceptual para “cambio climático y soporte a decisiones”.....	77

CAPITULO 3 - MARCO CONCEPTUAL

Gráfico 3.1	Desastres por efecto de la sequía por continente, período 1900-2014	134
-------------	---	-----

CAPITULO 8 - UNA APROXIMACIÓN A LA PROPUESTA DEL MODELO

Gráfico 8.1	Evolución del PIB y población mundial, 1820-2008	215
-------------	--	-----

Índice de figuras y mapas

CAPITULO 1 - INTRODUCCIÓN

Figura 1.1	Estructura de la tesis.....	39
------------	-----------------------------	----

CAPITULO 3 - MARCO CONCEPTUAL

Figura 3.1	Propiedades de las relaciones	101
------------	-------------------------------------	-----

CAPITULO 4 – PRINCIPIOS BASICOS

Figura 4.1	Interacción del riesgo conexo al cambio climático.....	147
------------	--	-----

CAPITULO 8 - UNA APROXIMACIÓN A LA PROPUESTA DEL MODELO

Mapa 8.1	Porcentaje urbano y ubicación de los aglomerados urbanos con al menos Un millón de habitantes, 2014.....	216
Figura 8.1	Estructura del modelo de evaluación.....	228
Figura 8.2	Estructura de enfoque de gestión del cambio climático.....	229
Figura 8.3	Estructura del sistema decisional.....	229
Figura 8.4	Límites planetarios y sociales.....	230

Índice de tablas

CAPITULO 1 - INTRODUCCIÓN

Recuadro 1.1	Recopilación de cifras, datos y hechos de la fenomenología del cambio global.....	28
--------------	---	----

CAPITULO 2 - ESTADO DEL ARTE

Tabla 2.1	Documentos fuzzy por tipo	47
Tabla 2.2	Tipología de la citación general de lógica fuzzy en WoS	49
Tabla 2.3	Revistas de impacto en investigación difusa	50
Tabla 2.4	Impacto de citas en lógica fuzzy.....	53
Tabla 2.5	Top 50 por citación de artículos fuzzy en el período 1965-2014.....	54
Tabla 2.6	Clasificación por autor – Top 20 de artículos de investigación fuzzy....	57
Tabla 2.7	Clasificación por revista – Top 20 de artículos de investigación fuzzy..	57
Tabla 2.8	Clasificación por institución – Top 20 de artículos de investigación fuzzy.....	58
Tabla 2.9	Clasificación por país – Top 20 de artículos de investigación fuzzy	59
Tabla 2.10	Lista autores más influyentes y participación	59
Tabla 2.11	Instituciones más influyentes	60
Tabla 2.12	Artículos por organismos y agencias	61
Tabla 2.13	Cambios en los últimos diez años por área de investigación	62
Tabla 2.14	Cambios en la producción fuzzy por grupo de ingresos, 2005-2014.....	63
Tabla 2.15	Producción científica fuzzy en perspectiva regional comparada, 2005-2014	67
Tabla 2.16	Los 25 artículos más citados en Fuzzy Sets and Systems	68
Tabla 2.17	Tipología de la citación general de cambio climático en WoS	73
Tabla 2.18	Revistas de impacto en cambio climático	74
Tabla 2.19	Clasificación por autor – Top 25 de artículos de cambio climático.....	75

CAPITULO 3 - MARCO CONCEPTUAL

Tabla 3.1	Fuentes emisoras de gases causantes del efecto invernadero, estipulados en el Protocolo de Kioto	125
Tabla 3.2	Desastres naturales por sequía acumulados por continente, período 1900-2015	134
Tabla 3.3	Cronología de acuerdos internacionales para hacer frente al cambio climático	135

CAPITULO 5 - ALGORITMOS PARA LA SELECCIÓN Y EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Tabla 5.1	Estrategias de adaptación al cambio climático	168
-----------	---	-----

CAPITULO 8 - UNA APROXIMACIÓN A LA PROPUESTA DEL MODELO

Tabla 8.1	Evolución del PIB y población mundial, 1820-2008.....	214
Tabla 8.2	Top 10 países más poblados, evolución de la población urbana 1990-2013.....	217
Tabla 8.3	10 Países más poblados del planeta, densidad, población urbana.....	218
Tabla 8.4	20 Aglomerados urbanos más grandes de 2014.....	219
Tabla 8.5	10 Países más poblados del planeta, emisiones, preparación y vulnerabilidad.....	221

PARTE I

MARCO TEORICO

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Presentación

El cambio climático ocupa un lugar central en la problemática del siglo XXI. Su creciente interés, se ha acentuado en las últimas décadas, traspasando las fronteras de la química y la biología, llegando a ámbitos económicos, sociales y políticos. Se trata de un problema global que pone a la humanidad en situación de vulnerabilidad frente a la sostenibilidad de las futuras generaciones, convirtiéndose en la principal amenaza y uno de los principales retos a los que se enfrenta el planeta. En palabras de la Dra. Elinor Ostrom, premio nobel de economía 2009, “el cambio climático es el principal problema de la acción colectiva”.

Apenas unos pocos años atrás era impensable asumir que el cambio climático era real. Las comunidades enfrentaban un desmedido nivel de incredulidad, acompañado de temores por desconocimiento y también por tratarse de eventos naturales que conllevan un alto grado de incertidumbre, y un alto componente de subjetividad y misticismo. En los estudios clásicos de los griegos, se interpretaban los fenómenos naturales¹ como castigos divinos o catástrofes, debidos a la interrelación hombre-naturaleza. Para Cook (2010), no se trataba sólo de escepticismo, consistiría en desestimar un amplio conjunto de evidencias, ignorando los hechos y la ciencia del cambio climático.

Los descubrimientos científicos y el creciente compromiso de las comunidades por participar en decisiones que involucran los estados permiten que el desarrollo de las ciencias presente aportaciones de gran avance para la ciencia del clima. Los estados y gobiernos han entendido que las situaciones de alarma que se venían presentando en el pasado, frente a un posible cambio climático, ya son reales, ya no tendremos que esperar a un horizonte futuro de medio o largo plazo para que estos eventos que se esperaban se den, las afectaciones se están viendo ahora.

Las numerosas evidencias de la comunidad científica internacional y el consenso científico generalizado en que la temperatura media del planeta ha aumentado durante

¹ Corresponde aclarar el término fenómeno natural y desastre natural, ya que es frecuente su uso como sinónimos. El fenómeno natural es al peligro como el desastre natural a la vulnerabilidad, es decir en el desastre natural coinciden el fenómeno natural y las condiciones de vulnerabilidad.

los últimos cien años, sustentan que el calentamiento del sistema climático es inequívoco, atribuyendo con alta probabilidad que este fenómeno es causado por las actividades humanas, especialmente por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), que han aumentado a niveles sin precedentes. También intervienen otros impulsores antropógenos, como por ejemplo los aerosoles y la deforestación. Las anteriores son algunas de las conclusiones que hacen parte del Quinto y último, Informe de evaluación elaborado y publicado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014). Los cambios se han incrementado en las últimas décadas con mayor severidad, por lo que se clama al concurso y compromiso de todos los actores a diferentes niveles y escalas para lograr un acuerdo común en esta crisis climática sin precedentes que hoy enfrenta el planeta, a fin de frenar los impactos, que cada vez adquieren mayor dimensión, relevancia e importancia; es fundamental la preparación de las sociedades en la adaptación y en los impactos, y salvaguardar el planeta para que futuras generaciones tengan un espacio seguro y sostenido para su desarrollo.

La adaptación a los impactos climáticos se vislumbra como un fenómeno incierto y complejo de dimensión global; esto no significa que no deban adoptarse estrategias individuales desde cada localidad a medida que se van implicando en cada uno de los procesos decisivos. Por tanto, el grado de implicación o impacto tendrá un efecto mayor o menor, en una escala incierta dentro de un período de tiempo y bajo condiciones homogéneas. Hay evidencias de que en adaptaciones masivas, algunas especies no logran adaptarse en periodos de tiempo corto ya que los cambios se presentan con demasiada rapidez.

Se analizan y argumentan diversos elementos de éxito en la toma de decisiones. Dichos elementos, se encuentran implícitos en los procesos de toma de decisiones con diferentes ponderaciones. A partir de diversas teorías de lógica fuzzy, se pueden establecer múltiples operaciones para el tratamiento de la fenomenología que se presenta, igualmente pueden establecerse procesos decisorios con un mayor grado de información con el fin de informar y brindar a los grandes decisores un mayor soporte y eficiencia en sus procesos de gestión. Esto redundará en un mayor alcance a las decisiones y estrategias que se formulen y a la valoración de los diversos grupos y escalas en las que deberán evaluarse los procesos de las fenomenologías estudiadas.

La gestión estratégica del riesgo es un factor clave en la evaluación del cambio climático. Entre los objetivos principales del presente trabajo está el determinar la

importancia de incorporar la incertidumbre como elemento esencial en la información de riesgo, que consolidaran las bases para la toma de decisiones efectivas. La detección y tratamiento oportuno de los riesgos climáticos van a resultar fundamentales en el rediseño de las políticas de contingencias que deberán asumir las corporaciones e instituciones en condiciones de gran incertidumbre. Los resultados permitirán impulsar la gestión e influencia en la toma de decisiones para la planeación, desarrollo, evaluación y aplicación de la información de riesgo.

Se hace especial referencia a la teoría de los subconjuntos borrosos expuesta por Zadeh (1965), donde se introduce el concepto de conjuntos borrosos; igualmente a la teoría de la decisión en la incertidumbre, la teoría de la complejidad y a las aportaciones desarrolladas en el campo empresarial por Kaufman, Gil Aluja en el campo de las ciencias sociales; especialmente las relaciones de incidencia.

La teoría de subconjuntos borrosos ha demostrado su valor en las últimas décadas ya que abre nuevas alternativas para plantear y resolver problemas de alto nivel de complejidad y para modelar matemáticamente la variante conducta de agentes económicos y sociales en la aplicación a fenómenos de gran incertidumbre. De esta manera, estas teorías se han encargado de potenciar la teoría de la decisión en la incertidumbre, destacando los ámbitos estratégicos, políticos, económicos o la toma de decisiones en situaciones ambiguas y/o complejas. En este trabajo, se exponen los argumentos teóricos necesarios y se presentan desarrollos prácticos, planteando modelos que soporten la toma de decisiones óptimas en la problemática de la incertidumbre climática y sus efectos imprevisibles. En concreto se realiza una aplicación práctica de los diversos métodos de la matemática no numérica en el estudio de las relaciones de incidencia del cambio climático a fin de adoptar una toma de decisiones adecuada a la problemática que se estudia. También se han aplicado reglas de inferencia a principios rectores del cambio climático en la evaluación de estrategias de adaptación.

Finalmente, la motivación personal por la investigación, se ha venido menguando desde muy temprana edad, bastante influenciado por los maestros y profesores –pasados y actuales- por quienes tengo deuda de gratitud.

1.2. Justificación del tema

El cambio climático plantea riesgos para la humanidad y los sistemas naturales, este ha venido modificando los patrones de riesgo, presentándose a diferentes escalas de espacio y tiempo, con diferencias entre poblaciones y regiones, es decir que con

variaciones que dependen de multitud de factores que implican a su vez interacciones complejas. Un enfoque de cambio climático desde el riesgo, plantea que las sociedades y personas perciben o clasifican el riesgo a diferentes niveles, matices o formas. La gestión del riesgo climático infiere una colaboración con los gobiernos nacionales, -sin desconocer que se trata de un problema global-, una identificación de sus prioridades, y el apoyo a la construcción de las capacidades (oportunidades) necesarias para gestionar los riesgos climáticos en el corto y largo plazo. Se pretende como una gestión de riesgo climático, que aporte soluciones fundamentadas en pruebas y en las particularidades prioritarias de cada país, a partir de la información de los riesgos actuales y la proyección de los riesgos futuros.

Para el PNUD², la gestión de riesgo climático deberá estar trazada en tres horizontes de planificación: (i) patrones históricos y actuales de las amenazas relacionadas con el clima, (ii) las tendencias observables para la creación de nuevos patrones de riesgo, y (iii) predicciones de escenarios climáticos.

Dicho enfoque, abarca todo el espectro de actividades relacionadas con los riesgos climáticos, partiendo de la prevención, preparación y gestión de desastres, hasta llegar a la implementación de estrategias más amplias para la adaptación y mitigación del cambio climático. Para el PNUD, la prevención de desastres y la protección del desarrollo a través de una eficaz gestión de los cambios climáticos requieren de un enfoque programático que se pueda descomponer en una serie de pasos analíticos y a su vez, ayuden a la formulación de un conjunto de respuestas institucionales, políticas y programáticas. Ampliando lo propuesto por el PNUD, estos pasos contemplarían: Análisis de información climática, identificación e impacto de los riesgos, análisis y apoyo a las decisiones, investigación institucional y de políticas, desarrollo de capacidades de adaptación y desarrollo de la resiliencia.

En el libro *Colapso*, Jared Diamond (2011), presenta un viaje por algunas civilizaciones que se han enfrentado a retos medio ambientales fruto de cambios climáticos o deterioro del ecosistema. Argumenta que el hombre y las distintas civilizaciones, han abordado dificultades que no son tan distintas de las actuales, so pena que el crecimiento cuantitativo de la población y el consumo sean muy superiores.

El cambio climático ha estado en el pasado y lo seguirá estando en el futuro. En las trayectorias de los seres humanos se presentan adaptaciones prodigiosas y errores

² PNUD (sigla en Inglés UNDP) – Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

devastadores, tanto en el pasado como en el presente y es muy probable que en el futuro. En cualquier caso, las sociedades históricamente han logrado sobreponerse rápidamente a los cambios, creando y reinventándose y lo seguirán haciendo, continuarán adaptándose a las condiciones extremas y demás riesgos, su capacidad de recuperación frente a los efectos de desastres es sorprendente, no solo los relacionados con el clima; en tanto, los decisores y líderes políticos nacionales, regionales y locales; tendrán que tomar decisiones políticas, sociales y de inversión con un alto grado de incertidumbre para atender un gran número de adversidades, impactos y condiciones de emergencia que se van presentando progresivamente y que acarrearán consecuencias graves para todo el sistema, afectando el bienestar y la seguridad de la población de todo el planeta, siendo fundamental una visión de desarrollo sostenible.

Es por tanto observable que dentro de los grandes retos para gestionar las crecientes amenazas del cambio climático, está la movilización y asignación eficiente de los recursos financieros, necesarios para la adaptación; teniendo en cuenta que los recursos son finitos y limitados (fondos y presupuestos, recursos naturales); además de políticas innovadoras, se requiere de una transformación social. Las sociedades modernas deberán afrontar el desafío apremiante por un mundo sostenible, con respuestas eficaces y concertadas para preservar la riqueza y salvaguardar la dignidad humana y el bienestar para todos, disminuyendo las brechas de desigualdades, gran reto frente a las diferencias que siguen aumentando entre los recursos exigidos para el desarrollo industrial y comercial y la capacidad de la naturaleza para proveerlos.

El planeta ha llegado a límites inimaginables de consumo de los recursos naturales, los recursos que se generan anualmente se vienen consumiendo a mayor velocidad que la producción que este genera, acercándose cada vez más a niveles de déficit ecológico.

Las inversiones sostenibles en medidas de adaptación física son importantes para mantener la transferencia de las primas de riesgo económico y garantizar la asegurabilidad a largo plazo de los riesgos climáticos, proporcionando mecanismos para financiar eventos extremos.

Los crecientes movimientos migratorios a grandes ciudades, la expansión de estas poblaciones en territorios y zonas vulnerables, en zonas donde las características de los terrenos no son las más favorables para sus asentamientos, ya sea por las condiciones de las tierras que se ocupan o porque no se dispone de recursos para adecuarlas, unido a la carencia o poca calidad de las construcciones que se realizan, son algunas de las razones claves por la que más de la mitad de la población mundial vive en zonas de alta

exposición a desastres naturales, lo que conlleva a una importante y creciente pérdida socioeconómica y un alto incremento del riesgo de desastres. En contraste, las ciudades han permitido un progreso socio-económico a las personas, generando un espacio de oportunidades y facilidades para todos.

El cambio climático pone cada vez más vidas y propiedades en situación de riesgo, la adaptación se está convirtiendo rápidamente en una de las prioridades que requieren medidas urgentes, que abarcan desde un nivel local, pasando por uno regional hasta un nivel nacional, mundial y planetario. Los recursos que son destinados a este tipo de iniciativas globales, distan de lo que realmente es necesario para la adaptación de todo el planeta, especialmente en los países con mayor vulnerabilidad. La mayor parte de esfuerzos se han centrado en el desarrollo de estrategias de mitigación, eficiencia energética, transporte; que en estrategias de capacidades de adaptación para las comunidades afectadas.

Persiste a pesar de los esfuerzos e iniciativas desarrolladas, alta incertidumbre sobre el impacto a largo plazo del clima y sus previsiones futuras; por tanto nos encontramos frente a un panorama ambiguo y complejo para los decisores al examinar los planes y políticas que puedan mitigar el cambio climático proyectado.

Se plantea un enfoque participativo desde la gestión de la información de riesgos (climáticos) como factor clave para la consecución de los objetivos de desarrollo, contemplando el uso de información sistemática, evaluación/valoración de riesgos climáticos, cuantificación del impacto potencial y la identificación de medidas de adaptación eficientes; debiéndose incorporar la adaptación al interior del proceso de toma de decisiones.

El enfoque de riesgos estará basado en los hechos, reduciendo las vulnerabilidades climáticas en el largo plazo y en los diferentes escenarios de futuros, gestionando los riesgos de desastres en el corto y mediano plazo, en procura de alertar y preparar a las comunidades en la reducción de la exposición a los peligros inciertos y futuros desastres como consecuencia de los efectos adversos del cambio climático, vinculando las diversas formas de conocimiento al proceso de adaptación eficaz, incorporando los diversos mecanismos de financiación de riesgo para aumentar la resiliencia.

El planeta ha venido experimentando períodos de grandes alteraciones, en las dos últimas décadas el número de eventos geofísicos (tsunamis) se han mantenido, en tanto que los eventos climáticos se han incrementado en severidad y frecuencia, cobrando millares de víctimas humanas y elevados costos por pérdidas naturales; por lo que se

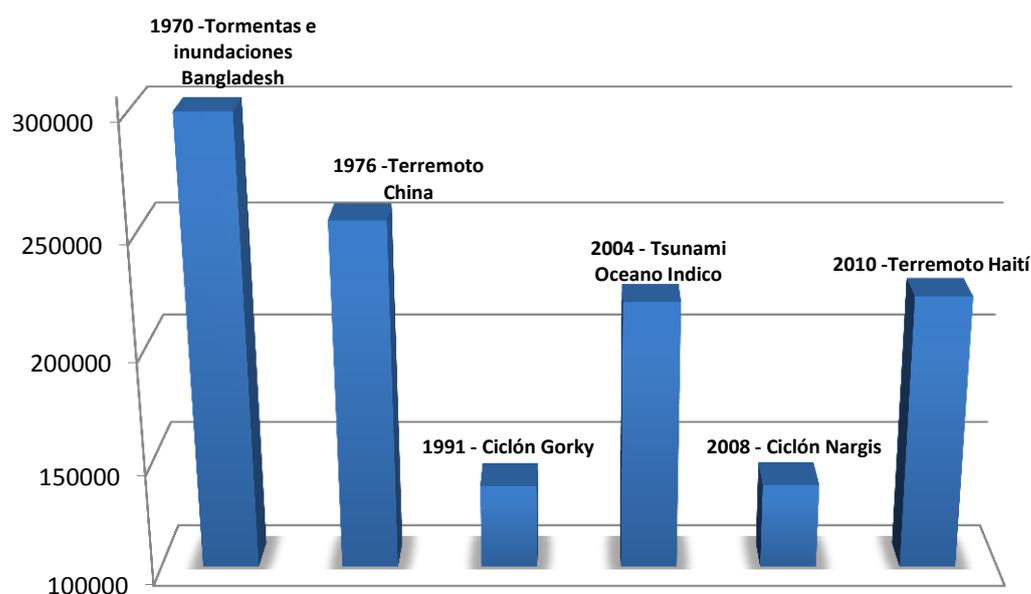
prevé un aumento de los riesgos para las personas, los bienes, las economías y los ecosistemas.

Los fenómenos naturales relacionados con el clima más comunes y desastrosos que se han padecido en todo el planeta, corresponden a las sequías, inundaciones, tormentas, ciclones, oscilaciones de temperaturas, olas de calor, degradación del suelo, extinción de especies, entre otros.

En el último siglo han tenido lugar alteraciones concretas de aumento “probable” de temperatura de 0,85 grados centígrados de 1880 a 2012, que han ocasionado los deshielos en los polos; igualmente un incremento del nivel del mar de alrededor de 19 cm de 1901 a 2010; evidencias que fueron difundidas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) en su Quinto Informe de Evaluación (AR5) (IPCC, 2014).

Solo para el año 2010 resultaron afectadas más de 210 millones de personas en todo el mundo, como lo afirman los informes de la ONU; en este mismo año, las inundaciones fueron los eventos más frecuentes, causadas en su mayoría por ochenta y tres tormentas de diversos puntos del mundo. El costo de estos eventos fue superior a los 110 mil millones de dólares, constituyendo un peligro al desarrollo dinámico y sostenible de las comunidades.

Gráfico 1.1 **Catástrofes en términos de víctimas, superiores a 100000 (1970-2014)**



Nota: Víctimas: personas muertas y desaparecidas.

Fuente: Elaboración propia a partir de *Sigma 2: Natural catastrophes and manmade disasters in 2014: convective and winter storms generate most losses*, SwissRe. 2/2015.

El terremoto de Haití, fue el mayor desastre natural acaecido en el año 2010, siendo responsable de la muerte de más de 225 mil personas y del desplazamiento de más de 1,5 millones de habitantes. Éste mismo año se registra como aquel en el que los desastres naturales causaron más muertes en las últimas tres décadas, como se visualiza en el gráfico 1.1.

En el recuadro 1.1 se recopilan algunas cifras, datos y hechos que evidencian un panorama alarmante; víctimas, desastres, daños; la fenomenología abarca diversos escenarios y con costos elevados para la sociedad y la economía global, afectando de forma disímil, amplificándose especialmente en poblaciones con infraestructuras básicas mínimas o que carecen de servicios mínimos, también en hogares encabezados por mujeres o hogares con menor nivel de ingresos o niveles de pobreza o con accesos limitados en educación, servicios e insumos.

La Federación Internacional de la Cruz Roja y la Media Luna Roja (IFRC³, sigla en inglés), pone de manifiesto en su informe anual, que en los últimos quince años, los países en desarrollo han tenido tres veces más desastres que los países desarrollados y el número de víctimas mortales se ha multiplicado por diez en los países en desarrollo. Los costes de reconstrucción de las áreas devastadas por un evento son altos, pero la reparación a las víctimas y el daño a los países y regiones son mucho mayores. En un país pobre azotado por un desastre, su rendimiento cae en un 3%, haciendo más difícil que sus habitantes accedan a los recursos básicos, pronunciando más la brecha de inequidad⁴, dificultando escapar de la pobreza y marginalidad. (IFRC, 2013)

Recuadro 1.1 Recopilación de cifras, datos y hechos de la fenomenología del cambio global⁵

226 millones
de personas se ven afectadas por desastres cada año.

3000 millones
de personas dependen de la diversidad biológica marina y costera para sus medios de vida.

³ IFRC Annual Report 2013 en <https://www.ifrc.org/>

⁴ La inequidad en la mayoría de los casos son producto de la intersección de los procesos sociales que se traducen en desigualdades en los estatus socioeconómico y los ingresos, así como en la exposición. Tales procesos sociales incluyen, por ejemplo, la discriminación sobre la base de género, clase, raza / etnia, edad y (dis)capacidad. (IPCC, 2014-AR5)

⁵ World Disasters Report 2014. IFRC Annual Report 2013 en <https://www.ifrc.org/>, <http://www.uncsd2012.org/>, <https://sustainabledevelopment.un.org/>

925 millones

de personas en el mundo no tienen alimentos suficientes para comer a diario (2010).

5000

Niños, en promedio diario, mueren a causa de enfermedades evitables causadas por el agua y el saneamiento.

3500 millones

de personas, ya viven en las ciudades; la urbanización continúa en aumento.

1,3 millones

de personas ganan menos de 2 dólares al día y viven con sus familiares en situación de pobreza.

20

de cada cien personas carece de acceso a la electricidad moderna.

33%

de todas las especies conocidas podrían extinguirse si el cambio climático continúa sin control ya que las emisiones de GEI continúan en aumento.

Las concentraciones de CO₂ en la atmósfera superan las de los últimos 800000 años

400 ppm

es el nivel de concentración mensual de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico, que se ha superado (2015).

2%

de la superficie terrestre del planeta corresponde a las ciudades del mundo que consumen entre 60% y 80% de energía y generan el 75% de las emisiones de carbono.

828 millones

de personas viven en barrios marginales, el número continúa en alza.

95%

de la expansión urbana se producirá en el mundo en desarrollo para los próximos decenios.

*La **urbanización** acelerada está **ejerciendo presión** sobre el abastecimiento de agua dulce, las aguas residuales, los medios de vida y la salud pública.*

40%

de la población mundial sustentan sus ingresos y trabajos en la agricultura. Corresponde a la mayor fuente para los hogares pobres rurales.

500 millones

de pequeñas granjas en el mundo, la mayoría de secano, proporcionan un 80% de los alimentos que se consumen en la mayor parte del mundo en desarrollo.

1700 millones

de personas han conseguido el acceso al agua potable libre de impurezas desde 1990.

884 millones

de personas en todo el mundo todavía no tienen acceso al agua potable.

35 millones de km³

Es la cantidad de agua dulce del planeta.

2600 millones

de personas carecen de acceso a servicios de saneamiento básico, como letrinas.

19%

De la producción total de electricidad en todo el mundo corresponde a la energía hidráulica, la fuente de energía renovable más importante y de más amplio uso.

70%

de toda el agua potable disponible se utiliza en la irrigación.

15%

De las muertes causadas por desastres naturales se deben a inundaciones.

75%

De la superficie terrestre la ocupan los océanos.

97%

del agua de la Tierra la contienen los océanos

99%

del espacio vital del planeta por volumen, lo representan los océanos.

2600 millones

de personas dependen de los océanos como fuente primaria de proteína.

40%

de los océanos del mundo se ven sumamente afectados por las actividades humanas, lo que incluye la contaminación, el agotamiento de los recursos pesqueros, la pérdida de hábitats costeros.

1000 billones US\$

Cifra aproximada de daño económico causado por desastres en la década 2000-2010.

64%

de las 33 ciudades que tendrán al menos 8 millones de residentes para 2015, se ubican en zonas costeras.

14 veces

más probable que las mujeres y los niños mueran en un desastre que los hombres.

40%

de todos los conflictos civiles están ligados a causas naturales.

680000

personas perecieron en terremotos, en el período 2000-2010, debido principalmente a edificaciones destruidas.

558000 vidas y 1600 millones de personas

fueron afectadas desde 1980, a causa de la sequía y el hambre a consecuencia de esta.

Los últimos tres decenios han sido más cálidos que todos los precedentes desde 1850, sin embargo el primer decenio del siglo XXI ha sido el más cálido de todos.

En promedio 102 millones de personas se ven afectadas cada año por inundaciones, 37 millones por los ciclones, huracanes o tifones y cerca de 366000 por deslizamientos de tierras.

Fuentes: Compilado por el autor a partir de World Disasters Report 2014. IFRC Annual Report 2013 en <https://www.ifrc.org/>, <http://www.uncsd2012.org/>, <https://sustainabledevelopment.un.org/>

La anterior información nos permite contextualizar un panorama real y más preciso de la gravedad de la situación del cambio global, particularmente del cambio climático y sus efectos adversos relacionados. La situación alarmante que la comunidad científica ha venido advirtiendo desde hace más de 25 años, cuando se convirtió en un problema de envergadura mundial – marcando un antes y un después con la Cumbre de la tierra, realizada en Rio de Janeiro en el año 1992, en donde se dio un fuerte impulso a la investigación sobre cambio climático, como se puede visualizar en el gráfico de evolución de las publicaciones del capítulo dos de bibliometría. Las acciones positivas encaminadas a fijar acuerdos y demás movimientos que lideren esfuerzos para la gestión oportuna de estabilización de las emisiones de CO₂, es una prioridad.

En Copenhague 2009, los jefes de gobierno lograron un acuerdo de mínimos en un tiempo record. Recientemente, países como China y Estados Unidos (los más grandes emisores del mundo) han realizado acercamientos y acuerdos para reducir las emisiones, avance éste, fundamental e importante debido a la magnitud e implicación de estos dos países en los acuerdos del compromiso del límite dos grados centígrados.

Los esfuerzos y acciones encaminadas a frenar el progreso del cambio climático se han incrementado en las carteras de gobierno, los líderes mundiales ven la urgencia de adoptar mecanismos para hacer frente a esta realidad, centrándose en el diseño de estrategias para minimizar o frenar el progreso de dichos efectos. Las conversaciones de

la última Cumbre del Clima de Lima COP20, otorgaron un marco para que las naciones establezcan sus compromisos en la reducción de emisiones de cara a Paris 2015.

El desafío de la Conferencia de Paris COP21, es lograr un acuerdo universal y vinculante que permita luchar eficazmente contra el cambio climático e impulse/acelere la transición hacia sociedades y economías resilientes y bajas en carbono, una importante oportunidad de tomar decisiones concretas para los nuevos acuerdos y quizás el punto de inflexión para asegurar la sostenibilidad de las generaciones futuras. La Organización de Naciones Unidas, en la agenda 2030 de Desarrollo Sostenible, en su objetivo 13 insta por la adopción de medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus impactos para lo que incluye cinco metas para los próximos quince años.

Los fondos de Naciones Unidas para la financiación climática apenas superaron los USD\$122 millones a dic 31/2014,⁶ lejos de las promesas establecidas por las partes, de cara a los compromisos de Paris 2015. El creciente desarrollo de iniciativas, los compromisos de los estados y las aplicaciones de acciones concretas, contribuyen a reforzar los futuros acuerdos. La ciencia, las instituciones y los líderes mundiales han contribuido en el desarrollo de importantes iniciativas. Se pueden mencionar diversos actores públicos y privados; el presidente de Estados Unidos, Barack Obama ha iniciado acciones para reforzar las políticas y hacer un llamado al mundo por la problemática del cambio climático; el líder de la iglesia católica, el papa Francisco, ha presentado la encíclica titulada “*Laudato Si* (Alabado Sea)”⁷ haciendo un llamado para que se desarrollen estrategias urgentes e imperiosas contra el cambio climático. Así mismo, la iniciativa de los 36 premios Nobel en la *65th Lindau Meeting*, por firmar una declaración para expresar públicamente su preocupación por las consecuencias del cambio climático, animando a líderes mundiales a la actuación inmediata para limitar las emisiones de gases efecto invernadero; así quedó afirmado en la declaración⁸: “[...el mundo tiene que avanzar rápidamente hacia la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero actuales y futuras para reducir al mínimo los riesgos sustanciales del cambio climático...]”. Todos estos esfuerzos, iniciativas, propuestas, coinciden en su llamado a la “urgencia” para tomar las medidas necesarias a fin de frenar el acelerado progreso del cambio climático y sus impactos.

⁶ Green Climate Fund Trust Fund. Financial Report as of 31 December 2014. Consultado en línea: <http://www.gcfund.org/>

⁷ Consultar información en este enlace: <http://w2.vatican.va/content/francesco/it/encyclicals/index.html>

⁸ Mainau Declaration 2015 on Climate Change. *65th Lindau Meeting*. Julio 3/2015, (Isla de Mainau, lago de Constanza - sur de Alemania). <http://www.lindau-nobel.org/>

Toda esta serie de eventos se desarrollan dentro del planeta en el que vivimos y por el que realmente hacemos muy poco comparado con su gran generosidad, además, obedecen a las interacciones que tenemos con la naturaleza. El agravante es que los cambios se presentan cada vez con mayor rapidez (frecuencia), afectando a todo el sistema (severidad), generando mayor incertidumbre para la compleja sostenibilidad del planeta.

Todas estas realidades, han respaldado un primer paso para la elaboración de la presente tesis doctoral y el planteamiento de los objetivos de investigación, con los que se espera exponer las problemáticas principales que precisan ser afrontadas, para tratar los aspectos fundamentales asociados con la toma de decisiones y la gestión de riesgo del cambio climático. Otro aspecto que quiero destacar se refiere a la motivación personal que envuelve el tema ya que, durante más de quince años, desempeñé mi carrera profesional en el sector de los seguros.

Desde una perspectiva general, el problema objeto de investigación hace referencia a la adopción de decisiones en ambiente de incertidumbre; dicha incertidumbre no solo se encuentra en la información, también está inscrita en las dinámicas que posibilitan su ocurrencia. El interés de esta investigación radica en el planteamiento de aplicaciones concretas desde la lógica fuzzy a problemas complejos, integrando diversas teorías en la búsqueda de enfoques, metodologías y soluciones concretas. El estudio del cambio climático desde la perspectiva propuesta aporta nuevos modelos a la gestión y certeza en la toma de decisiones de los actores involucrados, en las diferentes dimensiones, lo que conforma un reto importante ya que éstas son globales; es decir decisiones posibles pero en lo desconocido. Tomar buenas decisiones, inclusive con información limitada y bajo gran incertidumbre, es necesario si queremos llevar el planeta a trayectorias potencialmente menos destructivas.

Desde una perspectiva particular, las aseguradoras se encuentran más expuestas a los efectos adversos del cambio climático, su interés inherente en los eventos de pérdida unido a los intereses económicos que se suscitan, y su participación directa con las comunidades expuestas, en el diseño de políticas y estrategias para mejorar la gestión así lo sustentan. De lo que se recoge como una comunidad a modelar, ya que puede proporcionar información orientativa, cuantitativa y cualitativa, para informar al proceso de toma de decisiones.

Estas aplicaciones reafirman la eficacia y utilidad de la lógica fuzzy y su aplicación a problemáticas concretas ya sean estas fenómenos de la naturaleza, entorno económico,

empresarial, político, social, financiero, cultural; la dinámica humana y su capacidad de creatividad e invención posibilitan el tratamiento de una teoría de decisión de incertidumbre con la oportunidad de aplicación de diversas técnicas de gestión aplicables en el campo de la teoría de los números borrosos.

1.3. Objetivos

- Realizar un estudio bibliométrico sobre el estado de la cuestión.
A través de un análisis de citas e indicadores bibliométricos sobre i) la teoría de la decisión en la incertidumbre. Con énfasis en aplicaciones a procesos de toma de decisiones de variables de alta nivel de complejidad, contribuciones recientes a las ciencias sociales; ii) el cambio climático, énfasis en procesos decisionales, contribuciones recientes, modelos para toma de decisiones.
En este apartado se analizará las publicaciones que contemplan estos temas analizando las diversas variables bajo factor de impacto en diversas categorías artículos, revistas, autores, instituciones, países, temática general. Se analiza la evolución del campo, las tendencias por regiones, entre otros. Identificar los elementos principales de gestión de riesgos, tendencias y características actuales de las diferentes experiencias mundiales.
- Desarrollar un marco conceptual de los conceptos básicos de la teoría de la decisión en la incertidumbre y del cambio climático.
Se presentaran los aspectos fundamentales en la toma de decisiones bajo incertidumbre destacando los elementos para la toma de decisiones como la relación, la asignación, la agrupación y la ordenación. Así mismo las relaciones de incidencia, la noción de espacios topológicos inciertos, los conceptos de similitud y subconjunto borrosos.
Para el tema del cambio climático se aborda los conceptos que lo definen, las características, evidencias, datos evolutivos de variables explicativas; actuales tendencias de estudio, gestión del riesgo climático; el concepto de servicios de ecosistemas, resiliencia y sostenibilidad.
- Consolidar información precisa, actualizada y fiable de la situación actual del cambio climático.
A través de exploración de los informes del Panel Intergubernamental del Cambio Climático – IPCC. Caracterizar las tendencias actuales de los sistemas de gestión del

cambio climático. Análisis estadístico de las diferentes experiencias mundiales (impactos cuantitativo, cualitativo). Evaluación de riesgos de cambio climático. Valoración de métodos de transferencia de riesgo mundial. Análisis socioeconómico del riesgo de cambio climático.

- Generar aportaciones a la Teoría de los subconjuntos borrosos, en la aplicación de modelos con variables complejas y ambiguas, en altos niveles de incertidumbre. Aplicación de los diversos algoritmos aptos para la solución a problemas complejos de decisiones del ámbito empresarial y otros ámbitos de mayor rigor técnico, aplicabilidad de las ciencias en general (gestionar recursos, inversiones y fuentes de financiación,...). Aplicación de relaciones de incidencia a variables de riesgo climático-daños.
- Aplicar la teoría de los efectos olvidados en la evaluación, en el ámbito de las decisiones político-estratégicas del cambio climático. Demostrar como la aplicabilidad de esta teoría en la toma de decisiones del ámbito empresarial es vigente e ilimitada, considerándose útil y eficaz.
- Desarrollar argumentos teóricos en el planteamiento de la gestión estratégica de la incertidumbre. Proponer unos pilares básicos sobre los cuales se desarrollen los modelos globales de la gestión del cambio climático. Comprobar que los modelos de incidencia y la aplicación de las teorías de decisión de la incertidumbre son de gran aplicabilidad y se encuentran vigentes en la solución de problemas socio-económicos complejos. Que las decisiones de cambio climático, entendiéndose esta como variable incierta y compleja, se pueden estudiar con teorías de los subconjuntos borrosos y conceptos de topología.

1.4. Metodología

En el presente trabajo parte del análisis de las decisiones como rama de la economía, la que ha incrementado su importancia y relevancia en las últimas décadas, comprobándose con el aumento del número de trabajos y literatura en este campo. El desarrollo metodológico se plantea principalmente desde la teoría de los subconjuntos borrosos introducida por Zadeh (1965), y en la teoría de la decisión en la incertidumbre desarrollada por Kaufman y Gil Aluja (1986,1987), estas como bases para los planteamientos.

Otra base científica en la que nos sustentamos, corresponde al consenso de la comunidad científica internacional, divulgado en los Informes de evaluación que elabora y publica el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Estos informes se apoyan en muchos años de trabajo de la comunidad científica que investiga el cambio climático. Para la elaboración del Quinto Informe de Evaluación, el último, publicado en 2014, participaron más de 830 científicos, procedentes de 80 países, apoyados en el trabajo de más de 1000 autores contribuyentes y basándose en los conocimientos de más de 2000 revisores expertos, en un proceso de examen y revisión iterativos; los autores evaluaron más de 30000 informes científicos. También se han considerado otras teorías y conceptos que se fueron rescatando a lo largo del proceso de investigación, entre otras, la teoría de acción colectiva (Olson, 1965; Hardin, 1968; Ostrom, 1990); la teoría de sistemas, la teoría de la complejidad.

Se pretende mostrar una visión general de las herramientas prácticas para la adopción de decisiones que incluya una amplia exploración de los campos de interés para esta investigación, un análisis descriptivo de la fenomenología encontrada, una exposición de los conceptos teóricos necesarios para abordar los temas planteados, una formulación de las metodologías y técnicas de gestión aplicables al tratamiento de las diversas problemáticas en contextos de incertidumbre y una aplicación práctica de las técnicas.

En el apartado introductorio se efectúa una exploración general para aproximarse y definir el problema, se recurrió a la consulta de diversas fuentes masivas como internet, informes, reportes, estudios privados, notas de prensa, audios, entrevistas, en general todos los medios digitales de los que se contaba; aquí se obtiene una primera impresión de la situación del problema a investigar.

El siguiente paso fue la elaboración de esquemas y fichas con la información digital recogida, esto nos permitió visualizar la vigencia del tema, el interés general por el mismo, la importancia que revestía y su relación con el entorno en el que se desarrollaba.

Para la elaboración del marco conceptual, se realizaron dos estudios bibliométricos, esto es para el concepto de lógica fuzzy y para el cambio climático. La bibliometría es un factor de medición de las fuentes de información y, además, es un método o conjunto de métodos para la investigación científica. La bibliometría incluye un método, una técnica y un proceso. Puede considerarse como una métrica entre la producción científica y el conocimiento en términos de cantidad. Los estudios bibliométricos se abordaron desde el punto de vista de fuentes de información, definiendo como base de

datos a consultar la WoS – Web of Science (por sus siglas en inglés); propiedad de Thomson Reuters; se determinó utilizar esta base de datos por el nivel de cobertura y la neutralidad de la información. La extracción de información para la consolidación de la base de datos se ha realizado en cuatro momentos diferentes en el tiempo; al inicio de la investigación (2011), al intermedio (2012), en enero de 2014 (con corte a 31 diciembre, 2013) y finalmente en febrero de 2015, con corte a 31 de diciembre de 2014; los detalles metodológicos de los análisis bibliométricos se encuentran en el capítulo 2.

Para las bases científicas del cambio climático desde el consenso de los expertos, se recogieron los Informes de Evaluación del IPCC, el Cuarto Informe de Evaluación, publicado en 2007 y el Quinto Informe de Evaluación, publicado en 2014.

En el desarrollo de los modelos y la aplicación de las técnicas propuestas se realizaron algunos experimentos (pruebas), antes de plantear el modelo final, de esta manera se lograron establecer metodologías y desestimar algunas estimaciones que no resultaron pertinentes en el contexto que se valoraron por la misma naturaleza del problema. Hemos desarrollado dos modelos, procurando presentar varios enfoques en diferentes áreas decisionales, de una parte se presenta un algoritmo para la evaluación de estrategias de adaptación, mediante la aplicación de relaciones de incidencia; de otra parte, un modelo que analiza los efectos olvidados para determinar las relaciones de causalidad de los riesgos climáticos con los daños, enfocado en la recuperación de los efectos de segunda generación, así mismo encontrar las variables potenciadoras del cambio climático. También se realiza una contribución que facilita algunos instrumentos conceptuales para la gestión de la incertidumbre, como elemento clave en el tratamiento de los diversos acontecimientos que derivan en situación de riesgo.

En la divulgación y transferencia de conocimiento se participó en cuatro congresos que permitieron la presentación de material previo a procesos consiguientes de publicación. Las publicaciones realizadas se fueron conformando a lo largo del proceso de la tesis, realizando tres contribuciones, dos de las cuales ya se encuentran publicadas y la otra se encuentra en proceso de revisión por parte de la revista.

Finalmente, se plantean las conclusiones generales derivadas del todo el proceso de investigación, igualmente las delimitaciones encontradas; en cuanto a las líneas futuras de investigación se presenta el marco de referencia de una propuesta de investigación, para lo que se aporta información descriptiva preliminar y conceptos amplios y generales como aproximación al marco de referencia.

1.5. Estructura

La tesis se estructura en dos partes y siete bloques, la primera parte denominada Marco teórico incluye desde el capítulo uno hasta el cuatro; la segunda parte se ha denominado Contribuciones y aplicaciones y agrupa desde el capítulo cinco hasta el ocho; en el esquema 1.1 se ilustra a mayor detalle.

El primer capítulo corresponde al preliminar de la investigación, incluye la presentación, justificación, objetivos, metodología y la estructura de la tesis.

En el segundo capítulo se presenta el estado del arte, mediante un análisis bibliométrico y un análisis de citas para los conceptos de fuzzy logic, soft computing y cambio climático con sus interacciones.

En el tercer capítulo se desarrolla el marco conceptual, dividido en tres grandes apartados: la teoría de la decisión en la incertidumbre, elementos del cambio climático y nociones de sostenibilidad. Igualmente se analiza la complejidad de los sistemas de inferencia, la selección apropiada de reglas lingüísticas y la influencia de las funciones que transforman las variables numéricas en lingüísticas.

En el cuarto capítulo se presentan algunos principios básicos considerados como pilares importantes a tener en cuenta en el planteamiento del modelo.

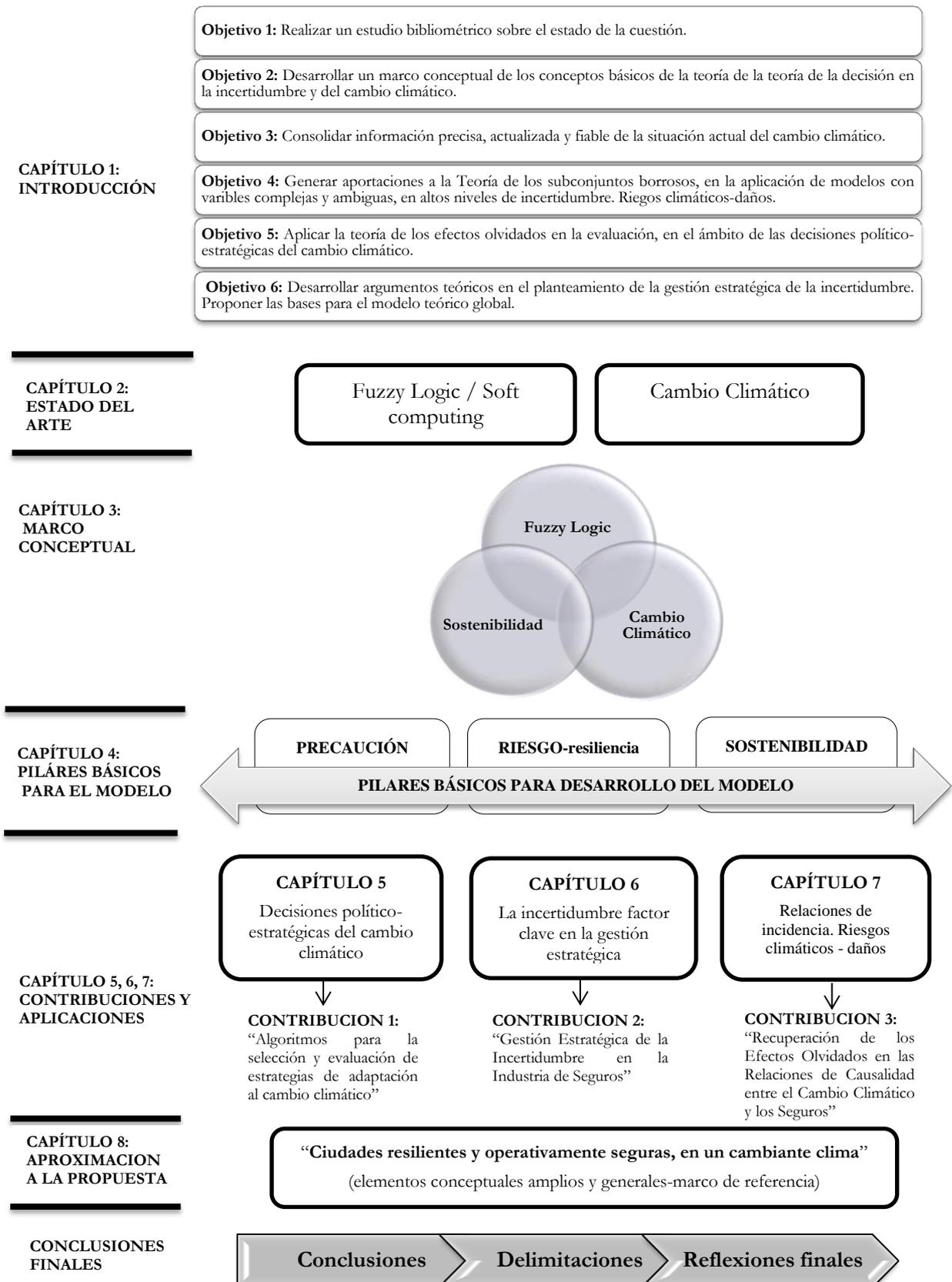
En el quinto capítulo, se presenta la primera aportación en la que se desarrolla un algoritmo rescatando las relaciones de incidencia de segunda generación en la selección de estrategias, para la efectiva toma de decisiones.

En el sexto capítulo, la segunda publicación, donde se aportan criterios y planteamientos teóricos de la incertidumbre y su aplicación en la gestión de riesgos.

El séptimo capítulo presenta una aplicación de la teoría de los efectos olvidados a las relaciones de incidencia entre el cambio climático y los tipos de seguros, para rescatar las relaciones de incidencia de segunda generación.

Así mismo se realiza un análisis y valoración de los métodos de transferencia de riesgos climáticos; identificando, caracterizando y demostrando el impacto de los riesgos climáticos y su estado actual; bajo enfoque financiero, económico, social, (demográfico y geográfico). Igualmente se presentan los riesgos climáticos relacionados con las líneas de negocio específico y se brinda información orientativa para informar el proceso de toma de decisiones.

Figura 1.1 Estructura de la tesis



Fuente: Elaboración propia.

En el octavo capítulo se plantea una aproximación o marco básico para el desarrollo de un modelo dentro de la matemática fuzzy que pueda informar decisiones; a través de enfoques híbridos contemplando aspectos importantes y rescatables de las diversas teorías revisadas, con una nueva propuesta de gestión de aglomerados urbanos, seguros y resilientes; el planteamiento desarrollado es un primer abordaje a una futura línea de investigación. El proyecto se ha denominado “Ciudades resilientes y operativamente seguras, en un cambiante clima”, por lo que se aporta conceptos amplios y generales como marco de referencia para el modelo decisional urbano, recurriendo a conceptos de límites planetarios, gestión urbana, teoría de la acción colectiva, la resiliencia, teoría de la complejidad, procesos de gobernanza policéntrica, incertidumbre, entropía y teoría de fractales.

En el siguiente apartado se presentan las conclusiones generales, delimitaciones y reflexiones. Finalmente en los anexos, se aporta una lista de base de datos apropiada para la investigación climática, incluye organismos e instituciones regulatorias; se presenta un repertorio de enlaces webs disponibles y un glosario básico de términos técnicos referentes al cambio climático.

Capítulo 2

ESTADO DEL ARTE

2.1. Bibliometría y análisis de citas

La necesidad de medir los resultados de la producción científica, su impacto y difusión, recobran fuerza en la continua búsqueda por encontrar indicadores o proxis que evalúen la transferencia y la eficiencia de la ciencia y la tecnología en un mundo de grandes y acelerados cambios.

La importancia de medir la actividad investigadora y a la ciencia en sí, se sustenta en el proceso de la ciencia misma por generar información científica de su desempeño; también en el control del seguimiento por parte de los entes del estado y de las instituciones que asignan recursos para el sostenimiento de la actividad científica, y a la productividad de los científicos en cuanto aporten al desarrollo de la misma.

La bibliometría tiene su base epistemológica en la bibliografía. La bibliometría es un factor de medición de las fuentes de información y, además, es un método o conjunto de métodos para la investigación científica. La bibliometría incluye un método, una técnica y un proceso. Puede considerarse como una métrica entre la producción científica y el conocimiento en términos de cantidad.

Su primera definición se remonta al concepto de bibliografía estadística, aplicada por primera vez en el año 1923, por Hulme⁹, cuyo criterio correspondió a la aplicación de métodos estadísticos a la bibliografía a fin de analizar la información de los científicos.

Paul Otlet¹⁰ utiliza el concepto de bibliometría por primera vez en el año 1934, con avances incipientes en este campo, pero con una gran visión del futuro de esta ciencia, como tal es considerado el fundador de la ciencia de la documentación.

Raising L.M. (1962) definió la bibliometría, como: “El ensamblado y la interpretación de las estadísticas relativas a los libros y periódicos... para demostrar movimientos históricos, para determinar el uso de la investigación nacional y universal

⁹Hulme, E.W. *Statistical bibliography in relation on the growth of modern civilization*. London: Grafton, 1923.

¹⁰ Otlet, P. *Tratado de Documentación*. Traducción de Maria Dolores Ayuso. Murcia: Universidad de Murcia, 2008.

de libros y periódicos, y garantizar en muchas situaciones locales el uso general de libros y periódicos”.

Según Pritchard (1969), el término bibliografía estadística sería confuso y sería interpretado como una bibliografía sobre estadísticas, por tanto, presentó la siguiente definición: “aplicación de métodos matemáticos y estadísticos a libros y otros medios de comunicación”. Hawkins (1977) definió la bibliometría como: “análisis cuantitativo de las características bibliográficas, de un cuerpo de literatura.”

White y McCain (1989) han definido: “bibliometría es simplemente la aplicación de métodos estadísticos o matemáticos en conjuntos de referencias.”

Un concepto más reciente corresponde al aportado por Carrizo¹¹, la bibliometría es “el conjunto de conocimientos metodológicos para la aplicación de técnicas cuantitativas, destinadas al estudio de los procesos de producción, comunicación y uso de la información científica, con el objeto de contribuir al análisis y evaluación de la ciencia y la investigación.”

Existen otros conceptos que tienden a confundirse con la bibliometría, como son la cienciometría, la informetría y el almetric. La cienciometría, además de la medición de los resultados mide la transformación del conocimiento y la experiencia. La informetría, abarca todas las actividades relacionadas con la métrica de la ciencia. El altmetrics incluye nuevas métricas basadas en la web social, cálculo de impacto y mejora de filtros existentes.

Haciendo un breve recorrido por la evolución de los indicadores bibliométricos, encontramos a Cole y Eales en 1917, como pioneros en el primer estudio que examinó los rendimientos bibliométricos haciendo una lista de toda la literatura sobre la anatomía, publicados entre el año 1850 y 1860, para poner de relieve las fluctuaciones de interés científico durante este período.

En 1927, aparece el primer estudio sobre las citas (tercer estudio bibliométrico). PLK Gross y EM Gross, contabilizaron las citas que se encontraban en las bibliografías de los artículos de las revistas de química, posteriormente, ordenaron estas revistas por orden descendente de citaciones, constituyendo así una revista de referencia en química.

La primera ley bibliométrica "Ley de Lotka" (publicaciones relación autor) fue creada en el año 1926 por Alfred Lotka, quien estudiando el índice decenal de

¹¹ Carrizo, S. G. *La información en ciencias sociales*. Madrid: Trea, 2000.

resúmenes de química, encontró una relación entre el número de autores y el número de artículos publicados.

En 1934, Samuel Bradford, bibliotecario británico declaró la ley "Bradford" (artículos-relación regular). A través de esta ley, se demostró que los trabajos científicos se distribuyen con sorprendente regularidad en revistas científicas y técnicas. Al mismo tiempo, Paul Otlet, publicó en su sección Tratado de documentación dedicado a los libros y la medición.

En 1935, George Kingsley Zipf, presentó la "Ley de Zipf" (ocurrencia de palabras relacionadas), para determinar la frecuencia de aparición de las palabras en un texto.

A mediados de la década de 1950, Eugene Garfield, avanzó en la idea de explotar las citas o referencias que se encuentran en los artículos científicos para vincularlas junto a los artículos. Así se creó el Science Citation Index, con el objetivo de facilitar el trabajo de recuperación de la información. En 1963, Eugene Garfield publicó el primer volumen de Science Citation Index.

En los años setenta, la preocupación central fue la evaluación de la utilización de estudios de investigación desviado comillas. La Universidad de Drexel y la sociedad Computer Horizons (CHI-Research) por Francis Narin fueron los precursores en este campo. Ampliaron el campo de la reflexión y de la disciplina, centrándose en el grado de influencia.

En los años 90, en Europa, varias estructuras especializadas en los indicadores de I+D, se han convertido en el Observatorio de Ciencia y Tecnología en Francia. La tendencia actual lleva a la reflexión sobre el análisis del texto completo e internet.

Este análisis proporcionará en primera instancia, la actividad de la producción científica para todos las partes involucradas, en todos los niveles, no solo de los investigadores también de los divulgadores (editores, revistas, organismos); de otra parte, indicará el desarrollo histórico del campo analizado, las tendencias de producción de los autores y productores, y los usos de los resultados. Estos resultados contemplan la cuantificación, impacto, influencia, visibilidad y las áreas cubiertas por las publicaciones.

El presente estudio bibliométrico se aborda desde el punto de vista de fuentes de información, definiendo como base de datos a consultar la WoS – Web of Science (por sus siglas en inglés); propiedad de Thomson Reuters. Se determinó utilizar esta base de datos por el nivel de cobertura y la neutralidad de la información. Otras bases de datos

existentes que pueden ser consideradas son Scopus, Emerald, Google Scholar y Redalyc.

La WoS, es una base de datos de alto impacto que agrupa más de 6 bases de datos secundarias en los diversos campos de la ciencia, indexa más de 18.000 revistas incluyendo más de 90 millones de registros. En el campo de las ciencias sociales cubre 5.300 publicaciones en 55 disciplinas y más de 800 millones de referencias citadas. En nuestro estudio se ha seleccionado la Web of Science Core Collection.

La consecución de datos se ha realizado en cuatro momentos diferentes de la investigación; al inicio de la investigación (2011), al intermedio (2012), en enero de 2014 (con corte a 31 diciembre, 2013) y finalmente en febrero de 2015, con corte a 31 de diciembre de 2014. Por lo tanto los datos y análisis que se muestran a continuación comprenden el período 1965-2014, es decir cincuenta años; para el análisis global se conserva la serie de los cincuenta años, en análisis concretos de los cuales se informa, se hace uso de información de los últimos diez años. Es importante destacar que la dinámica de actualización de la base de datos se realiza entre los meses de junio-julio de cada año, por lo tanto los datos de 2014 presentados son provisionales, pueden variar teniendo en cuenta que se puede dar la indexación de nuevos documentos.

A lo largo del proceso de análisis de datos se amplió el panorama de las palabras claves que se analizaban, lo anterior ya que se evidencia que la palabra clave como se define al inicio de la investigación, carece del total de la información que se está consultando, lo que me llevo a establecer más el “concepto” que la “palabra clave” para ampliar así la búsqueda con el ánimo de desestimar la menos cantidad posible de información de la que se podría obviar cuando solo utilizamos las palabras claves. Cabe destacar que las palabras en sí presentan por lo mínimo tres acepciones, de una parte se tiene la etimología, de otra el significado y por otra el concepto. La complejidad del lenguaje lleva a la necesidad de estimar o considerar disciplinas diferentes que llevan a un acercamiento de la realidad.

La búsqueda más amplia juega un papel importante en el momento de la consecución de información relevante para la investigación; muchos de los registros encontrados y seleccionados son desestimados ya que la información aportada difiere en alto grado del objetivo a investigar.

Este análisis bibliométrico pretende mostrar una imagen amplia del campo de investigación fuzzy y cambio climático; abarcando la multidisciplinariedad, evolución y

panorama mundial del campo de estudio, agentes de la ciencia, sus relaciones y sus tendencias.

2.2. Análisis bibliométrico de Lógica Fuzzy, soft computing¹²

En cinco décadas de continuos avances en el campo de la investigación en lógica fuzzy, es de destacar el trabajo pionero y seminal que Zadeh, a quien se le considera el padre del campo presentó en el año 1965 denominado *Fuzzy sets* (Zadeh, 1965), siendo el documento más citado en el área de ciencias de la computación y el séptimo en toda la ciencia, según Web of Science. Este trabajo no solo ha permitido teorizar los conceptos de subconjuntos borrosos sino que además, aportó en su momento una luz en la convulsa situación por las ciencias de entregar modelos matemáticos que reprodujeran los planteamientos teóricos por medio de simulaciones. La consolidación del campo se produjo diez años posterior con la creación de la revista *Fuzzy Set and System*; la comunidad científica empieza a organizarse, surgiendo diversas asociaciones profesionales en ámbitos nacionales e internacionales con enfoque en la investigación fuzzy. Las diversas teorías fuzzy se pueden ampliar en Zadeh (1965), Bustince et al. (2008), Klir y Yuan (1995), Zimmermann (1985).

Mediante los análisis bibliométricos, se puede tener una visión general de un campo de investigación, diferenciadas en las metodologías y estilos que cada investigador persigue. Muchos autores han realizado estudios bibliométricos en diversos campos de investigación, encontrándose en áreas de operaciones, producción (Holsapple y Lee-Post, 2010; Hsieh y Chang, 2009; Pilkington y Meredith, 2009); gestión (Podsakoff et al. 2008); economía ecológica (Hoepner et al. 2012); econometría (Baltagi, 2007); entre otras. En el campo de la lógica fuzzy se encuentra el trabajo de Merigo et al. (2015).

Las actuales tendencias llevan a la evaluación de los textos por internet, desarrollando métricas más precisas y con mayor grado de inmediatez, así como mayor número de datos para su interpretación.

Este estudio bibliométrico, proporciona en primera instancia, un análisis de la actividad de la producción científica para todas las partes involucradas, en todos los niveles y ámbitos, no solo de los investigadores también de los divulgadores (editores, revistas, organismos); de otra parte, indica el desarrollo histórico del campo analizado,

¹² Una versión previa de este apartado, titulada “Investigación en lógica Fuzzy: medio siglo de evolución y cambios”, fue presentada en el XVIII Congreso de SIGEF - *The International Association for Fuzzy-Set Management and Economy*, en Girona, en julio de 2015. Agradecemos los valiosos comentarios que han permitido mejorar el texto.

las tendencias de producción de los autores y productores, y los usos de los resultados. Estos resultados dan una visión informativa del estado actual del campo de la lógica fuzzy en el WoS. .

Se aborda desde el punto de vista de fuentes de información, definiendo como base de datos a consultar la WoS – Web of Science (por sus siglas en inglés); propiedad de Thomson Reuters; se determinó utilizar esta base de datos por considerarse la fuente líder mundial de información inteligente, siendo pionera desde hace seis décadas en la indexación de citas. Otras bases de datos existentes que pueden ser consideradas son Scopus, Emerald, Google Scholar y Redalyc.

La WoS, es una base de datos de alto impacto que agrupa más de seis bases de datos secundarias en los diversos campos de la ciencia, indexa más de 18000 revistas incluyendo más de 90 millones de registros. En el campo de las ciencias sociales cubre 5300 publicaciones en 55 disciplinas y más de 800 millones de referencias citadas. Los datos se obtienen de Web of Science Core Collection, que da acceso además de las revistas, a actas de congresos, libros, patentes, webs, etc.

El análisis está comprendido para el período 1965-2014, es decir cincuenta años; para su análisis se ha planteado una metodología que se fragmenta en tres subdivisiones, (i) un análisis global, que incluye toda la serie de los cincuenta años; (ii) análisis concretos para mirar evolución en los últimos diez años; (iii) y un análisis específico seleccionando los primeros cien trabajos, atendiendo al parámetro de número de citas. Es importante destacar que la dinámica de actualización de la base de datos del WoS se realiza entre los meses de junio-julio de cada año, por lo tanto los datos de 2014 pueden variar teniendo en cuenta que se puede presentar la indexación de nuevos documentos.

En el proceso de búsqueda se han seleccionado en el apartado tema las palabras claves “*Fuzzy and soft computing*”, obteniendo 149587 entradas, que corresponde al total de publicaciones del WoS; para el período comprendido de cinco décadas (1965-2014*), la consulta se realizó durante la segunda mitad de marzo de 2015 (el total de registros de la base de datos del WoS a la fecha de consulta superaba los 57 millones de registros). En este análisis se han seleccionado las entradas correspondientes a *Fuzzy*, es decir 136.629 registros, según se ilustra en la tabla 2.1, la cual muestra más de 15 tipos de publicaciones.

Téngase presente que en los últimos años la investigación *fuzzy* se ha convertido en un campo más general conocido como *soft computing*, por tanto se han desestimado estos datos en el análisis ya que la relación de los sub-campos sopesa esta limitación.

Así mismo muchos de los trabajos que utilizan la palabra *fuzzy* no están relacionados con la investigación *fuzzy*. En consecuencia, la exclusión de los trabajos que no corresponden a *fuzzy* para el análisis se considera que se compensa con la aproximación entre ellos.

La información se ha filtrado seleccionando los artículos y reseñas que corresponden al 50% del total de registros, por lo tanto el número total de publicaciones queda reducido a 68719 documentos para el mismo período de las cinco décadas (1965-2014).

Tabla 2.1 Documentos fuzzy por tipo

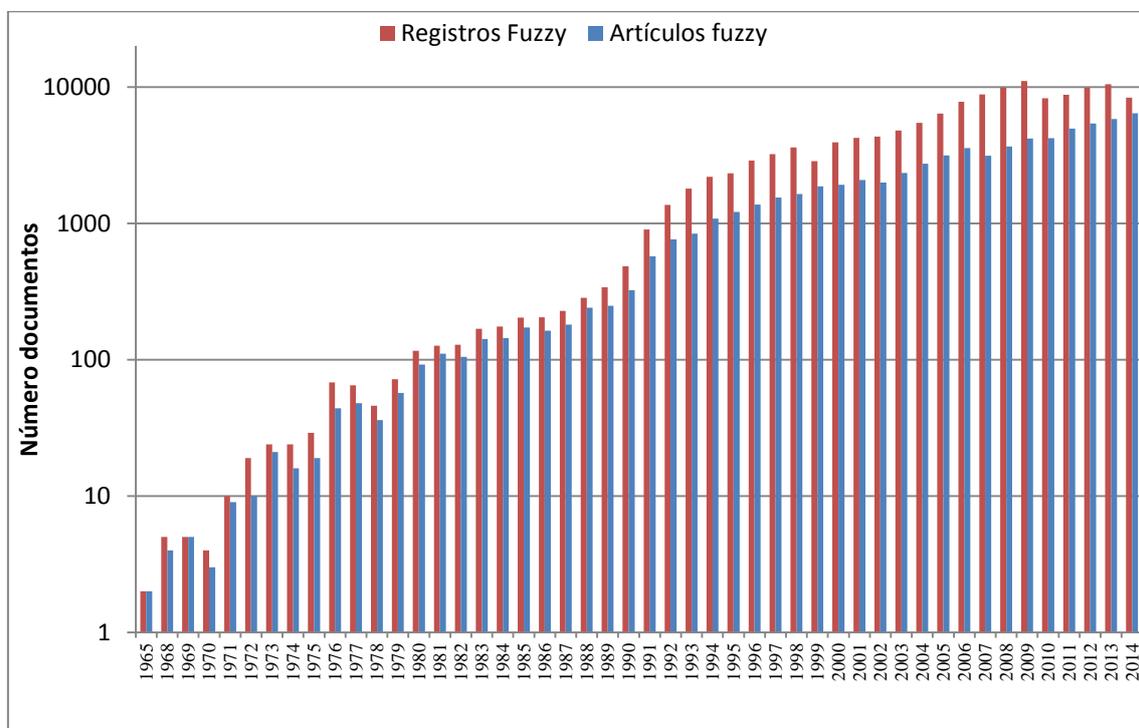
Tipo Documento	Registros	%
ARTICULOS	67789	49,70
ACTAS	65490	47,93
REVISIÓN	930	0,68
MATERIAL EDITORIAL	814	0,60
CARTAS	464	0,34
RESUMENES	356	0,26
NOTAS	297	0,22
CORRECCIONES	177	0,13
RESEÑAS	173	0,13
PRENSA	39	0,03
CORRECCIONES ADICIONALES	37	0,03
REVISIÓN DE SOFTWARE	18	0,01
DISCUSIÓN	17	0,01
COMENTARIOS	8	0,01
REIMPRESIÓN	7	0,01
OTROS	13	0,01

Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

La investigación difusa presenta un crecimiento e influencia con un notable incremento en los últimos diez años, según se aprecia en la gráfica 2.1; más de 5000 trabajos son publicados cada año en este campo, con un notable apunte de 11 000 registros para el año 2009, representando el mayor registro de publicaciones anuales en los cincuenta años analizados. Se nota un leve descenso del total de publicaciones para el año 2010, caso contrario en lo que corresponde a artículos ya que estos se mantienen en este mismo año sin presentar cambio. El número de trabajos para los años 2011 y 2012 son muy similares a los presentados para los años 2007 y 2008 respectivamente.

El aumento de trabajos que se presente, puede explicarse por el incremento de revistas fuzzy que se han creado y por las aquellas que se han indexado en la base de datos de WoS; también a un gradual incremento en la cantidad de investigadores en el campo. La proporción de artículos del total de trabajos publicados cada año ha aumentado, pasando del 50% en 2005 al 75% en 2014. El 65% del total de la producción fuzzy se ha realizado en los últimos diez años; la suma de trabajos en los primeros 40 años es superada en los cinco años siguientes (2005-2010) (32%), duplicándose al contemplar las publicaciones de los últimos diez años (65%).

Gráfico 2.1 Evolución de la investigación fuzzy (1965-2014)



Nota: La gráfica muestra el número de publicaciones anuales en investigación fuzzy, a partir del año 1965 hasta 2014; las barras rojas indican el número total de documentos fuzzy publicados cada año en la WoS; las barras azules corresponden al número total de artículos fuzzy publicados cada año en la WoS.

Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

Se destaca el trabajo de Zadeh (1965), con más de 19000 citas, constituyendo el documento más citado en el área de ciencias de la computación y el séptimo en toda la ciencia, según Web of Science. Los datos de citas deben tratarse con precaución, la velocidad de publicación de cada campo varía mucho al igual que la tasa de citación. Las altas tasas de citación están correlacionadas con otras evaluaciones cualitativas de rendimiento como pueden ser la revisión por pares (WoS). La tasa de citas es normal teniendo en cuenta los patrones de informática e ingeniería; cabe mencionar que el material indexado en la WoS se estima en contener alrededor del 95% de las citas

mundiales. La tasa media de citas para las ciencias de la computación e ingeniería son bajas.

En la tabla 2.2, se presenta una evaluación de las citas en el campo de la lógica fuzzy; se observa una estructura de clasificación de todos los documentos, teniendo en cuenta el número de citas, los valores relativos en cada rango, el valor máximo y mínimo de cada rango y la posición que ocupa el valor máximo de cada rango. Así mismo en el gráfico 2.2, se aprecia los valores máximos y mínimos para cada una de las categorías de citas mencionadas.

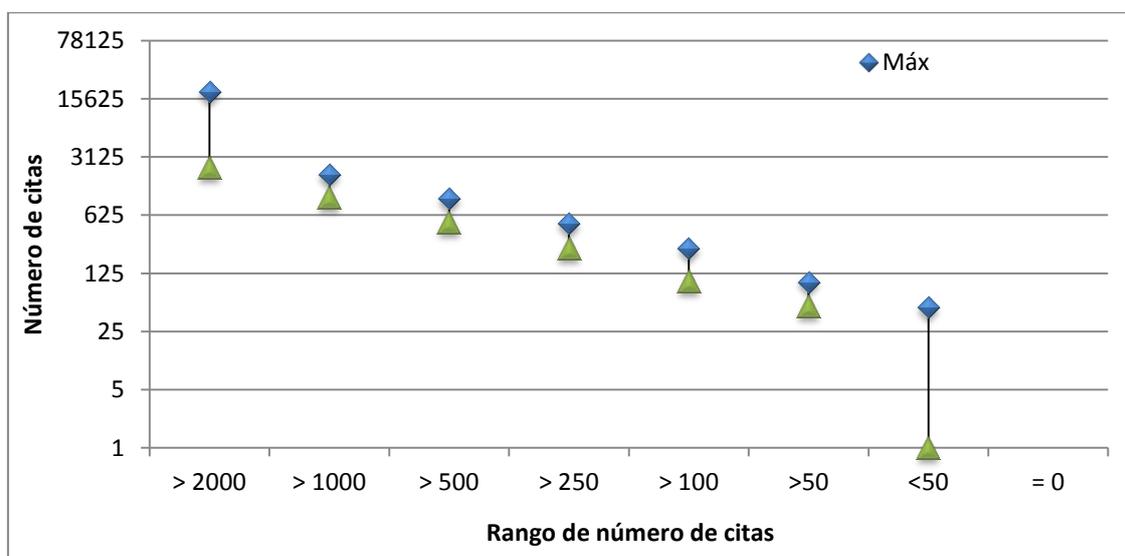
Tabla 2.2 Tipología de la citación general de lógica fuzzy en WoS

Número de citas	No. Artículos	%	Máx.	Min	Posic
Mayores a 2000	5	0,01	19104	2308	1
1000 – 1999	11	0,02	1931	1002	6
500 - 999	47	0,07	999	505	17
250 – 499	177	0,26	497	250	64
100 – 249	1015	1,48	249	100	241
50 – 99	2523	3,67	99	50	1256
1 – 49	50573	73,59	49	1	3779
Sin citas	14368	20,91	0		54352

Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

Solo cinco trabajos han recibido más de 2000 citas, el 2.5% de las publicaciones tienen más de 100 citas. El mayor número de publicaciones se encuentran en el rango de citas entre 1 y 49.

Gráfico 2.2 Estructura de citas de lógica fuzzy en WoS, valores máximos y mínimos



Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

Persiste un alto número de publicaciones que no registra citas y obedece al 21% del total de trabajos. Podría interpretarse el principio de eficiencia de Pareto¹³, si la citación se considerara un beneficio, se sustenta que al menos el 80% gozan de tenerlo y el 20% no lo tienen.

Analizando el campo de la lógica fuzzy, el índice H¹⁴ global es 245. Concretamente, 245 trabajos han recibido al menos 245 citas, para el período analizado.

El número de revistas que agrupa publicaciones de lógica fuzzy es amplio, muchas de las revistas actuales, tienen dedicación exclusiva al campo. Otra categoría son aquellas que publican ocasionalmente documentos.

Las revistas con publicaciones en LF, incluye las que son influyentes y otras que son nuevas pero con un enfoque claro en el campo. En la tabla 2.3, se listan las revistas más influyentes y cuyo número de artículos supera los cien.

Tabla 2.3 Revistas de impacto en investigación difusa

Título	Número artículos	Participación%
FUZZY SETS AND SYSTEMS	6003	8,736
EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS	1907	2,775
INFORMATION SCIENCES	1815	2,641
LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE	1701	2,475
IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS	1547	2,251
LECTURE NOTES IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE	1169	1,701
JOURNAL OF INTELLIGENT FUZZY SYSTEMS	967	1,407
APPLIED SOFT COMPUTING	875	1,273
SOFT COMPUTING	638	0,928
INTERNATIONAL JOURNAL OF UNCERTAINTY FUZZINESS AND KNOWLEDGE BASED SYSTEMS	625	0,91
INTERNATIONAL JOURNAL OF INTELLIGENT SYSTEMS	588	0,856
IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS MAN AND CYBERNETICS PART B CYBERNETICS	565	0,822
EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH	563	0,819
INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY	501	0,729
INTERNATIONAL JOURNAL OF APPROXIMATE REASONING	494	0,719
ENGINEERING APPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE	462	0,672
COMPUTERS MATHEMATICS WITH APPLICATIONS	423	0,616
INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATIVE COMPUTING	413	0,601
INFORMATION AND CONTROL	413	0,601
NEUROCOMPUTING	411	0,598

¹³ Ley De Pareto-Vilfredo Pareto

¹⁴Hirsch, JE (2005) *An index to quantify an individual's scientific research output*. arXiv: la física / 0508025 v5. El índice-H, es una medida de impacto acumulativo de la producción investigadora.

Título	Número artículos	Participación%
NEURAL COMPUTING APPLICATIONS	385	0,560
MATHEMATICAL PROBLEMS IN ENGINEERING	374	0,544
IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS	356	0,518
INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH	355	0,517
PATTERN RECOGNITION	336	0,489
COMPUTERS INDUSTRIAL ENGINEERING	335	0,487
INTERNATIONAL JOURNAL OF GENERAL SYSTEMS	327	0,476
INTERNATIONAL JOURNAL OF SYSTEMS SCIENCE	322	0,469
PATTERN RECOGNITION LETTERS	321	0,467
KNOWLEDGE BASED SYSTEMS	319	0,464
INTERNATIONAL JOURNAL OF FUZZY SYSTEMS	315	0,458
IRANIAN JOURNAL OF FUZZY SYSTEMS	296	0,431
JOURNAL OF MATHEMATICAL ANALYSIS AND APPLICATIONS	277	0,403
APPLIED MATHEMATICAL MODELLING	275	0,400
INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRICAL POWER ENERGY SYSTEMS	272	0,396
ELECTRIC POWER SYSTEMS RESEARCH	253	0,368
IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS	249	0,362
APPLIED MATHEMATICS AND COMPUTATION	245	0,357
CONTROL ENGINEERING PRACTICE	221	0,322
CHAOS SOLITONS FRACTALS	220	0,320
IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL NETWORKS	202	0,294
MATHEMATICAL AND COMPUTER MODELLING	196	0,285
CYBERNETICS AND SYSTEMS	194	0,282
JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS	193	0,281
JOURNAL OF APPLIED MATHEMATICS	189	0,275
KYBERNETES	186	0,271
INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTATIONAL INTELLIGENCE SYSTEMS	182	0,265
JOURNAL OF INTELLIGENT ROBOTIC SYSTEMS	173	0,252
KYBERNETIKA	172	0,250
JOURNAL OF INTELLIGENT MANUFACTURING	160	0,233
IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS MAN AND CYBERNETICS PART A SYSTEMS AND HUMANS	160	0,233
JOURNAL OF MULTIPLE VALUED LOGIC AND SOFT COMPUTING	159	0,231
SCIENTIFIC WORLD JOURNAL	158	0,230
IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT	152	0,221
ELECTRONICS LETTERS	151	0,220
INTERNATIONAL JOURNAL OF CONTROL AUTOMATION AND SYSTEMS	150	0,218
INTELLIGENT AUTOMATION AND SOFT COMPUTING	150	0,218
INTERNATIONAL JOURNAL OF REMOTE SENSING	149	0,217
FUZZY OPTIMIZATION AND DECISION MAKING	149	0,217
ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT	144	0,210

Título	Número artículos	Participación%
ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MEDICINE	142	0,207
NONLINEAR DYNAMICS	141	0,205
IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY	140	0,204
WATER RESOURCES MANAGEMENT	138	0,201
IET CONTROL THEORY AND APPLICATIONS	136	0,198
JOURNAL OF THE FRANKLIN INSTITUTE ENGINEERING AND APPLIED MATHEMATICS	134	0,195
JOURNAL OF HYDROLOGY	134	0,195
ELECTRIC POWER COMPONENTS AND SYSTEMS	134	0,195
ISA TRANSACTIONS	133	0,194
IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING	130	0,189
INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION ECONOMICS	129	0,188
IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS MAN AND CYBERNETICS PART C APPLICATIONS AND REVIEWS	126	0,183
ECOLOGICAL MODELLING	126	0,183
JOURNAL OF MATERIALS PROCESSING TECHNOLOGY	125	0,182
APPLIED INTELLIGENCE	123	0,179
PROCEEDINGS OF THE INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS PART I JOURNAL OF SYSTEMS AND CONTROL ENGINEERING	117	0,170
IEICE TRANSACTIONS ON FUNDAMENTALS OF ELECTRONICS COMMUNICATIONS AND COMPUTER SCIENCES	117	0,170
IEICE TRANSACTIONS ON INFORMATION AND SYSTEMS	116	0,169
NEURAL NETWORKS	115	0,167
ABSTRACT AND APPLIED ANALYSIS	115	0,167
JOURNAL OF VIBRATION AND CONTROL	114	0,166
JOURNAL OF THE CHINESE INSTITUTE OF ENGINEERS	111	0,162
JOURNAL OF COMPUTER AND SYSTEMS SCIENCES INTERNATIONAL	109	0,159
FUZZY SYSTEMS AND KNOWLEDGE DISCOVERY PT 1 PROCEEDINGS	109	0,159
FUNDAMENTA INFORMATICA E	109	0,159
COMPUTERS GEOSCIENCES	109	0,159
MECHATRONICS	108	0,157
COMPUTERS CHEMICAL ENGINEERING	108	0,157
INTERNATIONAL REVIEW OF ELECTRICAL ENGINEERING IREE	107	0,156
IEEE TRANSACTIONS ON CONTROL SYSTEMS TECHNOLOGY	104	0,151
SIGNAL PROCESSING	102	0,148
INFORMATION AN INTERNATIONAL INTERDISCIPLINARY JOURNAL	100	0,146

Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

Las revistas más influyentes en la investigación de LF son, Fuzzy Sets and Systems, Expert Systems with Applications, Information Sciences, Lecture Notes in Computer Science, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Lecture Notes in Artificial Intelligence,

Journal of Intelligent Fuzzy Systems, Applied Soft Computing, Soft Computing. Otras revistas que tienen muy poco tiempo pero que logran popularidad en la comunidad científica son: Soft Computing and Applied Soft Computing; entre las que se encuentran las dedicadas totalmente al campo, Journal Intelligent & Fuzzy Systems, Fuzzy Optimization and Decision Making, Int. J. Fuzzy Systems and the Iranian J. Fuzzy Systems. Otras revistas que publican ocasionalmente artículos de este campo: IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, European J. Operational Research, the IEEE Transactions on Neural Networks, Journal Mathematical Analysis and Applications, IEEE Transactions on Industrial Electronics and Pattern Recognition.

Algunas otras revistas que no se encuentran indexadas en la WoS: Advances in Fuzzy Mathematics, Advances in Fuzzy Sets & Systems, Advances in Fuzzy Systems, Annals of Fuzzy Mathematics and Informatics, BUSEFAL, Asian J. Fuzzy and Applied Mathematics, Annals of Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Fuzzy Systems, CiiT Int. J. Fuzzy Systems, Fuzzy Economic Review, Fuzzy Information and Engineering.

En tabla 2.4, se presenta el factor de impacto de todas las publicaciones fuzzy por año, como de medida de calidad. También muestra la relevancia relativa del artículo. Para la WoS, corresponde al Journal Citation Report- JCR. El JCR, se calcula dividiendo el número de citas recibidas en el año n-1 y n-2 desde el año n por el número total de artículos publicados en el año n-1 y n-2.

Tabla 2.4 Impacto de citas en lógica fuzzy

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Total artículos	2741	3160	3577	3127	3664	4204	4207	4954	5406
Total citas	51877	48900	38779	38659	33445	29677	18743	10551	2536
T citas n-1 y n-2	4170	5398	7376	8048	11358	14785	14153	16478	16669
T artículos n-1 y n-2	4327	5078	5901	6737	6704	6791	7868	8411	9161
Impacto en año n	0,96	1,06	1,25	1,19	1,69	2,18	1,80	1,96	1,82
Impacto cita	18,93	15,47	10,84	12,36	9,13	7,06	4,46	2,13	0,47

Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

El factor de impacto para el año 2004 fue de aproximadamente uno, a partir del año 2009, el factor de impacto se ha incrementado superando levemente el dos. En lo que corresponde al impacto de cita, se puede ver que en 2009 el impacto era de

aproximadamente siete, lo que para 2012 correspondió a 0.5; los artículos publicados en 2009 por lo general tendrán más citas que los artículos publicados en 2012. El recuento de cita descende en los años más recientes de cualquier período de tiempo ya que se ha dispuesto de menos tiempo para la acumulación de citas.

El número mínimo de documentos adecuados para una investigación cuantitativa, es un tema muy discutido. La experiencia ha indicado que un número entre 20 y 50 trabajos en general se considera apropiado. El número de citas que reciben las publicaciones científicas, es considerado factor importante en la clasificación de los trabajos. A pesar que muchos factores pueden influir en la citación, no deja de reflejar popularidad e influencia en la comunidad científica. En la tabla 2.5 se presentan los 50 trabajos de investigación fuzzy más citados para el período analizado.

Tabla 2.5 Top 50 por citación de artículos fuzzy en el período 1965-2014

Total Citas	Título	Autor/s	Año	Edad	C/Año
19104	FUZZY SETS	ZADEH, LA	1965	50	382
6706	FUZZY IDENTIFICATION OF SYSTEMS AND ITS APPLICATIONS TO MODELING AND CONTROL	TAKAGI, T; SUGENO, M	1985	30	224
6521	FUZZY NANOASSEMBLIES: TOWARD LAYERED POLYMERIC MULTICOMPOSITES	DECHER, G	1997	18	362
3945	ANFIS - ADAPTIVE-NETWORK-BASED FUZZY INFERENCE SYSTEM	JANG, JSR	1993	22	179
2308	FUZZY-LOGIC IN CONTROL-SYSTEMS - FUZZY-LOGIC CONTROLLER .1. EXPERIMENT IN LINGUISTIC	LEE, CC	1990	25	92
1931	SYNTHESIS WITH A FUZZY LOGIC CONTROLLER	MAMDANI, EH; ASSILIAN, S	1975	40	48
1637	INTUITIONISTIC FUZZY-SETS APPLICATION OF FUZZY ALGORITHMS	ATANASSOV, KT	1986	29	56
1307	FOR CONTROL OF SIMPLE DYNAMIC PLANT	MAMDANI, EH	1974	41	32
1248	GENERATING FUZZY RULES BY LEARNING FROM EXAMPLES	WANG, LX; MENDEL, JM	1992	23	54
1238	A REVIEW ON IMAGE SEGMENTATION TECHNIQUES	PAL, NR; PAL, SK	1993	22	56
1235	AN APPROACH TO FUZZY CONTROL OF NONLINEAR SYSTEMS: STABILITY AND DESIGN ISSUES	WANG, HO; TANAKA, K; GRIFFIN, MF	1996	19	65
1193	STABILITY ANALYSIS AND DESIGN OF FUZZY CONTROL-SYSTEMS	TANAKA, K; SUGENO, M	1992	23	52
1128	STRUCTURE IDENTIFICATION OF FUZZY MODEL	SUGENO, M; KANG, GT	1988	27	42
1036	GENE TREES IN SPECIES TREES SURVEY OVER IMAGE THRESHOLDING	MADDISON, WP	1997	18	58
1027	TECHNIQUES AND QUANTITATIVE PERFORMANCE EVALUATION	SEZGIN, M; SANKUR, B	2004	11	93

Total Citas	Título	Autor/s	Año	Edad	C/Año
1002	STATUS OF LAND COVER CLASSIFICATION ACCURACY ASSESSMENT	FOODY, GM	2002	13	77
999	SIMILARITY RELATIONS AND FUZZY ORDERINGS	ZADEH, LA	1971	44	23
963	L-FUZZY SETS	GOGUEN, JA	1967	48	20
945	FUZZY LOGIC EQUALS COMPUTING WITH WORDS	ZADEH, LA	1996	19	50
912	PROBABILITY MEASURES OF FUZZY EVENTS	ZADEH, LA	1968	47	19
870	TOWARD A THEORY OF FUZZY INFORMATION GRANULATION AND ITS CENTRALITY IN HUMAN REASONING AND FUZZY LOGIC	ZADEH, LA	1997	18	48
869	OPERATIONS ON FUZZY NUMBERS	DUBOIS, D; PRADE, H	1978	37	23
842	A "SCHRODINGER CAT" SUPERPOSITION STATE OF AN ATOM	MONROE, C; MEEKHOF, DM; KING, BE; WINELAND, DJ	1996	19	44
826	FUZZY ARTMAP - A NEURAL NETWORK ARCHITECTURE FOR INCREMENTAL SUPERVISED LEARNING OF ANALOG MULTIDIMENSIONAL MAPS	CARPENTER, GA; GROSSBERG, S; MARKUZON, N; REYNOLDS, JH; ROSEN, DB	1992	23	36
811	FUZZY RANDOM-VARIABLES	PURI, ML; RALESCU, DA	1986	29	28
801	FUZZY ART - FAST STABLE LEARNING AND CATEGORIZATION OF ANALOG PATTERNS BY AN ADAPTIVE RESONANCE SYSTEM	CARPENTER, GA; GROSSBERG, S; ROSEN, DB	1991	24	33
795	A COMPUTATIONAL APPROACH TO FUZZY QUANTIFIERS IN NATURAL LANGUAGES	ZADEH, LA	1983	32	25
778	NONLINEAR BLACK-BOX MODELING IN SYSTEM IDENTIFICATION: A UNIFIED OVERVIEW	SJOBERG, J; ZHANG, QH; LJUNG, L; BENVENISTE, A; DELYON, B; GLORENNEC, PY; HJALMARSSON, H; JUDITSKY, A	1995	20	39
774	NEURO-FUZZY MODELING AND CONTROL	JANG, JSR; SUN, CT	1995	20	39
768	FUZZY REGULATORS AND FUZZY OBSERVERS: RELAXED STABILITY CONDITIONS AND LMI-BASED DESIGNS	TANAKA, K; IKEDA, T; WANG, HO	1998	17	45
763	FCM - THE FUZZY C-MEANS CLUSTERING-ALGORITHM	BEZDEK, JC; EHRLICH, R; FULL, W	1984	31	25
726	MULTI-RESOLUTION, OBJECT-ORIENTED FUZZY ANALYSIS OF REMOTE SENSING DATA FOR GIS-READY INFORMATION	BENZ, UC; HOFMANN, P; WILLHAUCK, G; LINGENFELDER, I; HEYNEN, M	2004	11	66
712	EXPECTED VALUE OF FUZZY VARIABLE AND FUZZY EXPECTED	LIU, BD; LIU, YK	2002	13	55

Total Citas	Título	Autor/s	Año	Edad	C/Año
	VALUE MODELS				
705	ROUGH FUZZY-SETS AND FUZZY ROUGH SETS	DUBOIS, D; PRADE, H	1990	25	28
704	FUZZY GROUPS	ROSENFEL.A	1971	44	16
701	EXTENSIONS OF THE TOPSIS FOR GROUP DECISION-MAKING UNDER FUZZY ENVIRONMENT	CHEN, CT	2000	15	47
696	FUZZY TOPOLOGICAL SPACES	CHANG, CL	1968	47	15
672	FUZZY HIERARCHICAL ANALYSIS	BUCKLEY, JJ	1985	30	22
667	RUDIMENTS OF ROUGH SETS	PAWLAK, Z; SKOWRON, A	2007	8	83
667	CURRENT CONTROL TECHNIQUES FOR THREE-PHASE VOLTAGE-SOURCE PWM CONVERTERS: A SURVEY	KAZMIERKOWSKI, MP; MALESANI, L	1998	17	39
665	NEURAL-NETWORK-BASED FUZZY-LOGIC CONTROL AND DECISION SYSTEM	LIN, CT; LEE, CSG	1991	24	28
663	FUZZY COGNITIVE MAPS	KOSKO, B	1986	29	23
662	FUZZY-LOGIC IN CONTROL-SYSTEMS - FUZZY-LOGIC CONTROLLER .2.	LEE, CC	1990	25	26
655	DEFINITION OF NONPROBABILISTIC ENTROPY IN SETTING OF FUZZY SETS THEORY	DELUCA, A; TERMINI, S	1972	43	15
654	APPLICATIONS OF THE EXTENT ANALYSIS METHOD ON FUZZY AHP	CHANG, DY	1996	19	34
642	TYPE-2 FUZZY SETS MADE SIMPLE	MENDEL, JM; JOHN, RI	2002	13	49
642	APPLICATION OF FUZZY LOGIC TO APPROXIMATE REASONING USING LINGUISTIC-SYNTHESIS	MAMDANI, EH	1977	38	17
631	ROBUST STABILIZATION OF A CLASS OF UNCERTAIN NONLINEAR SYSTEMS VIA FUZZY CONTROL: QUADRATIC STABILIZABILITY, H-INFINITY CONTROL THEORY, AND LINEAR MATRIX INEQUALITIES	TANAKA, K; IKEDA, T; WANG, HO	1996	19	33
624	A 2-TUPLE FUZZY LINGUISTIC REPRESENTATION MODEL FOR COMPUTING WITH WORDS	HERRERA, F; MARTINEZ, L	2000	15	42
621	A MANIFESTO FOR THE EQUIFINALITY THESIS	BEVEN, K	2006	9	69

Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

Nota: Los trabajos de Zadeh (1975) y Yager (1988), no se han registrado en la tabla, por tanto no hacen parte de los cálculos realizados.

Como se evidencia, el trabajo más citado e influyente corresponde al realizado por Zadeh (1965), seguido por el trabajo de Takagi y Sugeno, con más de 6700 citas. La razón anual de citas del trabajo pionero de Zadeh es de 382 (citas/año), es decir que ha sido citado al menos una vez cada día desde su publicación inicial.

Tabla 2.6 Clasificación por autor – Top 20 de artículos de investigación fuzzy

Autor	Citas	N. Doc.	Citas/doc.
ZADEH, LA	21960	4	5490
TAKAGI, T; SUGENO, M	6706	1	6706
DECHER, G	6521	1	6521
JANG, JSR	3945	1	3945
LEE, CC	2308	1	2308
MAMDANI, EH; ASSILIAN, S	1931	1	1931
ATANASSOV, KT	1637	1	1637
MAMDANI, EH	1307	1	1307
WANG, LX; MENDEL, JM	1248	1	1248
PAL, NR; PAL, SK	1238	1	1238
WANG, HO; TANAKA, K; GRIFFIN, MF	1235	1	1235
TANAKA, K; SUGENO, M	1193	1	1193
SUGENO, M; KANG, GT	1128	1	1128
MADDISON, WP	1036	1	1036
SEZGIN, M; SANKUR, B	1027	1	1027
FOODY, GM	1002	1	1002
GOGUEN, JA	963	1	963

Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

En las siguientes tablas se muestra los veinte trabajos más citados, clasificados de acuerdo al total de citas, ordenados según total de citas, número de documentos y total de citas por documento. Por lo anterior, se muestra las clasificaciones por autor (tabla 2.6), revista (tabla 2.7), institución (tabla 2.8) y país (tabla 2.9).

El autor más influyente es Zadeh, con aproximadamente 22000 citas, lo que supera al total de citas de los cinco autores que le presiden. El volumen de documentos publicados no es muy grande, justificado porque a los inicios del campo no se hacían tantos documentos. La mayor parte de documentos que Zadeh trabajo los hacia sin coautoría. En la segunda posición encontramos a Sugeno con 6706 citas.

Tabla 2.7 Clasificación por revista – Top 20 de artículos de investigación fuzzy

Revista	Citas	N. Doc.	Citas/doc.
INFORMATION AND CONTROL	19104	1	19104
IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS MAN AND CYBERNETICS SCIENCE	14207	4	3552
FUZZY SETS AND SYSTEMS	6521	1	6521
IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS	3958	3	1319
INTERNATIONAL JOURNAL OF MAN-MACHINE STUDIES	2180	2	1090
JOURNAL OF MATHEMATICAL ANALYSIS AND APPLICATIONS	1931	1	1931
	1875	2	938

Revista	Citas	N. Doc.	Citas/doc
PROCEEDINGS OF THE INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS-LONDON	1307	1	1307
PATTERN RECOGNITION	1238	1	1238
SYSTEMATIC BIOLOGY	1036	1	1036
JOURNAL OF ELECTRONIC IMAGING	1027	1	1027
REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT	1002	1	1002
INFORMATION SCIENCES	999	1	999

Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

Como se puede ver en tabla 2.7, la mayoría de autores han publicado en IEEE y FSS. Conservando la primera posición por número de citas Information and Control, pero con un solo documento.

Tabla 2.8 Clasificación por institución – Top 20 de artículos de investigación fuzzy

Institución	Citas	N. Doc.	Citas/doc.
UNIV CALIF BERKELEY	29176	7	4168
TOKYO INST TECHNOL	9027	3	3009
INST CHARLES SADRON	6521	1	6521
LONDON UNIV,QUEEN MARY COLL,LONDON,ENGLAND	1931	1	1931
BULGARIAN ACAD SCI	1637	1	1637
QUEEN MARY COLL	1307	1	1307
UNIV SO CALIF	1248	1	1248
INDIAN STAT INST	1238	1	1238
KANAZAWA UNIV	1235	1	1235
UNIV ARIZONA	1036	1	1036
INFORMAT TECHNOL RES INST	1027	1	1027
UNIV SOUTHAMPTON	1002	1	1002

Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

En el top de instituciones más influyente, encontramos en la primera posición la Universidad de California Berkeley, tanto en citas como en número de documentos, multiplicando por tres a su seguidor en número de citas, gracias a Zadeh. La segunda posición la ocupa Tokyo Inst. Technol., con 9027 citas, una tercera parte de citas en comparación con la posición líder.

El dominio de la investigación fuzzy por territorio lo tiene Estados Unidos de Norteamérica, con 33697 citas, la mayor cantidad; sin embargo, por impacto es decir citas/documentos, Francia le duplica con 6521 citas por documento versus 3063 de Estados Unidos.

Tabla 2.9 Clasificación por país – Top 20 de artículos de investigación fuzzy

País	Citas	N. Documentos	Citas/doc.
Estados Unidos	33697	11	3063
Japón	9027	3	3009
Francia	6521	1	6521
Reino Unido	4476	3	1492
Bulgaria	1637	1	1637
Turquía	1027	1	1027

Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

Un aspecto importante que analizar en la investigación, es la consideración de los autores con mayor presencia e influencia. En la tabla 2.10, se presentan los autores que tienen cien o más artículos publicados. Destaca Pedrycz con 449 artículos, Yager tiene la segunda posición con 249, la tercera posición la ocupa Huang con 244.

Tabla 2.10 Lista autores más influyentes y participación

Autores	Número de artículos	Participación %
PEDRYCZ W	449	0,65
YAGER RR	249	0,36
HUANG GH	244	0,36
WANG J	180	0,26
LI HX	161	0,23
HERRERA F	160	0,23
LI YM	154	0,22
CHEN SM	154	0,22
XU ZS	144	0,21
TONG SC	139	0,20
ZHANG Y	133	0,19
LIU Y	132	0,19
KANDEL A	130	0,19
SAKAWA M	129	0,19
DUBOIS D	129	0,19
DAVVAZ B	126	0,18
LIU J	122	0,18
KERRE EE	120	0,18
KAHRAMAN C	118	0,17
WANG L	117	0,17
WANG Y	115	0,17
JUN YB	114	0,17
PRADE H	113	0,16
LIN CT	113	0,16
OH SK	112	0,16
PAL SK	111	0,16

Autores	Número de artículos	Participación %
DE BAETS B	111	0,16
MESIAR R	110	0,16
SHI P	109	0,16
XU Y	103	0,15
LI Y	102	0,15
KUMAR A	102	0,15
LEE ES	101	0,15
LI YP	100	0,15

Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

La producción científica de publicaciones fuzzy por institución, se encuentra liderada por Indian Inst. of Technology - IIT, alcanzando 955 artículos.

Tabla 2.11 Instituciones más influyentes

Organización	Número artículos	Partic. %
INDIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY IIT	955	1,390
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE CNRS	836	1,216
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES	748	1,088
TARBIAT MODARES UNIVERSITY	674	0,981
ISLAMIC AZAD UNIV	644	0,937
NATIONAL CHENG KUNG UNIVERSITY	637	0,927
UNIVERSITY OF GRANADA	634	0,923
NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY	579	0,843
HONG KONG POLYTECHNIC UNIVERSITY	566	0,824
UNIVERSITY OF TEHRAN	565	0,822
UNIVERSITY OF CALIFORNIA SYSTEM	554	0,806
TSING HUA UNIVERSITY	527	0,767
FLORIDA STATE UNIVERSITY SYSTEM	523	0,761
ISLAMIC AZAD UNIVERSITY KARAJ	511	0,744
NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY OF SCIENCE TECHNOLOGY	497	0,723
CITY UNIVERSITY OF HONG KONG	488	0,710
NANYANG TECHNOLOGICAL UNIVERSITY NATIONAL INSTITUTE OF EDUCATION NIE SINGAPORE	484	0,704
NANYANG TECHNOLOGICAL UNIVERSITY	484	0,704
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY	473	0,688
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY	471	0,685
AMIRKABIR UNIVERSITY OF TECHNOLOGY	457	0,665
POLISH ACADEMY OF SCIENCE	448	0,652
UNIVERSITY OF ALBERTA	440	0,640
GHENT UNIVERSITY	425	0,618
NATIONAL UNIVERSITY OF SINGAPORE	377	0,549
NORTHEASTERN UNIVERSITY CHINA	364	0,530
NATIONAL CENTRAL UNIVERSITY	349	0,508

Organización	Número artículos	Partic. %
ISTANBUL TEKNİK UNIVERSITY	348	0,506
NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY	339	0,493
UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY DOE	337	0,490
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY	335	0,487
SOUTHEAST UNIVERSITY CHINA	334	0,486
INDIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY IIT KHARAGPUR	327	0,476
IRAN UNIVERSITY SCIENCE TECHNOLOGY	319	0,464
BEIHANG UNIVERSITY	311	0,453

Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

Atendiendo a la clasificación de producción fuzzy por organismos o agencias, encontramos en primera posición a la National Nat. Science Foundation of China, superando en más de cinco veces en número de artículos el de su antecesor. Destaca el acentuado liderazgo que presenta China en agregado por país en esta clasificación.

Tabla 2.12 Artículos por organismos y agencias

Agencias- Fundaciones	Número artículos	Partic. %
NATIONAL NATURAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA	3334	4,851
FUNDAMENTAL RESEARCH FUNDS FOR THE CENTRAL UNIVERSITIES	580	0,844
NATURAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA	325	0,473
NATIONAL SCIENCE COUNCIL OF TAIWAN	281	0,409
NATIONAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA	243	0,354
NATIONAL SCIENCE COUNCIL TAIWAN	219	0,319
CHINA POSTDOCTORAL SCIENCE FOUNDATION	209	0,304
PROGRAM FOR NEW CENTURY EXCELLENT TALENTS IN UNIVERSITY	205	0,298
NATIONAL SCIENCE COUNCIL OF THE REPUBLIC OF CHINA	168	0,244
NATIONAL SCIENCE FOUNDATION	155	0,226
NATIONAL BASIC RESEARCH PROGRAM OF CHINA	153	0,223
MINISTRY OF EDUCATION SCIENCE AND TECHNOLOGY	130	0,189
NSFC	118	0,172
NATIONAL NATURE SCIENCE FOUNDATION OF CHINA	114	0,166
SPANISH MINISTRY OF SCIENCE AND INNOVATION	113	0,164
NATIONAL SCIENCE COUNCIL	109	0,159
CNPQ	108	0,157
NATIONAL SCIENCE COUNCIL OF THE REPUBLIC OF CHINA TAIWAN	106	0,154
NATIONAL SCIENCE COUNCIL REPUBLIC OF CHINA	105	0,153
MINISTRY OF EDUCATION OF CHINA	105	0,153
NATIONAL NATURAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA NSFC	101	0,147
111 PROJECT	100	0,146

Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

Evolución y comparativas regionales, en el período 2005-2014.

Los cambios en la posición de las diferentes áreas de investigación de la lógica fuzzy, se han analizado para el período 2005-2014 como se muestra en la tabla 2.13. Las primeras tres posiciones por número de artículos se encuentran en el dominio de las ciencias computacionales, ingeniería y matemáticas respectivamente.

La tasa de crecimiento anual 2005-2014, que más creció corresponde a ciencia de los materiales, seguida de química, instrumentación y negocios. La que más descendió la ecología.

Se pueden clasificar tres grupos, atendiendo al crecimiento como factor de desempeño; un primer grupo correspondería a las áreas que han ganado posiciones; en su orden ciencia tecnología, energía, geología, mecánica y ecología, a este grupo se le ha denominado “emergentes”. El segundo grupo lo conformarían las áreas que no han variado su posición, a este grupo se le denominó “pioneras”: computación, ingeniería, matemáticas, gestión de operaciones-sistemas de control, telecomunicaciones, transportes. Un tercer grupo lo conformarían las áreas que han perdido posiciones termodinámica, tecnología, ciencia de los materiales, instrumentación, física y negocios.

Tabla 2.13 Cambios en los últimos diez años por área de investigación

Posición 2014	Área de investigación	Artículos 2014	TCA 05-14	Cambio posición
1	COMPUTER SCIENCE	2655	4,413	0
2	ENGINEERING	2260	11,049	0
3	MATHEMATICS	928	8,756	0
4	AUTOMATION CONTROL SYSTEMS	443	8,705	0
5	OPERATIONS RESEARCH			
	MANAGEMENT SCIENCE	379	3,152	5
6	SCIENCE TECHNOLOGY OTHER TOPICS	306	11,013	11
7	ENVIRONMENTAL SCIENCES			
	ECOLOGY	254	-2,230	3
8	ENERGY FUELS	207	9,620	8
9	MECHANICS	201	3,559	4
10	PHYSICS	197	15,036	-5
11	WATER RESOURCES	182	11,675	1
12	BUSINESS ECONOMICS	181	16,233	-1
13	INSTRUMENTS INSTRUMENTATION	176	17,523	-5
14	GEOLOGY	148	9,637	6
15	TELECOMMUNICATIONS	110	10,717	0
16	CHEMISTRY	103	19,390	-2
17	MATERIALS SCIENCE	100	26,084	-8
18	THERMODYNAMICS	88	8,793	-18
19	TRANSPORTATION	83	9,726	0
20	IMAGING SCIENCE PHOTOGRAPHIC TECHNOLOGY	80	17,375	-13

Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

TCA: Tasa de crecimiento anual. Cambio de posición: posiciones ganadas/perdidas en el año 2014 respecto a la posición del año 2005.

Producción Fuzzy en perspectiva comparada

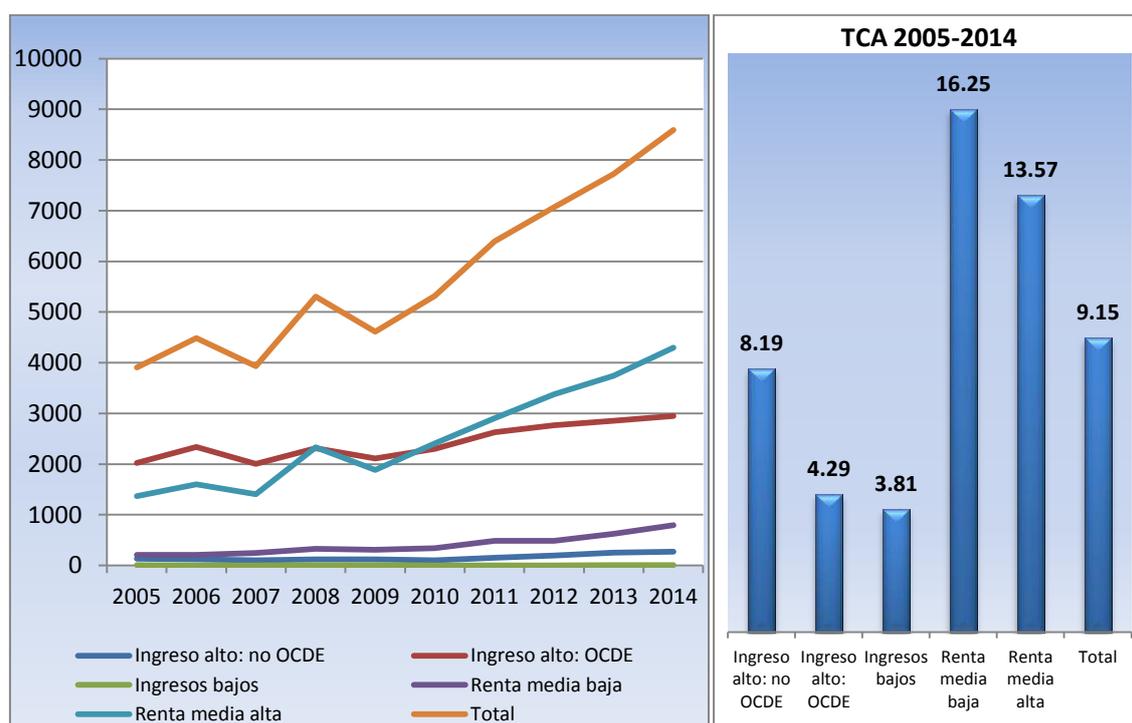
Realizando el ejercicio de comparar la producción científica Fuzzy, se puede observar en los gráficos y validar con los cálculos de variación anual realizados en las tablas siguientes, como ésta presenta alta volatilidad; sin embargo para el período analizado de 2005-2014, se ha calculado la tasa de crecimiento anual, en la que se puede observar que en promedio la producción científica creció a un ritmo anual del 9.15%. (Tabla 2.14, gráfico 2.3)

Tabla 2.14 Cambios en la producción fuzzy por grupo de ingresos, 2005-2014

Grupo por Renta	Vari. 05-14 %	TCA 05-14 %	TCA 10-14 %	TCA 05-09 %
Ingreso alto: no OCDE	103,01	8,19	27,24	-2,34
Ingreso alto: OCDE	45,97	4,29	6,40	1,06
Ingresos bajos	40,00	3,81	36,78	-5,43
Ingreso medio bajo	287,80	16,25	23,84	10,62
Ingreso medio alto	214,35	13,57	15,61	8,38
Total	119,97	9,15	12,74	4,23

Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

Gráfico 2.3 Evolución de la producción fuzzy, 2005-2014

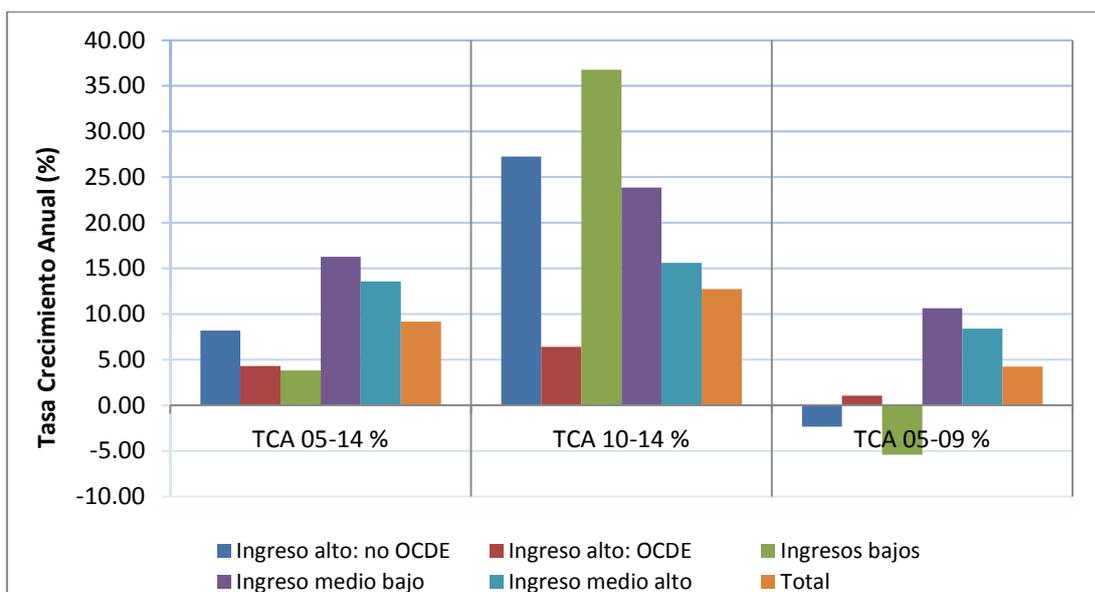


Nota: La clasificación de ingreso corresponde a la utilizada por el Banco Mundial (según el método del *Atlas del Banco Mundial*¹⁵). Para el año fiscal actual 2015; las economías de bajos ingresos se definen como aquellas con un ingreso nacional bruto per cápita de \$ 1045 dólares americanos o menos en el año 2013; las economías de ingresos medios son las que tienen un ingreso nacional bruto per cápita superior a \$ 1045 dólares e inferior a \$ 12.746; las economías de altos ingresos son las que tienen un ingreso nacional bruto per cápita mayor o igual a \$ 12.746. Las economías de ingresos medios-bajos y de ingresos medios-altos se separan en un INB (Ingreso Nacional Bruto) per cápita de 4.125 dólares.

Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

¹⁵ Atlas Banco Mundial. <http://www.bancomundial.org/>, consultado en línea mayo 2015.

Gráfico 2.4 TCA de la producción fuzzy por grupos de ingresos y por períodos



Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

En la gráfica 2.4, se realizó el ejercicio comparado agrupando los países por nivel de ingresos, se puede evidenciar como en los países ingreso alto: no OCDE e Ingresos bajos, se registraron los mayores crecimientos en el período 2010-2014, pero a su vez estos dos mismos grupos tuvieron un crecimiento negativo en el período anterior 2005-2009. En general los crecimientos en el período 2005-2009 para todos fueron bajos si se compara con el período 2010-2014. Los mayores crecimientos se han dado precisamente en el período en el que se está dejando la crisis.

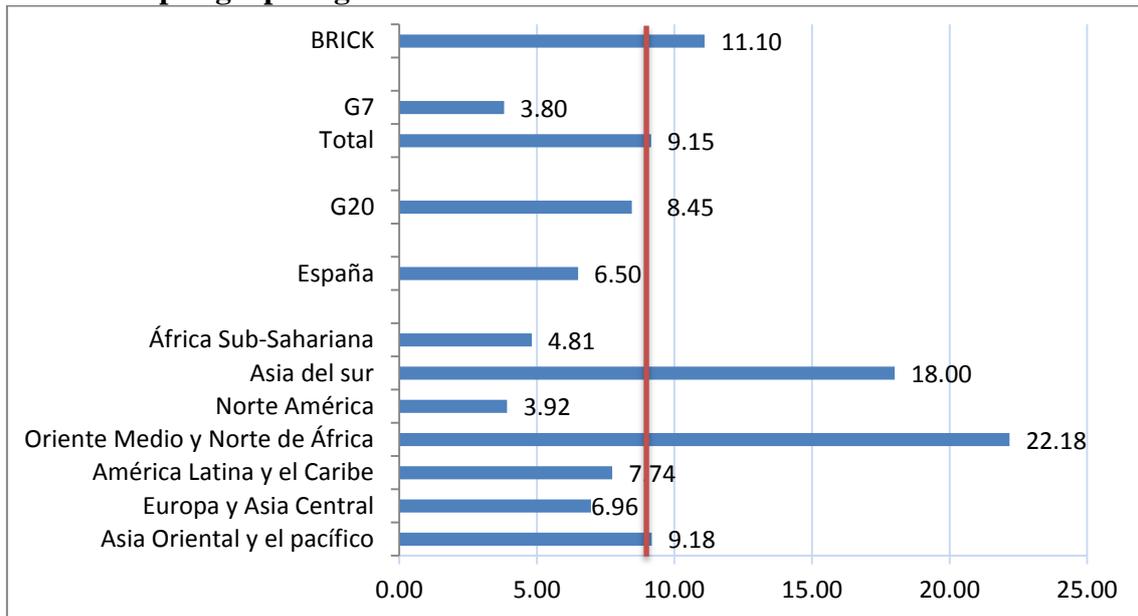
La gráfica 2.5, muestra las tasas de crecimiento anual de la producción científica en lógica fuzzy para el período 2005-2014; por agregados regionales; en donde se constata que seis regiones están por debajo de la media global y tres se encuentran por encima de ésta.

El desempeño menor se ve en el G7 (grupo de países desarrollados) y Norteamérica quienes presentan un crecimiento muy similar por debajo de 4%.

El crecimiento más elevado se da en Oriente Medio y Norte de África, con un 22.18%, seguido por Asia del Sur con 18% y luego Asia Oriental y el Pacífico con un 9.18%. Se evidencia mayor participación de países emergentes y una disminución de países desarrollados.

Se puede comprobar que la investigación es una variable determinante para el crecimiento de un país.

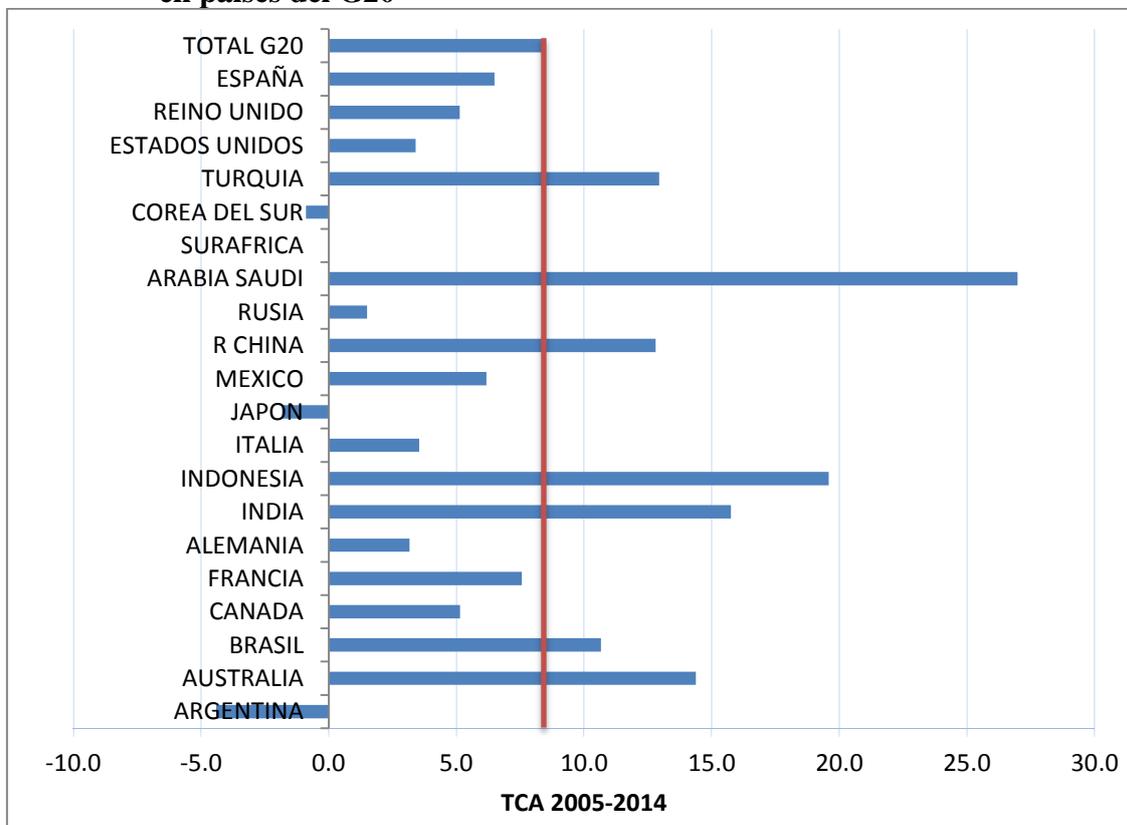
Gráfico 2.5 Tasas de crecimiento anual 2005-2014 de producción de artículos fuzzy por grupo regional



Nota: BRICK: Brasil, Rusia, India, China y Corea del Sur. G7: Alemania, Canadá, Estados Unidos, Francia, Italia, Japón y Reino Unido.

Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

Gráfico 2.6 Tasas de crecimiento anual 2005-2014 de producción de artículos fuzzy en países del G20

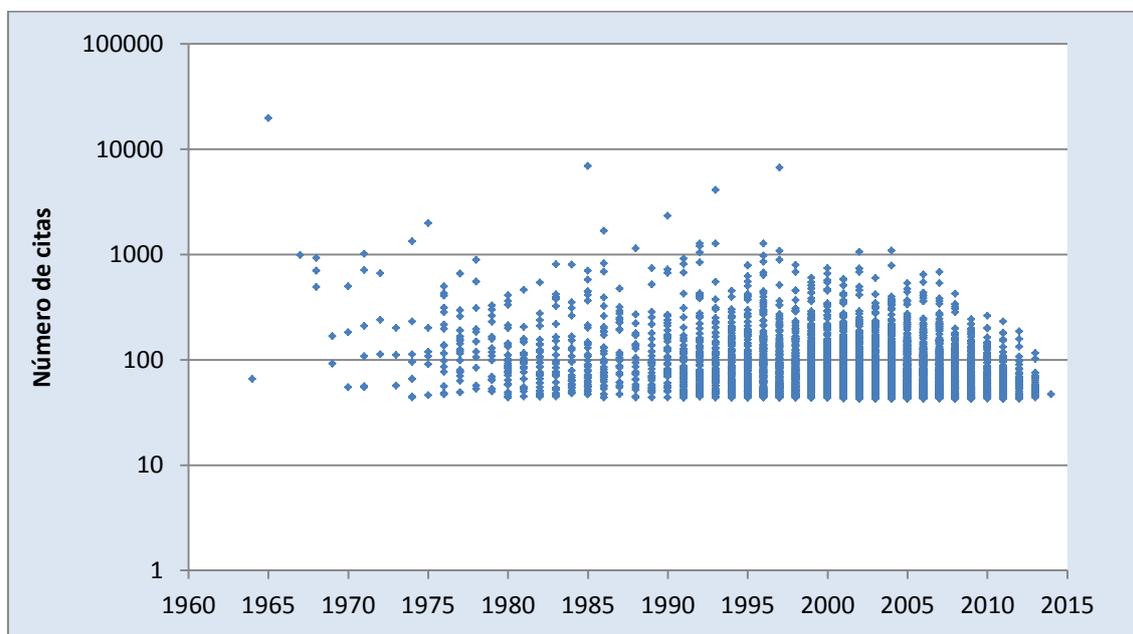


Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

En la gráfica 2.6, se puede ver el desempeño en detalle de los países que conforman el G20. Se encuentran muy por encima de la media Arabia, Indonesia, India, Australia, Turquía, China y Brasil. España junto con México y Francia, se encuentran ligeramente por debajo de la media, no siendo así para Argentina, Japón y Corea que registraron tasa negativas.

Analizando los cien artículos más citados a la fecha de corte diciembre de 2014, y como se aprecia en la gráfica 2.7, se podrían identificar tres grupos, aquellos que superan las 1000 citas, un segundo grupo entre 1000 y 100 citas y en tercer grupo en un nivel base aquellos que tienen menos de 100 citas. El documento más citado corresponde al trabajo más antiguo, y que es el documento pionero de los estudios en el campo, correspondiente al trabajo *Fuzzy Sets* de Zadeh (1965). El siguiente documento más citado aparece veinte años más tarde, y corresponde al trabajo de Takagi y Sugeno, y el tercero en número de citas aparece diez años más tarde -del anterior, correspondiente al trabajo de Decher; es decir 1985 y 1997, respectivamente. La mayor parte de documentos más citados a la fecha, se originaron en la década de 1995-2005. Se evidencia una gran cantidad de trabajos contemplados en diversas áreas.

Gráfico 2.7 Edad de los 5000 documentos más citados en lógica fuzzy



Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

En la tabla 2.15, se presenta las variaciones de la producción científica en fuzzy, en perspectiva comparada, mostrando a España dentro del contexto internacional. Se puede

apreciar como la TCA global (2005/2014), es superada por Oriente Medio y Norte de África, Asia del Sur, Asia Oriental y el pacífico y el grupo de los BRICK en su conjunto. La tasa de crecimiento de España en el período 05-14 es muy similar a la que registro en los primeros cinco años del período analizado. El menor crecimiento es registrado por el G7, cuya tasa ha quedado muy cercana a la que registro América del Norte.

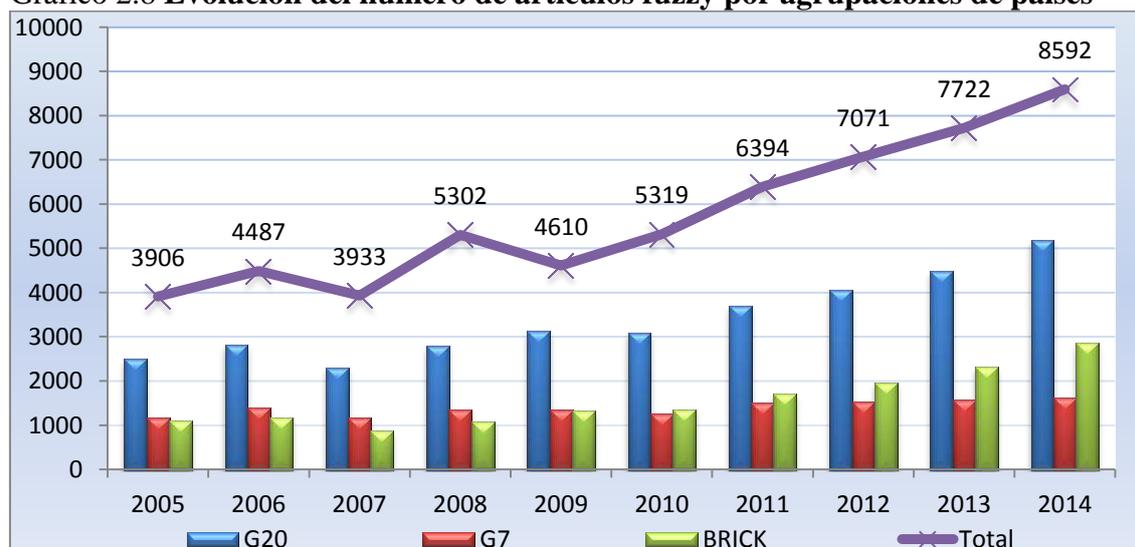
Tabla 2.15 **Producción científica fuzzy en perspectiva regional comparada, 2005-2014**

Región	Vari. 05-14 %	TCA 05-09	TCA 10-14	TCA 05-14
Asia Oriental y el pacífico	120,47	0,05	16,34	9,18
Europa y Asia Central	83,29	6,33	5,54	6,96
América Latina y el Caribe	95,61	2,74	15,34	7,74
Oriente Medio y Norte de África	506,70	17,22	21,89	22,18
América del Norte	41,34	3,63	5,54	3,92
Asia del sur	343,62	13,12	24,18	18,00
África Sub-Sahariana	52,63	2,53	7,15	4,81
España	76,19	6,11	4,73	6,50
G7	39,93	3,67	6,37	3,80
G20	107,54	5,83	13,86	8,45
BRICK	157,87	4,54	20,58	11,10
Total	119,97	4,23	12,74	9,15

Nota: G7: Alemania, Canadá, Estados Unidos, Francia, Italia, Japón y Reino Unido. BRICK: Brasil, Rusia, India, China y Corea del Sur. TCA: Tasa de crecimiento anual.

Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

Gráfico 2.8 **Evolución del número de artículos fuzzy por agrupaciones de países**



Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

En el gráfico 2.8, se visualiza como la mayor parte de documentos -como se esperaba, por su volumen, se registran en el G20; cabe destacar como la dinámica de crecimiento es impulsada por los países BRICK, los registros de BRICK para los años

2009,2010 están muy estables y se mantienen, ocurriendo lo mismo con G20. Para los años 2011-2014 se presenta incremento tanto para los países de BRICK, como para los del G20, sin embargo el incremento real obedece a los países BRICK, que también integran el G20.

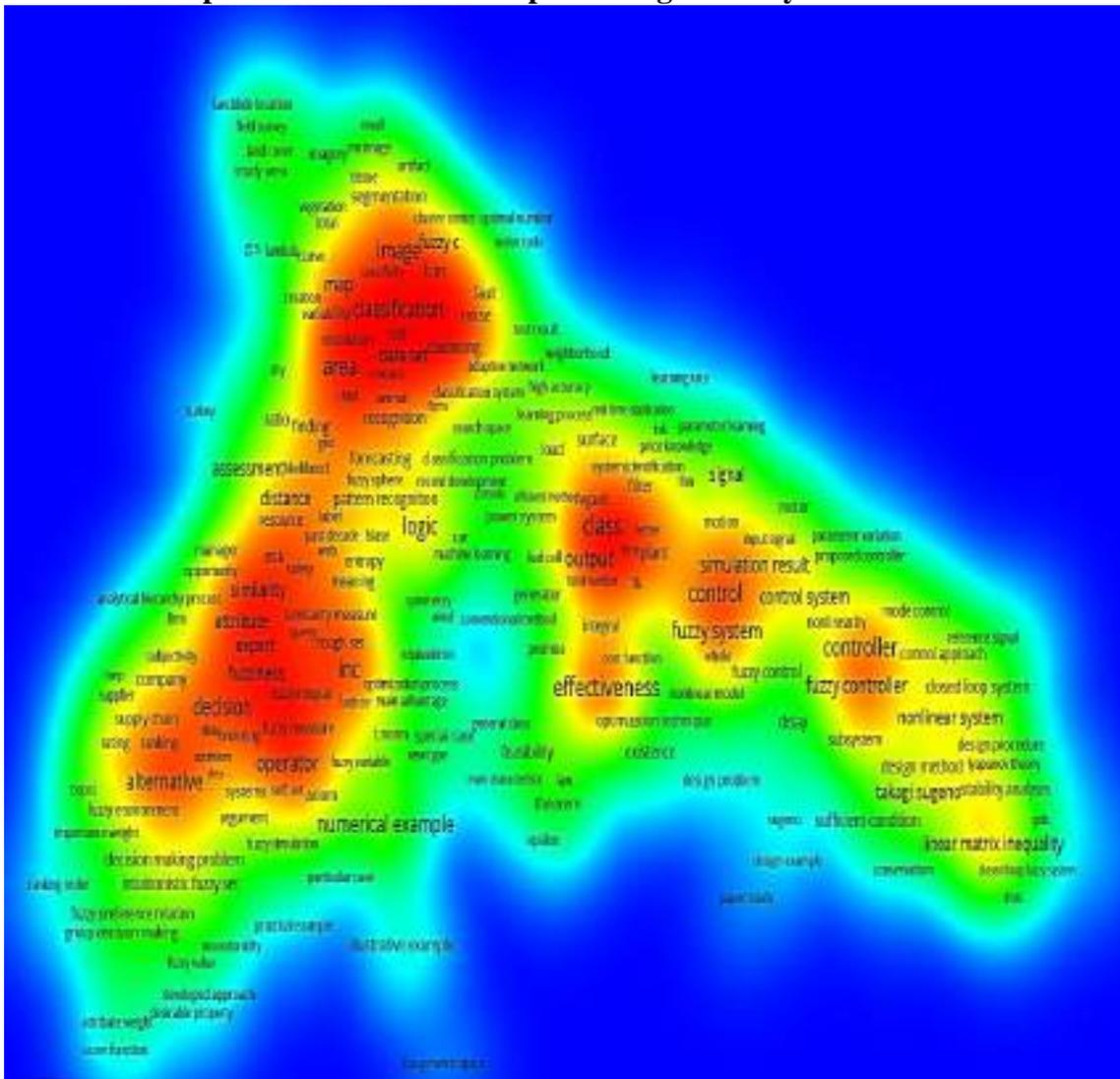
Tabla 2.16 Los 25 artículos más citados en Fuzzy Sets and Systems

T. citas	Título	Autor	Año
1361	Intuitionistic fuzzy-sets	Atanassov, Kt	1986
1133	Stability analysis and design of fuzzy control-systems	Tanaka, K; Sugeno, M	1992
1067	Structure identification of fuzzy model	Sugeno, M; Kang, Gt	1988
794	Toward a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzylogic	Zadeh, LA	1997
596	Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment	Chen, CT	2000
581	Fuzzy hierarchical analysis	Buckley, Jj	1985
485	Families of owa operators	Yager, Rr	1993
465	Linguistic decision analysis: steps for solving decision problems under linguistic information	Herrera, F; Herrera-Viedma, E	2000
410	A review of some methods for ranking fuzzy subsets	Bortolan, G; Degani, R	1985
407	Fuzzy-sets in approximate reasoning .I. Inference with possibility distributions	Dubois, D; Prade, H	1991
399	Fuzzy differential-equations	Kaleva, O	1987
384	The role of fuzzy-logic in the management of uncertainty in expert systems	Zadeh, La	1983
369	Monoidal t-norm based logic: towards a logic for left-continuous t-norms	Esteva, F; Godo, L	2001
359	Interval valued intuitionistic fuzzy-sets	Atanassov, K; Gargov, G	1989
349	Ranking fuzzy numbers with integral value	Liou, Ts; Wang, Mjj	1992
339	On a general-class of fuzzy-connectives	Yager, Rr	1980
337	Induction of fuzzy decision trees	Yuan, Yf; Shaw, Mj	1995
336	Ranking fuzzy numbers with maximizing set and minimizing set	Chen, Sh	1985
321	Integrating three representation models in fuzzy multipurpose decision making based on fuzzy preference relations	Chiclana, F; Herrera, F; Herrera-Viedma, E	1998
320	A model of consensus in group decision making under linguistic assessments	Herrera, F; Herrera-Viedma, E; Verdegay, JI	1996
318	Elementary fuzzy calculus	Goetschel, R; Voxman, W	1986
303	An identification algorithm in fuzzy relational systems	Pedrycz, W	1984
287	Vague sets are intuitionistic fuzzy sets	Bustince, H; Burillo, P	1996
281	Ten years of genetic fuzzy systems: current framework and new trends	Cordon, O; Gomide, F; Herrera, F; et al.	2004
270	Group decision-making with a fuzzy linguistic majority	Kacprzyk, J	1986

Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

La tabla 2.16, relaciona los veinticinco artículos más citados en la revista Fuzzy Sets and Systems. Ésta revista es un referente en el campo de la investigación fuzzy. Se puede apreciar como recoge en los primeros lugares a Sugeno, Yager y Zadeh, entre otros; donde se aprecia el artículo seminal de cada campo que el autor lidera. Es importante destacar el libro *Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms* de James C. Bezdek, el cual registro más de 15000 citas, según Google académico (consultado agosto/2015).

Gráfico 2.9 Mapa de densidad de conceptos de lógica Fuzzy



Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science. Software VOSviewer.

En el gráfico 2.9, se presenta un mapa de densidad para los conceptos fuzzy, el cual se obtuvo de una muestra de 5000 datos de la WoS con corte a 2014. La sorpresa es ver que no hay una correspondencia clara con algunos de los conceptos.

Se diferencian los diversos sub campos o problemáticas que se estudian en cada campo; en el lado izquierdo, destaca la mayor concentración para los sub campos de

decisiones, clasificación, operadores. En el lado derecho, con menos concentración, sistemas difusos, control difuso, eficacia, rangos, clasificación. El subconcepto de decisión refleja diversos tipos de problemas que se estudian en este campo tales como atributos, expertos, borrosidad, similitud, mediciones.

La información obtenida del mapa no coincide con la clasificación del campo. Al parecer, el campo no está estructurado de acuerdo a la técnica utilizada, sino a la problemática que se refiere en cada campo.

No se visualiza una clara separación de las problemáticas relacionadas, haciendo que algunos conceptos se consideren muy similares. Lo anterior obedece a que las técnicas utilizadas se puedan aplicar a diferentes problemáticas. Por ejemplo, los sub campos de clasificación y agrupamiento se encuentran dentro del mismo clúster.

2.3. Análisis bibliométrico del cambio climático¹⁶

En el presente apartado, se desarrolla el análisis bibliométrico para la variable, “cambio climático”; los datos se obtienen igualmente de Web of Science Core Collection.

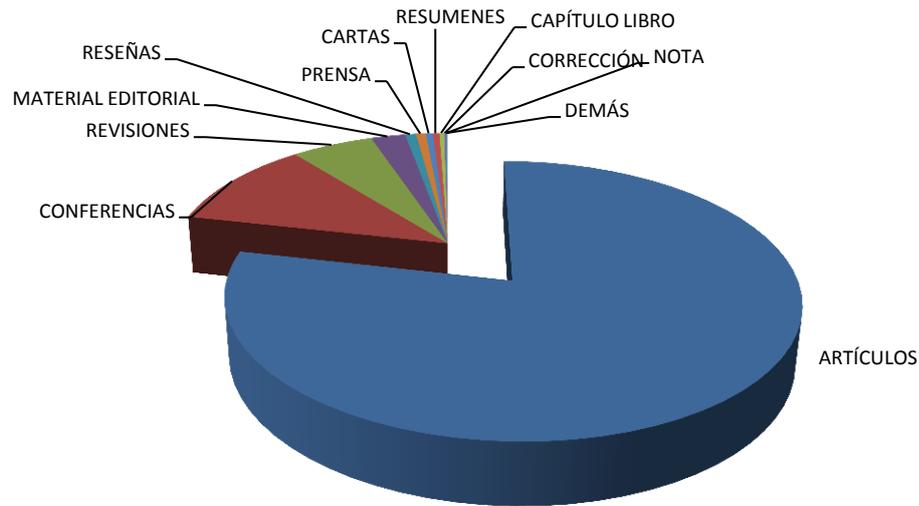
El análisis está comprendido para el período 1900-2015, sin embargo el período final a analizar correspondió a 1960-2015, las primeras seis décadas comprendidas entre 1900-1960 incluyen muy pocos registros que en su gran mayoría cubren áreas de la salud vinculadas a cambios en el clima.

En el proceso de búsqueda se ha seleccionado en el apartado tema la palabra clave “*climate change*”, obteniendo 166826 entradas, que corresponde al total de publicaciones del WoS. Se han seleccionado los registros correspondientes a artículos, revisiones, cartas y notas obteniendo 147332 registros. Efectuando el filtro para el período estudiado (1960-2015) se obtienen 147308 registros. La consulta se realizó durante la segunda mitad de julio de 2015 (el total de registros de la base de datos del WoS a la fecha de consulta superaba los 58,6 millones). En el gráfico 2.10 se pueden observar que hay más de 10 tipos de publicaciones en este campo. Algunos registros se han desestimado ya que no están relacionados con la investigación.

La palabra seleccionada corresponde a *Climate change*, obteniendo 147308 entradas, para el período comprendido de 1960-2015, una vez aplicados los respectivos filtros.

¹⁶ Una versión de este apartado, se presentará en The 24th International conference of *the Forum for Interdisciplinary Mathematics (FIM)*, a celebrarse en Barcelona, en noviembre de 2015.

Gráfico 2.10 Documentos de cambio climático por tipo en WoS



Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

La investigación en cambio climático ha mantenido un crecimiento constante, con marcada tendencia ascendente a partir del año 1988, cabe mencionar que la primera conferencia mundial sobre el clima se dio en el año 1979; diez años más tarde en el año 1988, se crea el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). El primer informe del IPCC se publica en el año 1990; a partir de 1990 y hasta la fecha el número de publicaciones ha presentado un notorio crecimiento anual, como se visualiza en la gráfica 2.10. Más de 5000 trabajos se publican cada año, situación que se evidencia claramente en los últimos diez años.

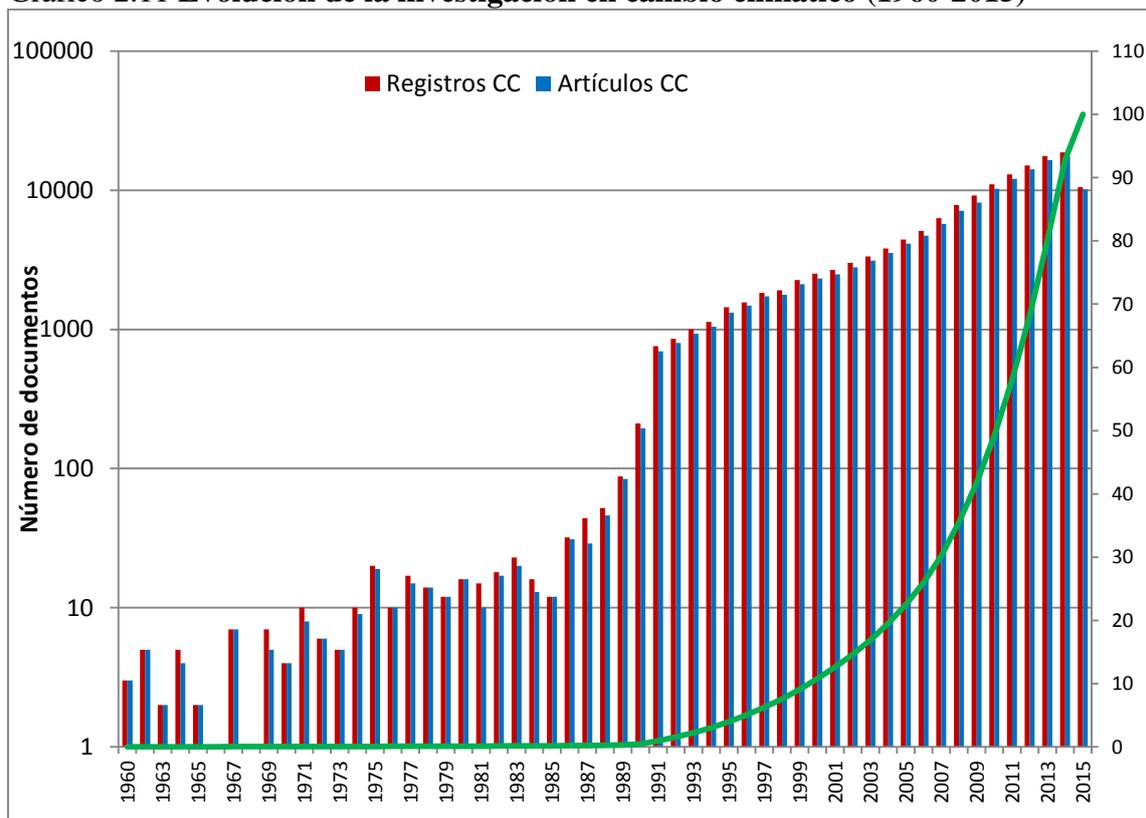
El crecimiento anual de trabajos en cambio climático, puede explicarse por: (i) el creciente interés por parte de la comunidad científica en el tema; (ii) preocupación por parte de los gobiernos por los impactos del Cambio climático (iii) los avances empíricos que se han desarrollado en el campo; (iv) evidencias y desarrollos por parte de expertos y; v) el gradual incremento del número de investigadores de diversas disciplinas en el campo.

La proporción de artículos del total de trabajos publicados cada año ha permanecido estable, la cantidad de producción científica dista muy poco de la cantidad de artículos que se publican cada año.

El incremento de producción en CC se ha dado en los último 25 años; del total de producción en el campo al año 1991 apenas se acercaba al 1%, superando el 10% en el año 2000, el 30% para el año 2007 y llegando al 50% en el año 2010; logrando superar

levemente el 80% al año 2013. Realmente el mayor incremento se ha presentado en los últimos cinco años es decir en el período 2010-2015, como se puede evidenciar y visualizar en el gráfico 2.11, en este período se generan una cantidad de documentos superior al total de producción acumulada al año 2009; las publicaciones de los últimos cinco años acumulan un 58% de la producción total analizada.

Gráfico 2.11 Evolución de la investigación en cambio climático (1960-2015)



Nota: La gráfica muestra el número de publicaciones anuales en investigación de cambio climático, a partir del año 1960 hasta 2015; las barras rojas indican el número total de documentos de cambio climático publicados cada año en la WoS; las barras azules corresponden al número total de artículos de cambio climático publicados cada año en la WoS. La línea verde muestra las frecuencias relativas acumuladas.

Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

Se estima que el 95% de las citas mundiales se encuentran indexadas en la WoS. En la tabla 2.17, se presenta una evaluación de las citas en el campo de cambio climático; se presenta una clasificación de todos los documentos, atendiendo al parámetro de citas, teniendo en cuenta el número de citas, los valores relativos en cada rango, el valor del límite superior y el valor del límite inferior en cada rango y la posición que ocupa el límite superior de cada rango. Así mismo en el gráfico 2.12, se aprecia los valores máximos y mínimos para cada una de las categorías de citas presentadas.

Tabla 2.17 **Tipología de la citación general de cambio climático en WoS**

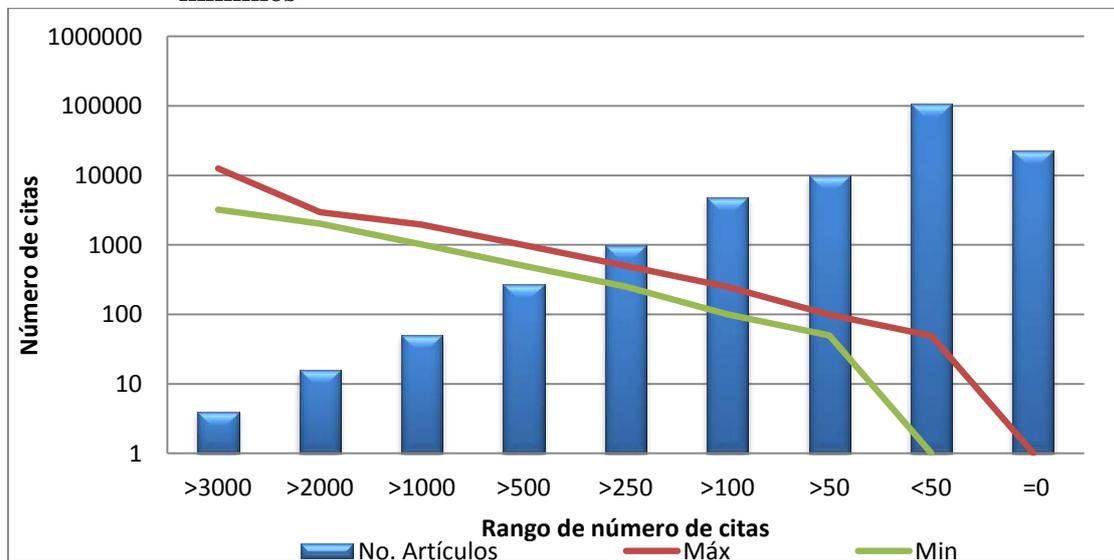
Número de citas	No. Artículos	%	Máx	Min	Posición
Mayores a 3000	4	0,003	12603	3200	1
2000 – 2999	16	0,011	2959	2024	5
1000 – 1999	50	0,034	1945	1014	21
500 – 999	277	0,188	993	500	71
250 – 499	992	0,673	499	250	348
100 – 249	4740	3,217	249	100	1340
50 – 99	10106	6,859	99	50	6080
1 – 49	108093	73,367	49	1	16186
Sin citas	23054	15,648	0		124278

Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

Solo cuatro trabajos han recibido más de 3000 citas, el trabajo más citado ha presentado 12603 entradas; el 2.5% de las publicaciones tienen más de 100 citas. El mayor número de publicaciones se encuentran en el rango de citas entre 1 y 49. Hay un alto número de publicaciones que no registra citas y obedece al 16% del total de trabajos.

Analizando el campo de cambio climático, el índice H^{17} global fue 443. Concretamente, 443 trabajos han recibido al menos 443 citas, para el período analizado.

Gráfico 2.12 **Estructura de citas de cambio climático en WoS, valores máximos y mínimos**



Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

El número de revistas que agrupa publicaciones de cambio climático es amplio, se ha encontrado un gran número de revistas que tienen dedicación exclusiva en el campo.

¹⁷Hirsch, JE (2005) *An index to quantify an individual's scientific research output*. El índice-H, es una medida de impacto acumulativo de la producción investigadora.

Otra categoría son aquellas que publican ocasionalmente documentos. Las revistas con publicaciones en cambio climático, incluye las que son influyentes y otras que son nuevas pero con un enfoque claro en el campo. En la tabla 2.18, se listan las 25 primeras revistas atendiendo al parámetro de número de documentos. Destacando que las primeras cinco posiciones registran cantidades muy similares y principalmente en los campos de geofísica. Nature que se esperaba que ocupara algunas de las primeras posiciones, lo encontramos en la posición 19.

Tabla 2.18 Revistas de impacto en cambio climático

Título	Núm. Artículos	Partic. %
JOURNAL OF CLIMATE	2993	2,04
GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS	2762	1,88
CLIMATIC CHANGE	2509	1,71
JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH ATMOSPHERES	2479	1,69
GLOBAL CHANGE BIOLOGY	2232	1,52
PLOS ONE	2040	1,39
PALAEOGEOGRAPHY PALAEOCLIMATOLOGY PALAEOECOLOGY	1709	1,16
CLIMATE DYNAMICS	1666	1,13
QUATERNARY SCIENCE REVIEWS	1645	1,12
INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY	1199	0,82
QUATERNARY INTERNATIONAL	1171	0,80
PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA	1160	0,79
JOURNAL OF HYDROLOGY	1108	0,75
ENERGY POLICY	1066	0,73
GLOBAL AND PLANETARY CHANGE	1004	0,68
FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT	976	0,66
HOLOCENE	956	0,65
NATURE	920	0,63
CLIMATE RESEARCH	839	0,57
EARTH AND PLANETARY SCIENCE LETTERS	828	0,56
HYDROLOGICAL PROCESSES	825	0,56
QUATERNARY RESEARCH	800	0,54
ATMOSPHERIC CHEMISTRY AND PHYSICS	784	0,53
PALEOCEANOGRAPHY	771	0,52
ECOLOGICAL MODELLING	755	0,51
SCIENCE	742	0,51

Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

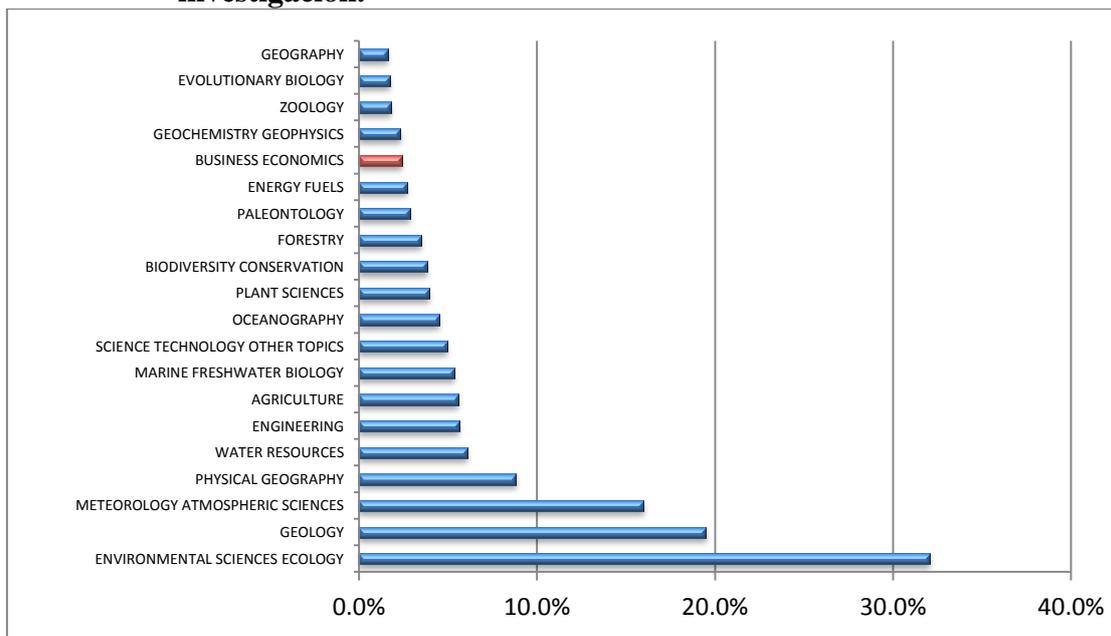
En las tablas siguientes se presentan las primeras posiciones para la clasificación, autor y país.

Tabla 2.19 Clasificación por autor – Top 25 de artículos de cambio climático

Autor	No. Doc.	Partic. %
ZHANG Y	223	0.15
WANG Y	203	0.14
LI Y	180	0.12
CIAIS P	174	0.12
ZHANG Q	166	0.11
WANG J	163	0.11
CHEN J	162	0.11
LIU Y	160	0.11
ZHANG L	159	0.11
SMITH P	158	0.11
PENUELAS J	157	0.11
CHENG H	146	0.10
WANG H	140	0.10
CHAPIN FS	139	0.09
THUILLER W	138	0.09
LI J	136	0.09
PRENTICE IC	135	0.09
WANG L	134	0.09
WANG B	133	0.09
WANG HJ	130	0.09
MCGUIRE AD	128	0.09
SMOL JP	128	0.09
GIORGI F	127	0.09
ZHANG J	127	0.09
JONES PD	124	0.08

Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

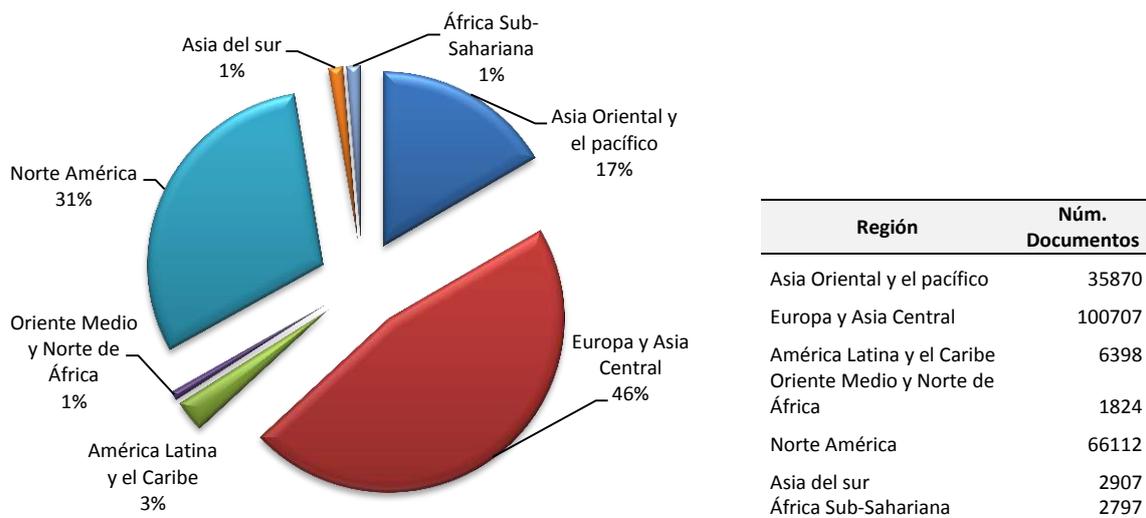
Gráfico 2.13 Distribución de la investigación en cambio climático por área de investigación.



Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

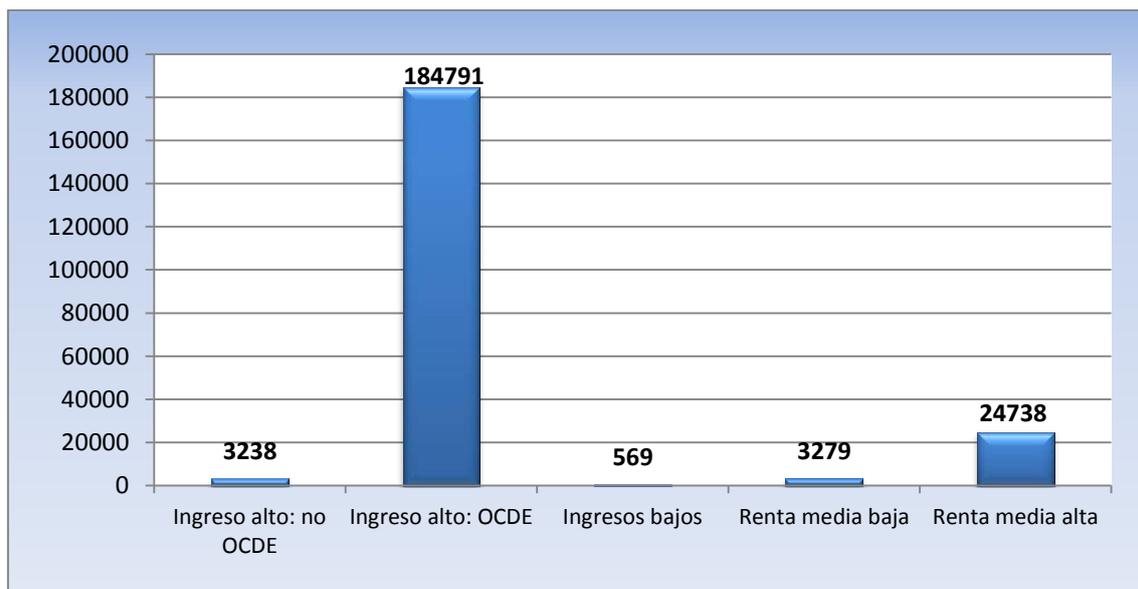
En el gráfico 2.13, observamos la distribución de las áreas de investigación en cambio climático, donde persisten las áreas de ciencias naturales. Es importante la ubicación que ocupa el campo de Economía (16), donde se confirma la importancia y el crecimiento de este campo para la investigación en cambio climático. El informe Stern, publicado en el año 2006, es el primer estudio en economía del cambio climático, que se registra.

Gráfico 2.14 Número de documentos en cambio climático por región



Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

Gráfico 2.15 Número de documentos en cambio climático por grupo de ingresos

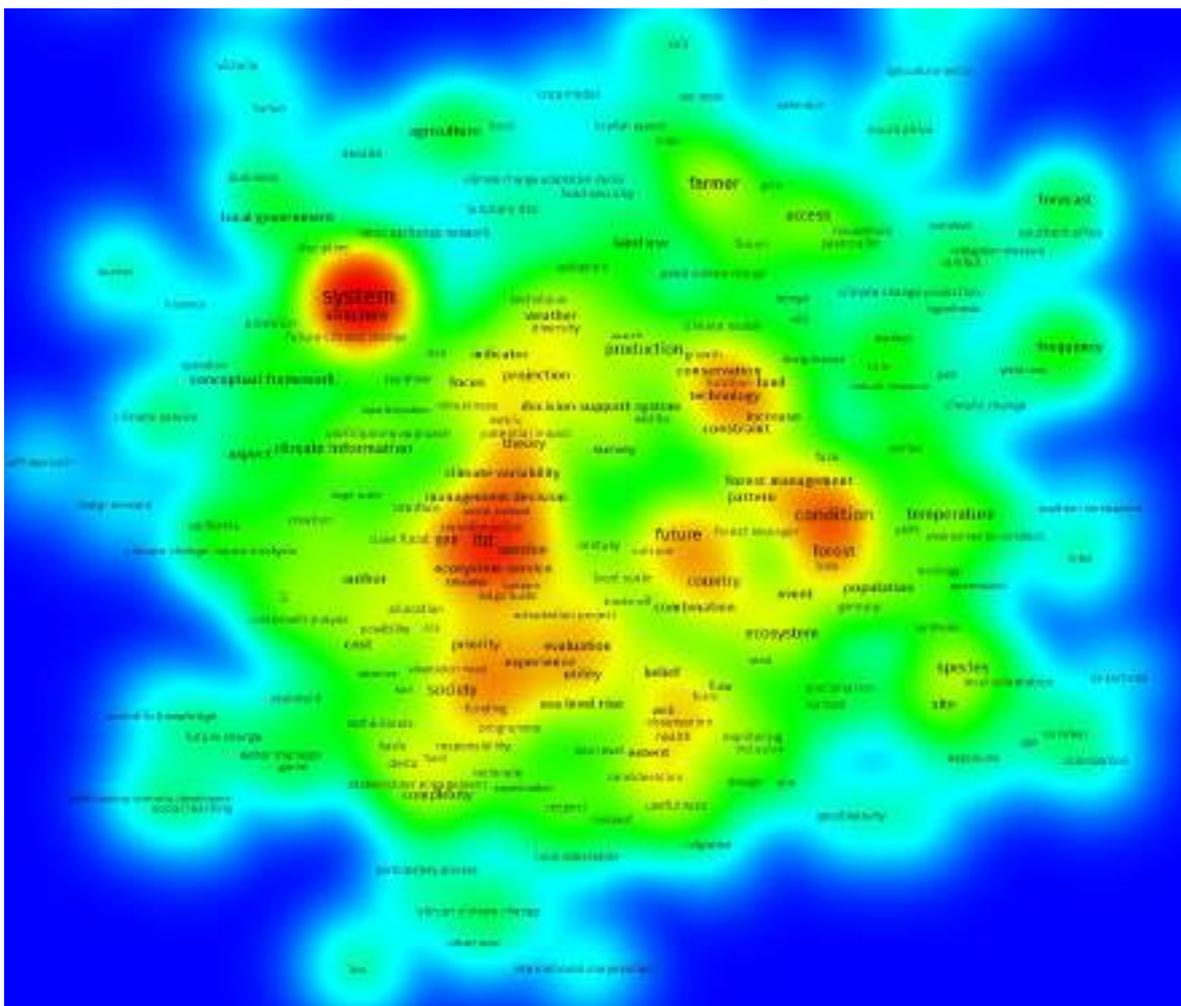


Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science

La producción de documentos en cambio climático por región, está concentrada en dos regiones, Europa y Asia Central y Norteamérica; las dos producen cerca del 85% de la producción mundial (gráfico 2.14). En contrario encontramos a Oriente medio y Norte de África, que tienen el menor número de documentos.

Cuando se realiza la comparación por grupos de ingresos, como se puede visualizar en el gráfico 2.15, el mayor número de documentos lo registra el grupo de “Ingreso alto: OCDE”; el menor registro lo presentan los países de ingresos bajos. Sería importante validar con otros estudios, si el escaso número de producción en países de ingresos bajos, corresponde a falta de inversión en investigación o a que no son prioritarios en las agendas de gobierno de estos países. Los fondos y recursos que la comunidad internacional destina en materia de cambio climático, están encaminados a financiar el desarrollo de iniciativas, para enfrentar los impactos en los países más vulnerables.

Gráfico 2.16 Mapa de densidad conceptual para “cambio climático y soporte a decisiones”



Fuente: Elaboración propia a partir de Web of Science. Software VOSviewer.

El gráfico 2.16, muestra un mapa de densidad representando los conceptos “climate change y decision support”. Se han seleccionado del WoS los documentos que obedecían a estos parámetros, obteniéndose una muestra de 202 registros. Para la obtención del mapa se utilizaron los conceptos que se encontraban tanto en el título como en el resumen de cada documento de los 202 registros.

Se observan cuatro clúster diferenciados y un tanto disperso cada uno. Destaca la mayor concentración para el sub campo Sistemas que involucre elementos de previsión, estructura, futuros. Otro grupo corresponde a gestión de decisiones, variabilidad climática, servicios ecosistémicos, transformaciones, métricas. Otro grupo corresponde a condiciones e incluye gestión de bosques, pérdidas. Otro grupo liderado por tecnología incluye, funciones, tierra, crecimiento, conservación. No se observa una clasificación muy definida, al contrario se percibe un panorama muy amplio de aplicación para cada problemática, sin que aún se puedan definir o separar grupos, igualmente la muestra obtenida es muy pequeña.

MARCO CONCEPTUAL

3.1. Teoría de la decisión en la incertidumbre

3.1.1. Introducción a la teoría de la decisión

La teoría de la decisión proporciona una manera útil de clasificar modelos para la toma de decisiones. Se supondrá que se ha definido el problema, que se tienen todos los datos y que se han identificado los cursos de acción alternativos. La tarea es entonces seleccionar la mejor alternativa. La teoría de decisiones argumenta que esta tarea de hacer una selección caerá en una de cuatro categorías generales dependiendo de la habilidad personal para predecir las consecuencias de cada alternativa.

Cuando tomamos una decisión solo se debe pensar en la alternativa que genere mayor beneficio, siendo esta muy compleja de observar en escenarios inciertos a contrario de los ciertos que ya las evidencias estarían demostrando el camino de éxito o fracaso que se seguirá es decir que los resultados siempre serian conocidos e invariables.

Todos sin lugar a duda desde que nos levantamos estamos tomando decisiones, muchas de estas recaen sobre factores visibles y predecibles, es decir sobre escenarios ciertos; pero otro tanto no; ya que se presentan diferencias en los efectos o en la magnitud de esta. Para los empresarios se constituye en el gran reto o factor clave o tal vez en la mayor responsabilidad; por lo que las organizaciones recaen en el gravísimo error de suscribirla a un departamento y hasta a una sola persona y peor aún en un solo espacio de tiempo como una tarea más de los departamentos de planeación a so pena de los que no la contemplan.

La toma de decisiones por lo tanto no resulta ser una tarea fácil, con un alto impacto de desacierto cuando se presenta en escenarios cambiantes donde se desarrolla la actividad empresarial, como consecuencia de las actividades generadas por el ser humano, manifiestas en cada uno de los múltiples comportamientos que proyectan un horizonte colmado de incertidumbre.

La exigencia misma de la internacionalización de las empresas, como consecuencia de la competencia, hace más perentoria la necesidad de evolucionar con mayor

velocidad, para adaptarse a las condiciones que el mercado actual propone. La crisis mundial con variables tan complejas e inciertas, pide a gritos un replanteamiento desde la misma estructura organizacional, muchas veces, trastocada por los distintos intereses entre departamentos y la dificultad para orientar y controlar las actividades que se desarrollan actualmente, es necesario un cambio de estilo de dirección, basado en una teoría que trate de explicar el nuevo esquema mundial: “un mundo cambiante”. Las teorías tradicionales de decisión estarían en revisión en vista de los nuevos retos de la economía, la política y el mismo estado. Las expectativas actuales se encuentran impregnadas de modelos pasados, a so pena que han aportado en condiciones poco dinámicas; en las presentes circunstancias aún se puede decidir con un grado de dificultad relativamente alto. La exigencia de los esquemas actuales son de mayor creatividad y capacidad de los agentes decisores para conseguir esquemas capaces de realizar un tratamiento a los acontecimientos fundamentados en la incertidumbre.

A futuro se generaran estructuras de ordenación en que muchas variables serán consideradas por sus niveles y por sus posiciones. Con seguridad que en un futuro inmediato se sustituirán un gran número de pautas, por el reto de encontrar nuevos caminos dentro de un inmenso abanico de posibilidades con un alto grado de flexibilidad de adaptación; se trata por lo tanto de adaptar todas aquellas variables a las condiciones actuales y a la nueva visión de las personas.

Frente al profundo ambiente de lo incierto y a la dificultosa capacidad de reacción frente a los cambios, ya sean estos fenómenos de la naturaleza, el entorno económico, empresarial, político, social, financiero; el ser humano con sus actos y con su creatividad e inventiva posibilitan el tratamiento de una teoría de decisión de incertidumbre con la oportunidad de aplicación de diversas técnicas de gestión aplicables en el campo de la teoría de los números borrosos.

Se ha repetido en muchas ocasiones, que el saber científico no debe explicar y tratar el universo que nos gustaría vivir sino el que realmente vivimos (Gil Aluja, J.: La incertidumbre en la economía y gestión de empresas - Congreso Blanes sep-1994). Para ello es necesario revisar en profundidad aquellos conocimientos, fundamentados en leyes ciertas que describen un mundo estable y crear una nueva estructura del pensamiento basada en desequilibrios y equilibrios inestables que conducen a la incertidumbre.

Hay que aceptar la incertidumbre como forma de comprender los rápidos y sucesivos desequilibrios que tienen lugar entre las interacciones de los enfrentamientos buscados

por los agentes sociales y económicos. Frente a un mundo de incertidumbres, ya no tienen cabida las rígidas especializaciones, sino el fomento de la imaginación, creadora de espíritus flexibles y adaptativos.

La ciencia económica como tal aparece de forma tardía y el pensamiento que gira a su entorno se estructura, inicialmente, con base a una matemática mecanicista entre 1880 y 1914. En contrapartida el hombre resulta atrapado por unas leyes que le llevan indefectiblemente a un futuro predeterminado. A pesar que estas leyes continúan imperando aún hoy, en muchos ámbitos de la actividad científica empresarial, se proclaman nuevas formas de enfocar los problemas, destacando la insuficiencia del mecanicismo para explicar los fenómenos y comportamientos de la sociedad en emergencia. Es a partir de la segunda guerra mundial donde el sujeto económico tiene oportunidad de elegir libremente su futuro, donde se hace protagonista activo de una cadena inmodificable, es necesario replantear de nuevo el empleo de las técnicas normalmente utilizadas para el tratamiento de los fenómenos por ellas provocados que, de tan cambiantes, se han convertido en inciertos.

El concepto de decisión constituye uno de los términos que se utilizan con mayor frecuencia en el ámbito de las ciencias económicas. Para muchos la economía es la ciencia de la decisión. Diversos problemas surgen como consecuencia de la ausencia de una plataforma de futuro suficientemente estable para fijar procesos de elección con base a la previsión de magnitudes que puedan permitir, acotar convenientemente el devenir de los acontecimientos.

Las dificultades de previsión y estimación, van aumentando cada vez más a consecuencia del reciente clima de incertidumbre.

En el ámbito decisional, se han logrado de manera parcial elementos capaces de llegar a un adecuado tratamiento de los fenómenos cuando estos suceden de manera poco precisa que no somos capaces de acotar numéricamente, las magnitudes resultantes de la actividad decisoria.

Decidir es tomar partido por una alternativa frente a otra u otras; los estudios económicos y de gestión se han desarrollado, en gran parte con la búsqueda de elementos capaces de dar pautas a aquellos en quienes recae la tarea de pasar de los planteamientos a su ejecución. Nos acostumbramos a disponer, de una cifra en el momento de tomar una decisión. Hemos asociado el número con el nivel de apreciación generando de este un matrimonio. El análisis numérico se puede utilizar en la certeza y el azar, pero también en la incertidumbre; en nivel de apreciación en cambio, se ve

necesitado de una estructura suficientemente sólida para poder enfrentarse a los planteamientos más generales.

Con el principio de la simultaneidad gradual se deja manifiesto de una gran variedad de desarrollos lógicos, como es el caso de los operadores lógicos de inferencias.

La transformación de los modelos tradicionales de carácter numérico al campo de la incertidumbre, basada en la sustitución de números precisos por números inciertos, los hacen más aptos para el tratamiento de la realidad. Aquellos conceptos que exigen inevitablemente ser expresados numéricamente (en la certeza o en la incertidumbre) han ido dejando protagonismo por la dificultades de expresarlas objetiva y hasta subjetivamente, habida cuenta del contexto cada vez más incierto en el cual se inscriben.

Una vez acotados los contenidos de los eslabones del conocimiento para hacer frente a los cada vez más importantes componentes de la incertidumbre inherentes a los procesos de adopción de decisiones.

Describiremos los elementos que constituyen el soporte del acto decisonal; relación, asignación, agrupación y ordenación. El estudio del campo decisonal en las ciencias sociales pone de manifiesto que en la práctica totalidad de los casos la adopción de decisiones tiene lugar bien para establecer una relación, bien para afectar una “cosa” a otra “cosa”, bien para realizar agrupaciones, casi siempre homogéneas, (las cuales sirven también para separar los grupos formados) o bien para establecer un orden de prioridades, unas veces de mejor a peor (de más a menos), otras veces en sentido inverso. En cualquier caso, uno de estos elementos se hace presente en los momentos en los cuales los hombres de acción deben asumir sus responsabilidades.

3.1.2. Lógica borrosa

Si quisiéramos decir con precisión el color de alguna “cosa-objeto” deberíamos recurrir a la estadística: 23% v, 42% n y 35% z. Aun así, ¿estaríamos describiendo con precisión su color? En esta “cosa-objeto” seguramente hay más de tres colores, hay muchas tonalidades, así que debemos indagar más: 17% va, 6% vy, 21% nx, 21% ny... Además, habría que decir que el color depende también de factores externos: por ejemplo, la luminosidad. Por la noche los tonos serán más oscuros y por el día más claros. Las cosas no tienen un color permanente definido.

Precisamente esto es lo que imputa a la lógica borrosa o Fuzzy Logic: en nuestra vida cotidiana utilizamos el lenguaje de forma binaria. Las “cosas” son un color x o y, buenas o malas, oscuras o claras, grandes o pequeñas, cubiertas o no cubiertas... cuando sabemos que en realidad no es así. La lógica aristotélica era bivalente, sólo aceptaba dos valores de verdad. La lógica borrosa pretende subsanar esta limitación aceptando muchos valores de verdad, por eso también se la llama lógica multivalente. Las cosas no son ni verdaderas ni falsas, sino “*Posiblemente verdaderas*”, “*Casi, casi verdaderas*” o “*Muy poco verdaderas*” al igual que una cosa puede ser “un poco mala”. No obstante podría objetarse que en nuestro lenguaje cotidiano utilizamos la lógica bivalente por un principio de economía. Si cada vez que tuviéramos que hablar del color de algo tuviésemos que mencionar todas sus tonalidades cromáticas, tardaríamos horas en pronunciar la expresión.

La lógica borrosa se hace muy interesante al ser aplicada. Durante los años 60 del siglo pasado, dominó en psicología lo que se llamó conductismo. Sus máximos representantes, J.B. Watson y Burrhus Skinner, entendieron el comportamiento humano mediante el binomio estímulo-respuesta. En un alarde de ingenuidad, pensaron que *sería posible predecir la conducta de cualquier ser humano*, simplemente, estudiando las conexiones entre los diversos estímulos que nos acechan y las respuestas que les damos. Pronto se encontraron con la complejidad y aparente indeterminación de nuestra conducta: ante los mismos estímulos se daba gran cantidad de respuestas diferentes y viceversa. Era prácticamente imposible establecer leyes pues no había patrones de conducta que se repitieran concluyentemente.

¿Quién ha dicho que para predecir la conducta humana haya que seguir férreas leyes bipolares? La lógica borrosa puede ser un modelo más interesante a la hora de aplicarse a mecanismos de decisión que la lógica binaria de Skinner. Supongamos que queremos diseñar un coche que conduzca sólo, sin nadie al volante. Nuestro prototipo es muy sencillo: sólo gira unos grados a la derecha o a la izquierda en función de las órdenes que reciba de un sensor que detecta los bordes de la carretera. Si utilizamos lógica binaria, nuestro coche, cuando detecta el borde de la carretera a la izquierda gira unos grados a la derecha. Si sigue detectando gira más y más hasta que deja de detectarlo. Perfecto, nuestro coche no se estrella pero si contemplamos su recorrido, es tosco, lleno de largas líneas rectas que giran formando ángulos rectos. El recorrido parecerá muy robótico.

Ahora, supongamos que el coche funciona utilizando lógica borrosa. Cuando detecta el borde izquierdo, sólo gira a la derecha el 75% de las veces (“muchas posibilidades de ser verdadero”). Cuando observemos el recorrido realizado veremos que es más curvo, más natural, más propio de un ser vivo que de un robot. Es interesante que en esto se introduzca la idea de que el error no es algo que hay que evitar a toda costa. Hay veces que nuestro coche gira a la derecha cuando el borde está a la derecha, acercándose al desastre, pero no pasa nada, pues la naturaleza no es perfecta, acepta el error.

Los humanos, como seres vivos que somos, igualmente utilizamos la lógica borrosa en nuestra toma de decisiones. Cuando conducimos, por ejemplo, no siempre giramos al mismo tiempo cuando nos acercamos al borde de la carretera: unas veces lo hacemos antes, otras después, corregimos, retroalimentamos... de modo borroso; de tal forma que sería imposible que realizáramos dos veces exactamente la misma ruta. En nuestra conducta, la incorporación del error es algo esencial. Sin él no habría tentativa, no habría opciones mejores que otras, en definitiva, no habría aprendizaje.

3.1.3. Elementos de la teoría de la decisión en la incertidumbre

3.1.3.1. Relación

El fenómeno de la relación forma parte consustancial de la vida social, económica y de la actividad de las empresas. Los individuos que forman círculos dentro de los cuales realizan la totalidad de sus actividades vitales. La característica de cada uno de estos vínculos es que un sujeto cualquiera es capaz de relacionarse con todo otro sujeto, de manera directa o a través de otros sujetos.

Relación es todo tipo de asociación capaz de poner en evidencia los niveles de conexión existente entre los objetos físicos o mentales pertenecientes a un mismo conjunto o entre objetos de distintos conjuntos. La vida se desarrolla en el interior de cada círculo unas veces aumentando el nivel de la relación, otras veces reduciendo la fuerza de la conexión. El objeto de las ciencias económicas y de gestión consiste en comprender, explicar y tratar los fenómenos. Una vez comprendidas la naturaleza y contenido de las relaciones, el problema se centrara en la explicación, es decir, la manera cómo se pueden formalizar estas conexiones. Se tendrá en cuenta que un grafo es una topología combinatoria, un retículo es un grafo y un algebra, sea booleana o borrosa, adopta la estructura reticular. Al incorporar el concepto de grafo, se permite desarrollar la idea de relación entre una parte de los elementos del conjunto producto,

con fructíferos resultados. Es aquí donde a partir de un grafo borroso, mediante adecuados algoritmos, donde se conoce si existe un solo círculo de relaciones o varios círculos de relaciones. Al analizar la variación de las intensidades, niveles o fuerza de las relaciones, cuando surgen particularidades que es necesario tener en cuenta a la hora de representar fielmente las realidades sociales, económicas y de gestión.

Planteamos de manera general, la existencia de un conjunto de elementos:

$$E_1 = \{ a_1, a_2, \dots, a_n \}$$

Entre los cuales puede existir cierto tipo de relación a un determinado nivel. También es posible que la relación tenga lugar, así mismo a un cierto nivel, entre cada uno de los elementos de este conjunto E_1 con los de otro conjunto E_2 :

$$E_2 = \{ b_1, b_2, \dots, b_m \}$$

La mayor o menor fuerza de la relación puede ser expresada mediante unos valores $\mu_{ij} \in [0, 1]$ tales que a medida que se intensifica la relación de a_j con b_j , μ_{ij} va acercándose a la unidad y se aproxima a cero cuando ésta se va debilitando; denominaremos conjunto producto a todas las relaciones posibles entre E_1 y E_2 , y su representación sería: (matricial)

	b1	b2	...	bm
a1	$\mu_{a1, b1}$	$\mu_{a1, b2}$	...	$\mu_{a1, bm}$
a2	$\mu_{a2, b1}$	$\mu_{a2, b2}$	...	$\mu_{a2, bm}$
...
an	$\mu_{an, b1}$	$\mu_{an, b2}$	...	$\mu_{an, bm}$

en donde $\mu_{ij} \in [0, 1]$

$$I = a_1, a_2, \dots, a_n$$

$$j = b_1, b_2, \dots, b_m$$

Con objeto de simplificar la nomenclatura, se acostumbra a sustituir $\mu_{a_1 b_1}$ por μ_{11} ; $\mu_{a_1 b_2}$ por μ_{12} , ... $\mu_{a_n b_m}$ por μ_{nm} .

Casos particulares:

- a. Cuando los elementos relacionados pertenecen al mismo referencial E, tal que $E_1 = E_2 = E$, el conjunto referencial $E \times E$ reflejará la relación de los elementos del referencial con ellos mismos:

	a1	a2	...	an
a1	μ_{11}	μ_{12}	...	μ_{1n}
a2	μ_{21}	μ_{22}	...	μ_{2n}
...
an	μ_{n1}	μ_{n2}	...	μ_{nn}

en donde:

$$\mu_{ij} \in [0, 1], \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

b. Cuando surge el supuesto que los valores μ_{ij} se limitan a $\{0, 1\}$, no existe matización en cuanto a la “intensidad” de la relación y, por tanto la relación existe o no existe; el conjunto producto $E_1 \times E_2$ vendrá dado por todas las posibles relaciones, será siempre $\mu_{ij} = 1, i= 1, 2, \dots, n; j= 1, 2, \dots, m$:

	b1	b2	...	bm
a1	1	0	...	1
a2	1	1	...	0
...
an	1	1	...	1

c. Cuando se consideran simultáneamente ambas restricciones; se llega a un caso muy específico en el estudio de las relaciones: las de los elementos de un conjunto referencial con ellos mismos. Se prescinde de cualquier matización en cuanto a la intensidad o fuerza de la relación:

	a1	a2	...	an
a1	1	1	...	0
a2	1	1	...	1
...
an	0	1	...	1

Supongamos que se realiza una bipartición del producto $E_1 \times E_2$ recogiendo en un conjunto G una parte de los elementos del conjunto $E_1 \times E_2$, es decir:

$$G \subset E_1 \times E_2$$

Quedarán el resto de elementos de $E_1 \times E_2$, que llamaremos \bar{G} , para los cuales también será, evidentemente:

$$\bar{G} \subset E_1 \times E_2$$

Por la propia formación de G y \bar{G} , se cumplirá:

$$G \cup \bar{G} = E_1 \times E_2, \quad G \cap \bar{G} = \emptyset$$

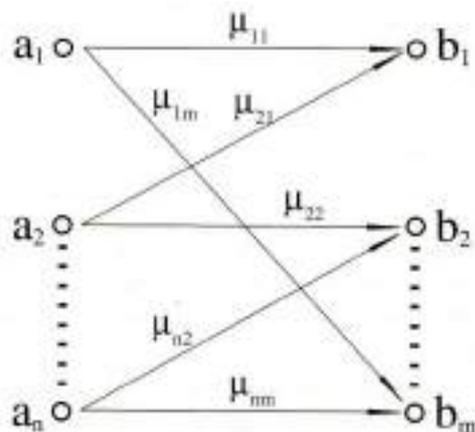
Es decir, la unión de ambos conjuntos forma el referencial del conjunto producto y su intersección da lugar al conjunto vacío. Grafo (G) es el subconjunto del conjunto producto, donde no hay relaciones entre todos los elementos. Así, un grafo de $E_1 \times E_2$ en forma de matriz será:

	→	b_1	b_2	...	b_m
[G] =	a_1	μ_{11}	0	...	μ_{1m}
	a_2	μ_{21}	μ_{22}	...	0

	a_n	0	μ_{n2}	...	μ_{nm}

$\mu_{ij} \in]0, 1]$
 $i = 1, 2, \dots, n$
 $j = 1, 2, \dots, m$

En forma sagitada el grafo sería:



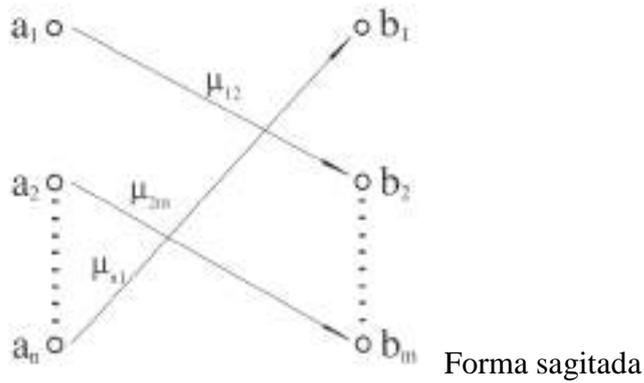
También \bar{G} es un grafo y su representación, es:

	→	b_1	b_2	...	b_m
[\bar{G}] =	a_1	0	μ_{12}	...	0
	a_2	0	0	...	μ_{2m}

	a_n	μ_{n1}	0	...	0

$\mu_{ij} \in]0, 1]$
 $i = 1, 2, \dots, n$
 $j = 1, 2, \dots, m$

Forma matricial



Los ceros aparecen explícitamente en la matriz e implícitamente en la forma sagitada al prescindir de los correspondientes arcos.

Propiedades

1. Reflexiva: En muchas ocasiones y como consecuencia de que, por construcción, los elementos de las filas coinciden en número y esencia con los de las columnas en la presentación matricial, se tiene la diagonal principal llena de 1 y en la presentación sagitada en todos los vértices existen bucles de valor 1, como consecuencia que la relación de un elemento de un conjunto $x \in E$ consigo mismo es decir con $x \in E$, es total.

Por tanto se cumple:

$$\forall a_i \in E$$

$i = 1, 2 \dots n$:

$$\mu_{a_i a_j} = 1, \text{ si } i=j$$

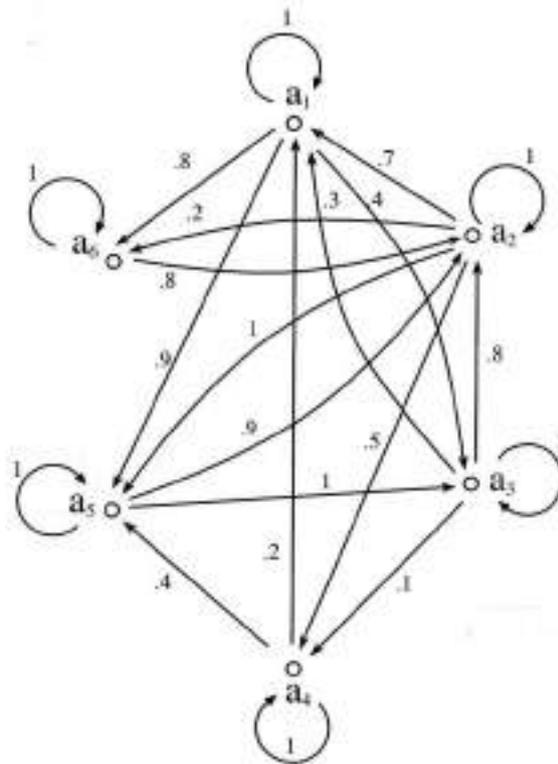
$$\mu_{a_i a_j} \in [0, 1], \text{ si } i \neq j$$

Ejemplo

→

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
a_1	1	0	.4	0	.9	.8
a_2	.7	1	0	.5	1	.2
a_3	.3	.8	1	.1	0	0
a_4	.2	0	0	1	.4	0
a_5	0	.9	1	0	1	0
a_6	0	.8	0	0	0	1

$[R] =$



Grafo sagitado

2. Antisimetría borrosa: La relación existente entre dos elementos del referencial E da lugar, en determinados casos, a una cierta pero no una total reciprocidad en el sentido de que cuando a_i se halla relacionado con a_j , también a_j está relacionado con a_i , y esto para todo $i, j = 1, 2, \dots, n$, pero el grado de intensidad de la relación no es el mismo. En la normalidad cotidiana este fenómeno aparece día a día, como es el caso de las relaciones (vínculos) de familia o como pueden ser las relaciones de amistad. La intensidad o nivel de la relación no tiene porqué ser la misma cuando se contempla la relación de a_i con a_j que cuando se estudia la de a_j con a_i . Aunque amigos, la intensidad de la amistad de x hacia y puede no ser la misma de la de y hacia x . Cuando sólo se da una “cierta” reciprocidad en todos los elementos del referencial, se entiende que las relaciones son antisimétricas y se escribe:

$$\forall a_i, a_j \in E, \quad a_i \neq a_j : \mu_{a_i a_j} \neq \mu_{a_j a_i}$$

Se acepta generalmente, que no se rompe la antisimetría si cuando alguno de los valores $\mu_{a_i a_j}$ son iguales a cero, también lo son los de $\mu_{a_j a_i}$, es decir:

$$\mu_{a_i a_j} = \mu_{a_j a_i} \neq 0$$

un ejemplo numérico sería:

↗

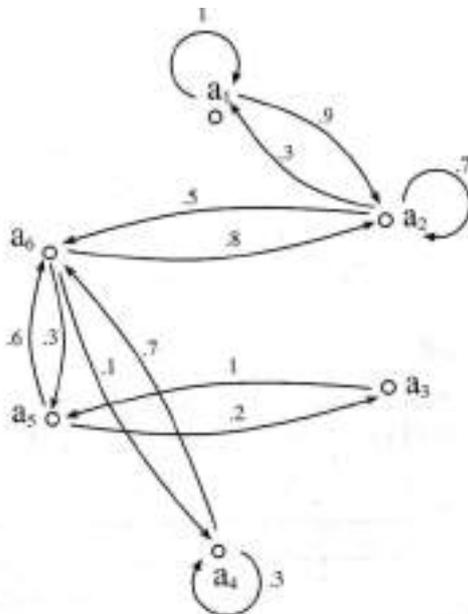
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
a_1	.7	.6	.1	.4	1	0
a_2	.2	.8	.2	.8	.3	.8
a_3	0	.7	0	.9	0	.7
a_4	1	.5	.4	.3	.2	.9
a_5	.3	1	0	.6	0	.5
a_6	0	.9	.1	.4	.8	0

Igualmente representa una relación antisimétrica la siguiente:

↗

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
a_1	1	.9	0	0	0	0
a_2	.3	.7	0	0	0	.5
a_3	0	0	0	0	1	0
a_4	0	0	0	.3	0	.7
a_5	0	0	.2	0	0	.6
a_6	0	.8	0	.1	.3	0

Y mediante representación sagitada:



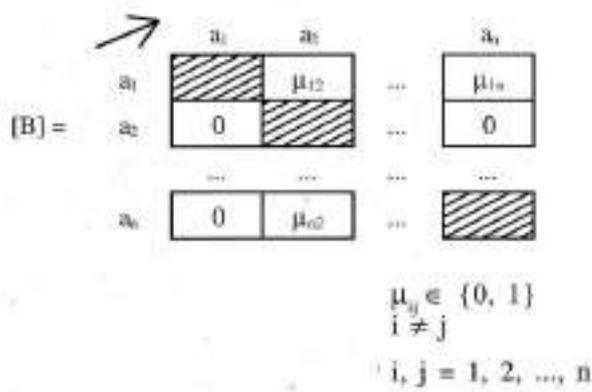
Se ha definido otro tipo de antisimetría, denominada “perfecta”, a la existencia de una relación entre un elemento del referencial E , a_i , y otro elemento del mismo referencial,

a_j , para que no deba existir relación alguna entre a_j y a_i . Por tanto existe antisimetría perfecta, cuando:

$$\forall a_i, a_j \in E, \quad a_i \neq a_j: \\ (\mu_{a_i a_j} > 0) \Rightarrow (\mu_{a_j a_i} = 0)$$

En el supuesto particular en el cual los valores de $\mu_{a_i a_j}$ se limitan a los extremos del intervalo $[0,1]$, es decir en el ámbito booleano, la antisimetría borrosa y la antisimetría perfecta quedan reducidas a una sola, la perfecta.

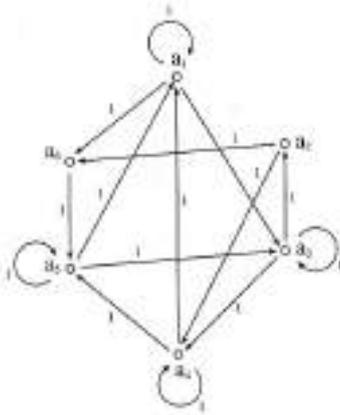
La antisimetría en una relación binaria, presentada en forma matricial, podría ser:



La “antisimetría no estricta” se da cuando $(a_i, a_j) \in [B]$ entonces $(a_j, a_i) \notin [B]$. Al eximir de cualquier limitación a los elementos de la diagonal principal entonces $\mu_{ii}, i=1,2,\dots, n$ puede tomar tanto el valor 0 como el valor 1; un ejemplo numérico sería:

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
a_1	1	0	1	0	0	1
a_2	0	0	0	1	0	1
a_3	0	1	1	1	0	0
a_4	1	0	0	1	1	0
a_5	1	0	1	0	1	0
a_6	0	0	0	0	1	0

Matriz booleana



Forma sagitada

En contraposición con esta relación antisimétrica se define la “antisimetría binaria estricta”, cuya única diferencia estriba en la ausencia de 1 en la diagonal principal en la forma matricial y la ausencia de bucles en la forma sagitada.

3. Relaciones simétricas: la intensidad de la relación de a_i hacia a_j es o se considera la misma que la de a_j hacia a_i .

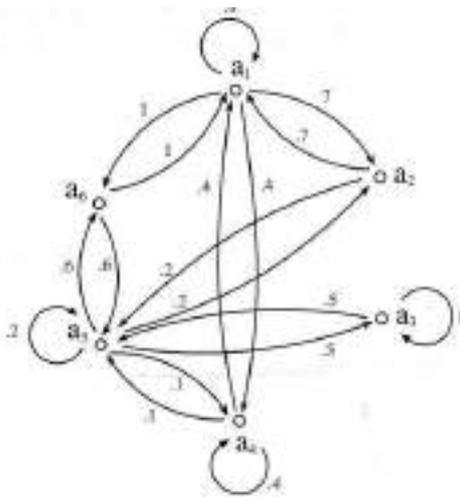
$$\forall a_i, a_j \in E, \quad a_i \neq a_j : \mu_{a_i a_j} = \mu_{a_j a_i}$$

un ejemplo numérico sería:

$[B] =$

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
a_1	.8	.7	0	.4	0	1
a_2	.7	0	0	0	.2	0
a_3	0	0	1	0	.5	0
a_4	.4	0	0	.4	.1	0
a_5	0	.2	.5	.1	.2	.6
a_6	1	0	0	0	.6	0

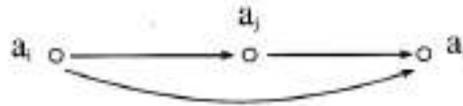
Forma matricial



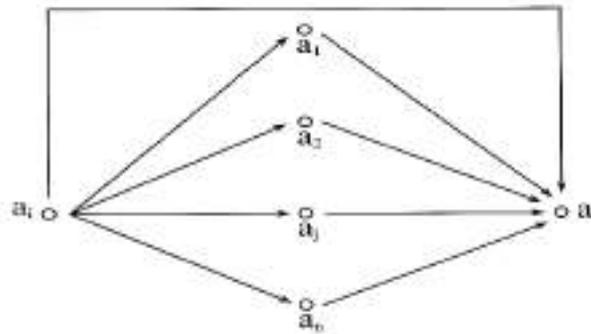
Grafo sagitado

Cuando el par (a_i, a_j) , pertenece al conjunto de pares de la matriz $[B]$, también le pertenece el par (a_j, a_i) . Si no pertenece (a_i, a_j) a $[B]$ tampoco le pertenecerá (a_j, a_i) .

4. Propiedad de Transitividad: en una relación comporta como mínimo, la intervención de tres elementos del referencial E.



La relación transitiva entre dos elementos a_i y a_k puede tener lugar a través de “todos” los elementos del referencial, es decir a través de $a_j, j= 1,2,\dots, n$.



La “regla” para la existencia de la de la relación transitiva estaría dada por: la relación directa entre a_i y a_k será mayor que cualquiera de las relaciones indirectas. El nivel de la relación directa viene dado por $\mu_{a_i a_k}$. La valuación de la relación directa no puede ser menor que la más grande de estas relaciones indirectas; obteniéndose mediante una composición máxmin. Para la existencia de transitividad en una relación borrosa es necesario y suficiente que la matriz convolucionada $[R]^2$ no sea mayor que la originaria $[R]$, en el sentido de no existir en cada casilla (a_i, a_j) de la relación $[R]^2$ valores superiores a la correspondiente de $[R]$.

Ejemplo

$[R] =$

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
a_1	1	.5	.5	.5	.5	.5
a_2	.2	.8	.8	.8	.5	.6
a_3	.2	.8	.9	.8	.5	.6
a_4	.2	.8	.8	.9	.5	.6
a_5	.2	.7	.7	.7	.5	.6
a_6	.2	.4	.4	.4	.4	.4

Relación Directa

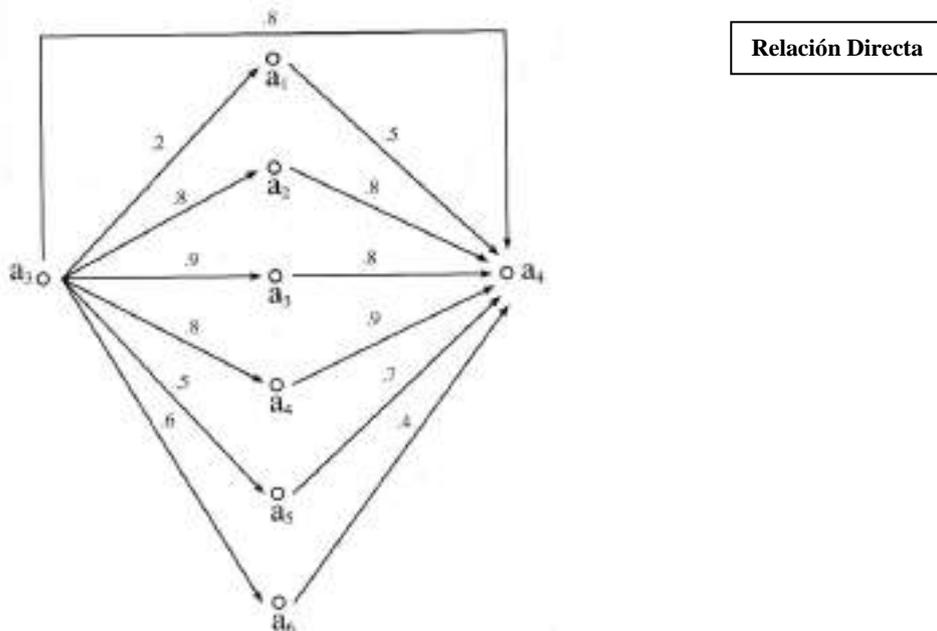
Si se obtiene $[R]^2 = [R] \circ [R]$:

$[R]^2 =$

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
a_1	1	.5	.5	.5	.5	.5
a_2	.2	.8	.8	.8	.5	.6
a_3	.2	.8	.9	.8	.5	.6
a_4	.2	.8	.8	.9	.5	.6
a_5	.2	.7	.7	.7	.5	.6
a_6	.2	.4	.4	.4	.4	.4

Relación Indirecta

Mediante una representación sagitada, la relación de transitividad entre a_3 y a_4 , será:



Debe cumplirse:

$$\mu_{a_3 a_4} \geq \bigvee_{a_j} (\mu_{a_3 a_j} \wedge \mu_{a_j a_4}), \quad j=1,2,\dots,6$$

Dado que:

$$\begin{aligned} \bigvee_{a_j} (\mu_{a_3 a_j} \wedge \mu_{a_j a_4}) &= (.2 \wedge .5) \vee (.8 \wedge .8) \vee (.9 \wedge .8) \vee (.8 \wedge .9) \\ &\vee (.5 \wedge .7) \vee (.6 \wedge .4) = .8 \end{aligned}$$

y también $\mu_{a_3 a_4} = .8$

Cuando la relación borrosa se convierte en una relación booleana y las dos únicas posibilidades son: la existencia (valor 1) o no existencia de relación (valor 0). Si

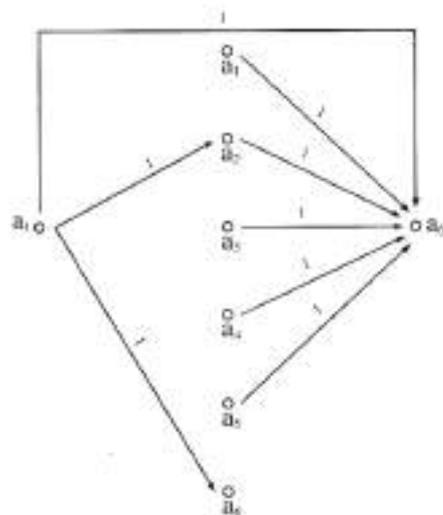
consideramos tres elementos del referencial E, tales como a_i, a_j, a_k ; entre ellos puede darse los siguientes supuestos:

<i>SUPUESTOS</i>	<i>VALORES BINARIOS</i>
Existe relación entre a_i y a_j , así como entre a_j y a_k .	$\mu_{a_i a_j} = 1$, $\mu_{a_j a_k} = 1$
Existe relación entre a_i y a_j , pero no entre a_j y a_k .	$\mu_{a_i a_j} = 1$, $\mu_{a_j a_k} = 0$
No existe relación entre a_i y a_j , pero sí entre a_j y a_k .	$\mu_{a_i a_j} = 0$, $\mu_{a_j a_k} = 1$
No existe relación entre a_i y a_j , así como tampoco entre a_j y a_k .	$\mu_{a_i a_j} = 0$, $\mu_{a_j a_k} = 0$

Para la existencia de transitividad es necesario que:

$$\mu_{a_i a_k} \geq \bigvee_{a_j} (\mu_{a_i a_j} \wedge \mu_{a_j a_k})$$

Enseguida un ejemplo (a_1, a_6) , como se presenta, mediante una forma sagitada la transitividad:



2. Tipos de relaciones

2.1. Relación de semejanza: cuando cumple las propiedades de reflexividad y simetría, un ejemplo:

$$E = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6\}$$

→

[R] =

	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅
a ₁	1	.4	.6	0	.8
a ₂	.4	1	.3	1	.5
a ₃	.6	.3	1	.7	.9
a ₄	0	1	.7	1	.1
a ₅	.8	.5	.9	.1	1

En esta *relación de semejanza* se pone de manifiesto el grado o nivel de la relación existente entre los del referencial tomados dos a dos. El nivel de relación entre a₂ y a₃ es de 0.3, la exigencia de simetría comporta que también la relación entre a₃ y a₂ sea de 0.3. La relación de a₄ y a₄, es decir consigo mismo es, evidentemente, 1; por tanto la propiedad reflexiva.

Un ejemplo de simetría booleana, a partir del mismo referencial, será:

→

[B] =

	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅
a ₁	1	0	1	1	0
a ₂	0	1	1	0	1
a ₃	1	1	1	1	0
a ₄	1	0	1	1	0
a ₅	0	1	0	0	1

es una relación de semejanza en la cual no se establece matización en cuanto al nivel exigido para la existencia de la semejanza entre pares de elementos del referencial.

2.2. Relación de similitud: cuando además de cumplirse las propiedades de reflexividad y simetría, es decir estando en una relación borrosa de semejanza; se da la condición transitiva.

$$\forall a_i, a_j, a \in E: \mu_{ij} \geq \mu_{ia} \wedge \mu_{aj}, j=1,2,\dots,n$$

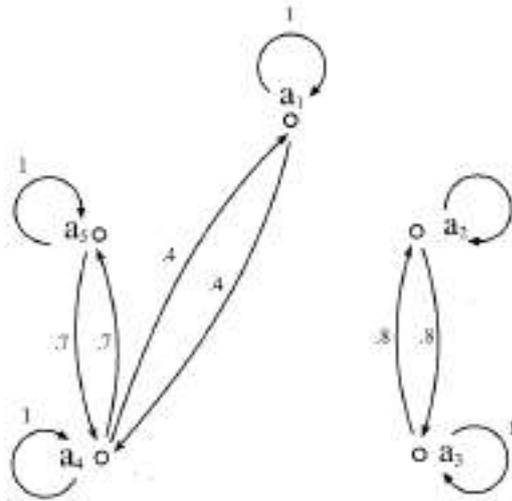
Una ilustración mediante una relación de semejanza en la que $\mu_{ij} \in [0,1]$, es:

→

[R] =

	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅
a ₁	1			.4	
a ₂		1	.8		
a ₃		.8	1		
a ₄	.4			1	.7
a ₅				.7	1

Forma matricial



Forma sagitada

ésta relación no cumple la condición de transitividad, al no existir las relaciones (a_1, a_5) y (a_5, a_1) . Al añadir las se convierte en una relación de similitud, es decir por lo menos tres elementos de E. Se ha colocado de forma sencilla “una” cifra para que se dé la transitividad; no ocurriendo lo mismo en relaciones más complejas por lo que se hace necesario recurrir a un procedimiento capaz de convertir una relación no transitiva en transitiva, recurriendo a “cierre transitivo de un grafo”.

→

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
a_1	1			.4	.4
a_2		1	.8		
a_3		.8	1		
a_4	.4			1	.7
a_5	.4			.7	1

La obtención del cierre transitivo $[\hat{R}]$ tiene lugar hallando la unión de la relación originaria con todas las relaciones resultantes de ir realizando la convolución máximin $2, 3, \dots, k$ veces, hasta $[R]^k = [R]^r$, en donde $k > r$, es decir:

$$[\hat{R}] = [R] \cup [R]^2 \cup \dots \cup [R]^k,$$

$$[R]^k = [R]^r, \quad r < k$$

$$k \leq n, \quad n = \text{card } E$$

para nuestro ejemplo:

$$[R] \circ [R] = [R]^2 = [R]^3$$

Por tanto:

$$[\hat{R}] = [R] \cup [R]^2$$

Y por la reflexividad:

$$[\hat{R}] = [R]^2 \quad \text{al ser} \quad [R] \subset [R]^2$$

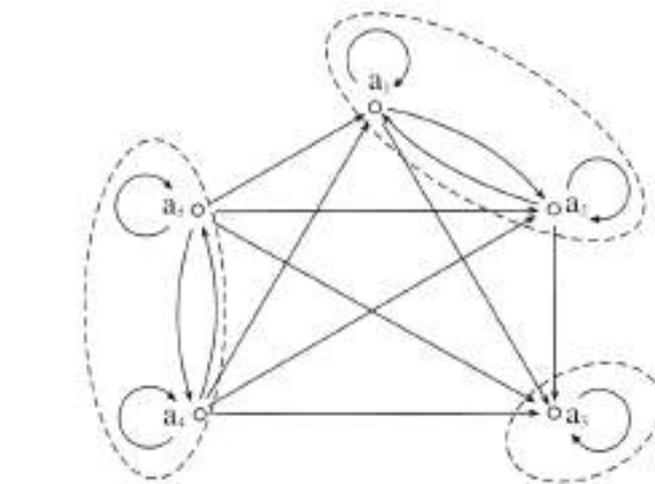
Una relación de similitud se halla formada por una o varias “subrelaciones de similitud” que cuando se toman de manera disjunta (mayor número de relaciones entre los elementos del referencial) y máximas (cuando las relaciones son máximas y no disjuntas).

Si a la relación de similitud se le omite de la propiedad de simetría nos encontramos ante una relación denominada de *preorden*. Este tipo de relación exige, la reflexividad y la transitividad.

Ilustramos un ejemplo de la relación de preorden del mismo referencial:

$[B'] =$

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
a_1	1	1	1		
a_2	1	1	1		
a_3			1		
a_4	1	1	1	1	1
a_5	1	1	1	1	1



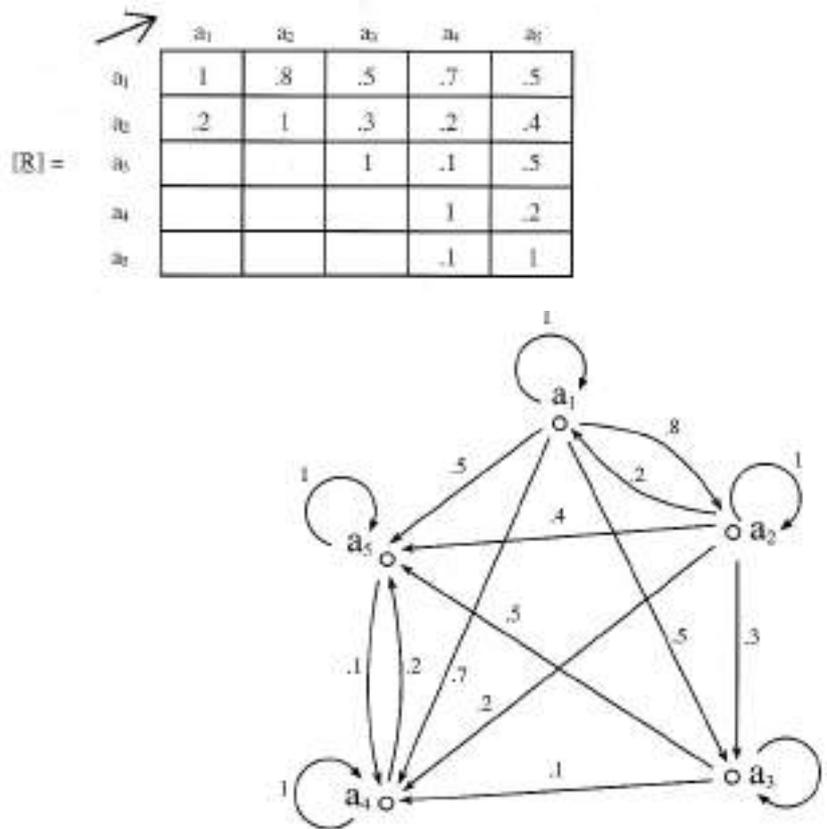
Grafo sagitado

El preorden establecido en este ejemplo es:

$$\{a_4, a_5\} \rightarrow \{a_1, a_2\} \rightarrow \{a_3\}$$

Relación de orden: cuando a una relación de preorden se le impone la condición de antisimetría. Inicialmente podríamos hablar de que se cumplen las propiedades de reflexividad, transitividad y antisimetría.

La existencia de dos tipos de antisimetría en el ámbito multivalente, comporta la definición de dos clases de orden denominados orden perfecto, (antisimetría perfecta) y orden no perfecto (antisimetría borrosa). Veamos un ejemplo ilustrativo:



Se observa en el grafo asociado la existencia de dos circuitos (además de los bucles) el $a_1 \rightarrow a_2 \rightarrow a_1$ y el $a_4 \rightarrow a_5 \rightarrow a_4$ los cuales, teniendo en cuenta todos los niveles de $\alpha \in [0,1]$, no permiten una ordenación de elementos.

Al convertir la antisimetría borrosa en perfecta, se hace posible la ordenación de las relaciones (a_2, a_1) y (a_5, a_4) ; el grafo resultante es:



El orden es, (orden lineal):

$$a_1 \rightarrow a_2 \rightarrow a_3 \rightarrow a_4 \rightarrow a_5$$

como observamos aparecen todos los elementos del referencial formando una sola línea.

Un ejemplo de orden parcial o “no lineal”, será:

↗

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
a_1	1	.8	.6	.9	
a_2		1		.7	
a_3		.2	1	.3	
a_4				1	
a_5		.1		.4	1

↘

En ella se tiene siempre:

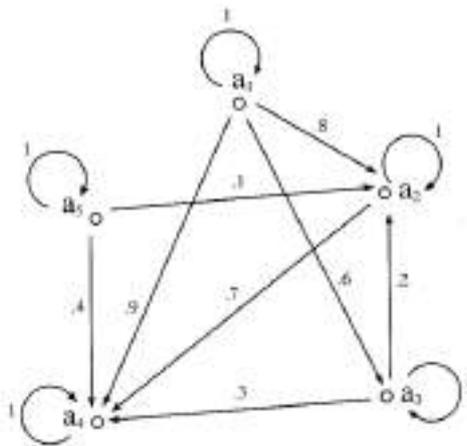
$$(\mu_{ij} > 0) \Rightarrow (\mu_{ji} = 0)$$

Pero también:

$$\mu_{15} = \mu_{51} = 0$$

$$\mu_{35} = \mu_{53} = 0$$

Como grafo sagitado, tenemos:



Vemos una ordenación parcial, al existir dos vértices, a_1 y a_5 , cada uno de los cuales es origen de una posible secuencia; obteniéndose ahora un orden a través de dos líneas:

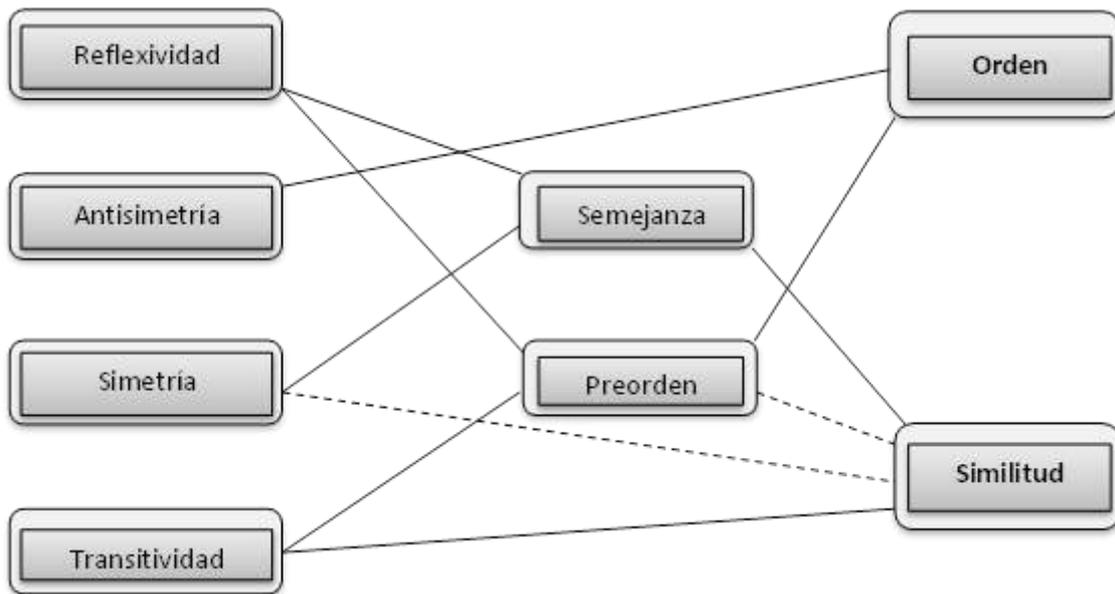
$$a_1 \rightarrow a_3 \rightarrow a_2 \rightarrow a_4$$

$$a_5 \rightarrow a_2 \rightarrow a_4$$

Se puede observar como a partir del uso de algunas propiedades de las relaciones, se aborda a relaciones de orden y a relaciones de similitud, aptas estas últimas, para formar

agrupaciones homogéneas a un determinado nivel. El presente esquema resume lo mencionado:

Figura 3.1 **Propiedades de las relaciones**



Fuente: Elaboración propia a partir de *Elementos para una teoría de la decisión en la incertidumbre*, Gil-Aluja (1999).

Para el ámbito de la economía es incuestionable el sin número de relaciones de encadenamiento que se pueden dar, unas con lazos directos débiles ya que no se daría la relación de transitividad; si con vínculos conocidos de manera indirecta. Por tanto estaríamos en vínculos de causalidad o “relaciones de incidencia” que se producen pasando de las relaciones directas a las indirectas.

Un elemento podría pertenecer a más de un grupo con conexiones más o menos fuertes; no sin ello, es posible establecer los aspectos básicos para permitir asignación del elemento a un solo subgrupo específico o buscar lazos para relacionar un subgrupo con otro. Por tanto cualquier elemento de un grupo puede llegar a relacionarse con cualquier otro, bien directamente o a través de otros elementos del propio subgrupo.

Las relaciones de cada subconjunto pueden ser expresadas mediante un subgrafo fuertemente conexo o “clase de equivalencia” en términos matriciales.

El tratamiento de este tipo de relaciones acumulativas presenta unas particularidades tales que no pueden ser tratadas de la misma manera que las no acumulativas. En las relaciones de incidencia o casualidad; un conjunto de causas ésta conectado con un conjunto de efectos. A medida que se van obteniendo los efectos acumulados de primera y segunda generación se observa un aumento del nivel de la relación. El objetivo que

persigue normalmente este tipo de relaciones es independiente del factor temporal y se centra en la obtención de los efectos acumulados procedentes de las relaciones directas e indirectas (véase J.Fourastié- efectos de primera y segunda generación). Se considera que los elementos del conjunto E_1 ejercen una *incidencia*, en determinado grado o nivel, sobre los elementos del conjunto E_2 , de tal forma que a_1, a_2, \dots, a_n representan las causas y b_1, b_2, \dots, b_m los efectos. Un gran número de fenómenos son movidos por la acción de otros fenómenos, estableciendo entre ellos una relación de incidencia. Por ejemplo, el volumen de colocación de primas es fortalecido por el precio de una cobertura; la solidez técnica de la empresa por el monto de las reclamaciones, por tanto el precio y las reclamaciones “inciden” en determinado grado en la solidez técnica de la empresa y por tanto en la solvencia de la misma. Si se reúnen en un conjunto E_1 los fenómenos “incidentes” y en un conjunto E_2 los fenómenos “incididos”, las relaciones entre ambos pueden ser representadas, entre otras, bajo las formas, de matriz y grafo sagitado. Las matrices cuadradas $[A_{\sim}]$ y $[B_{\sim}]$ poseen la propiedad reflexiva al ser aceptado, que la incidencia de un fenómeno consigo mismo es total y por tanto, será $\mu_{a_i a_i} = 1$ así como $\mu_{b_j b_j} = 1$. De esta manera la diagonal principal de estas dos matrices estará llena de unos. Por ejemplo,

$$E_1 = \{ a_1, a_2, a_3, a_4 \}$$

$$E_2 = \{ b_1, b_2, b_3 \}$$

Con las siguientes relaciones de incidencia:

$$[R] = \begin{array}{c} \nearrow \\ \begin{array}{ccc} & b_1 & b_2 & b_3 \\ a_1 & .6 & 1 & 0 \\ a_2 & .4 & 0 & .8 \\ a_3 & .9 & .7 & .3 \\ a_4 & 0 & .5 & .2 \end{array} \end{array}, \quad [A] = \begin{array}{c} \nearrow \\ \begin{array}{cccc} & a_1 & a_2 & a_3 & a_4 \\ a_1 & 1 & .6 & .8 & .9 \\ a_2 & 0 & 1 & .3 & .7 \\ a_3 & .5 & 1 & 1 & .3 \\ a_4 & .6 & 0 & .4 & 1 \end{array} \end{array}, \quad [B] = \begin{array}{c} \nearrow \\ \begin{array}{ccc} & b_1 & b_2 & b_3 \\ b_1 & 1 & .7 & .9 \\ b_2 & .2 & 1 & .4 \\ b_3 & .6 & 0 & 1 \end{array} \end{array}$$

Aplicando el proceso de convolución:

$$[A] \circ [R] = \begin{array}{c} \nearrow \\ \begin{array}{cccc} & a_1 & a_2 & a_3 & a_4 \\ a_1 & 1 & .6 & .8 & .9 \\ a_2 & 0 & 1 & .3 & .7 \\ a_3 & .5 & 1 & 1 & .3 \\ a_4 & .6 & 0 & .4 & 1 \end{array} \end{array} \circ \begin{array}{c} \nearrow \\ \begin{array}{ccc} & b_1 & b_2 & b_3 \\ a_1 & .6 & 1 & 0 \\ a_2 & .4 & 0 & .8 \\ a_3 & .9 & .7 & .3 \\ a_4 & 0 & .5 & .2 \end{array} \end{array} = \begin{array}{c} \nearrow \\ \begin{array}{ccc} & b_1 & b_2 & b_3 \\ a_1 & .8 & 1 & .6 \\ a_2 & .4 & .5 & .8 \\ a_3 & .9 & .7 & .8 \\ a_4 & .6 & .6 & .3 \end{array} \end{array}$$

Se hallan las relaciones de incidencia totales:

$$[A] \circ [R] \circ [B] =$$

	b_1	b_2	b_3
a_1	.8	1	.6
a_2	.4	.5	.8
a_3	.9	.7	.8
a_4	.6	.6	.3

 \circ

	b_1	b_2	b_3
b_1	1	.7	.9
b_2	.2	1	.4
b_3	.6	0	1

 $=$

	b_1	b_2	b_3
a_1	.8	1	.8
a_2	.6	.5	.8
a_3	.9	.7	.9
a_4	.6	.6	.6

Por tanto se cumple $[R_{\sim}] \subset [R_{\sim}]^*$

$$\subset$$

	b_1	b_2	b_3
a_1	.6	1	0
a_2	.4	0	.8
a_3	.9	.7	.3
a_4	0	.5	.2

 \subset

	b_1	b_2	b_3
a_1	.8	1	.8
a_2	.6	.5	.8
a_3	.9	.7	.9
a_4	.6	.6	.6

Existen diversas formas de detectar los efectos indirectos, tal vez el más simple resulta en hallar la diferencia aritmética $[R_{\sim}]^* - [R_{\sim}]$. Si se considera que $[R_{\sim}]^*$ recoge los efectos acumulados de primera y segunda generación, y por construcción, $[R_{\sim}]$ representa los efectos directos, el resultado de la sustracción podría mostrar lo que se les añade para llegar al nivel total alcanzado; por tanto tendremos: la matriz de los “efectos olvidados”

$$[R_{\sim}]^* (-) [R_{\sim}] =$$

	b_1	b_2	b_3
a_1	.8	1	.8
a_2	.6	.5	.8
a_3	.9	.7	.9
a_4	.6	.6	.6

 $(-)$

	b_1	b_2	b_3
a_1	.6	1	0
a_2	.4	0	.8
a_3	.9	.7	.3
a_4	0	.5	.2

 $=$

	b_1	b_2	b_3
a_1	.2	0	.8
a_2	.2	.5	0
a_3	0	0	.6
a_4	.6	.1	.4

Este proceso permite obtener todas las relaciones directas e indirectas, sin posibilidad de error u omisión, recuperando lo que se ha denominado “**efectos olvidados**”. Es importante señalar que se pueden obtener relaciones borrosas de semejanza, descomponiéndolas en subrelaciones máximas de similitud por nivel, obteniendo comparaciones importantes¹⁸. Pueden obtenerse efectos de segunda generación dinámicos de una manera mayor que lo permitiera la simple intuición, importantes y convenientes para efectos de previsiones económicas.

¹⁸ A.Kaufmann, J.Gil Aluja: Técnicas operativas de gestión para el tratamiento de la incertidumbre
 A.Kaufmann, J.Gil Aluja: Modelos para la investigación de efectos olvidados

3.1.3.2. Asignación

Se entiende por *asignación* el proceso mediante el cual cada elemento de un conjunto de objetos es adscrito a otro elemento perteneciente a otro conjunto de objetos de naturaleza diferente, con base a ciertas características, exigidas a un cierto nivel. La calificación de relación “especial” tiene plena justificación en un aspecto consustancial con la asignación, tan diferenciable que lo ha ido apartando de los estudios relacionales clásicos. El planteamiento del problema de asignación parte de la existencia de tres conjuntos, normalmente finitos, de objetos físicos o mentales. El primero recoge los elementos a asignar, el segundo los elementos que deben recibir asignación y el tercero los elementos en los cuales se basa el proceso asignador (cualidades, características, singularidades...), en definitiva lo que se denomina criterios de asignación; son estos elementos los que nos determinan la idoneidad de la asignación.

Dentro de los instrumentos para medir o valorar esta idoneidad, encontramos *distancia de Hamming* (Hamming, 1950), sustentada en la noción de distancia en otras palabras para cualquier elemento del subconjunto borroso, todo alejamiento entre uno y otro de los niveles establecidos para los objetos comparados comporta una mayor distancia. Aquí resulta útil el empleo del índice denominado *coeficiente de adecuación*, el cual comporta aceptar que cuando para un elemento de E_3 el nivel poseído por un elemento a asignar sobrepasa el nivel establecido para un elemento objeto de asignación, se considera cumple totalmente las exigencias pero el “exceso” no tiene ni mayor ni menor apreciación. En las distancias los valores más reducidos comportan preferencia, en el coeficiente de adecuación son los valores más grandes quienes son los mejores apreciados. Veamos un ejemplo, en el que supondremos se dispone de los siguientes conjuntos referenciales:

$$\begin{aligned} E_1 &= \{P_1, P_2, P_3, P_4\} &&= \{a, b, c, d\} \\ E_2 &= \{T_1, T_2, T_3\} &&= \{\alpha, \beta, \gamma\} \\ E_3 &= \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5\} &&= \{A, B, C, D, E\} \end{aligned}$$

Se consideran como datos los subconjuntos borrosos que describen los objetos de los referenciales E_1 y E_2 , a partir de los elementos del referencial E_3 .

Para el conjunto E_1 :

	A	B	C	D	E
a	0.7	0.4	0.8	0.2	0.9
b	0.3	0.6	0.9	0.4	0.6
c	0.5	0.8	0.7	0.6	0.8
d	0.9	0.3	0.8	0.9	0.4

Para el conjunto E₂:

	A	B	C	D	E
α	0.6	0.8	0.9	0.7	0.6
β	0.9	0.4	0.6	0.8	0.5
γ	0.7	0.5	0.7	0.3	0.8

Una vez obtenida esta información se procede a elegir el índice más conveniente. Iniciamos con la *distancia de Hamming*:

$$\delta(a, \alpha) = \frac{1}{5} (|.7 - .6| + |.4 - .8| + |.8 - .9| + |.2 - .7| + |.9 - .6|) = \frac{1.4}{5} = 0.28$$

$$\delta(a, \beta) = \frac{1}{5} (|.7 - .9| + |.4 - .4| + |.8 - .6| + |.2 - .8| + |.9 - .5|) = \frac{1.4}{5} = 0.28$$

$$\delta(a, \gamma) = \frac{1}{5} (|.7 - .7| + |.4 - .5| + |.8 - .7| + |.2 - .3| + |.9 - .8|) = \frac{0.4}{5} = 0.08$$

$$\delta(b, \alpha) = \frac{0.8}{5} = 0.16 \quad \delta(c, \alpha) = \frac{0.6}{5} = 0.12 \quad \delta(d, \alpha) = \frac{1.3}{5} = 0.26$$

$$\delta(b, \beta) = \frac{1.6}{5} = 0.32 \quad \delta(c, \beta) = \frac{1.4}{5} = 0.28 \quad \delta(d, \beta) = \frac{0.5}{5} = 0.10$$

$$\delta(b, \gamma) = \frac{1}{5} = 0.20 \quad \delta(c, \gamma) = \frac{0.8}{5} = 0.16 \quad \delta(d, \gamma) = \frac{1.5}{5} = 0.30$$

Reunidas en una matriz de distancias:

[A]=

↗

	α	β	γ
a	0.28	0.28	0.08
b	0.16	0.32	0.20
c	0.12	0.28	0.16
d	0.26	0.10	0.30

Se trata de una relación de “alejamiento” de cada elemento del conjunto E_1 respecto a cada elemento de E_2 . Al hallar la matriz complementaria pasaremos a una relación de “acercamiento”:

$[\tilde{A}] =$

	α	β	γ
a	0.28	0.28	0.08
b	0.16	0.32	0.20
c	0.12	0.28	0.16
d	0.26	0.10	0.30

El hecho de considerar una suma aritmética simple en el cálculo de las distancias presupone que todos los elementos de E_3 tienen la misma importancia a los efectos de asignación y esto no siempre es así. Por tanto es necesario atribuir unos pesos que reflejan la relevancia, para la asignación de cada elemento del conjunto E_3 .

Inicialmente obtenemos las matrices de los subconjuntos borrosos:

$[\mathcal{P}_a] =$

	A	B	C	D	E
α	.1*	.4	.1	.5	.3
β	.2	0	.2	.6	.4
γ	0	.1	.1	.1	.1

$|0.7-0.6|=0.1^*$

$[\mathcal{P}_b] =$

	A	B	C	D	E
α	.1	0	.2	.1	.2
β	.4	.4	.1	.2	.3
γ	.2	.3	0	.3	0

$[\mathcal{P}_c] =$

	A	B	C	D	E
α	.3	.2	0	.3	0
β	.6	.2	.3	.4	.1
γ	.4	.1	.2	.1	.2

$[P_d] =$ \rightarrow

	A	B	C	D	E
α	.3	.5	.1	.2	.2
β	0	.1	.2	.1	.1
γ	.2	.2	.1	.6	.4

A continuación se obtienen sus matrices complementarias o de acercamiento:

\rightarrow

$[P_a] =$

	A	B	C	D	E
α	.9	.6	.9	.5	.7
β	.8	1	.8	.4	.6
γ	1	.9	.9	.9	.9

\rightarrow

$[P_b] =$

	A	B	C	D	E
α	.7	.8	1	.7	1
β	.4	.8	.7	.6	.9
γ	.6	.9	.8	.9	.8

\rightarrow

$[P_c] =$

	A	B	C	D	E
α	.9	1	.8	.9	.8
β	.6	.6	.9	.8	.7
γ	.8	.7	1	.7	1

\rightarrow

$[P_d] =$

	A	B	C	D	E
α	.7	.5	.9	.8	.8
β	1	.9	.8	.9	.9
γ	.8	.8	.9	.4	.6

Seguidamente calculamos los “pesos”; o grado de importancia que para cada elemento de E_1 tiene cada elemento de E_3 , en relación con cada elemento de E_2 ; en este ejemplo la información se trasmite en $[0, 1]$, por tanto:

	α	β	γ
A	1	.6	.9
B	.3	.9	.7
C	.8	1	.4
D	.7	.5	.6
E	.2	1	.4

Al normalizar estos vectores se agrupan para formar una relación borrosa; sumando los elementos de cada uno de ellos y dividiendo todos ellos por la suma, obtenemos:

“Matriz de Pesos”

[L]=

	α	β	γ
A	.33	.15	.30
B	.10	.23	.24
C	.27	.25	.13
D	.23	.12	.20
E	.07	.25	.13

enseguida realizamos las convoluciones $[\bar{P}_i] * [L]$, $i \in \{a, b, c, d\}$:

$$[\bar{P}_a] * [L] = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & B & C & D & E \end{matrix} \\ \begin{matrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \end{matrix} & \begin{bmatrix} .9 & .6 & .9 & .5 & .7 \\ .8 & 1 & .8 & .4 & .6 \\ 1 & .9 & .9 & .9 & .9 \end{bmatrix} \end{matrix} * \begin{matrix} & \begin{matrix} \alpha & \beta & \gamma \end{matrix} \\ \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \end{matrix} & \begin{bmatrix} .33 & .15 & .30 \\ .10 & .23 & .24 \\ .27 & .25 & .13 \\ .23 & .12 & .20 \\ .07 & .25 & .13 \end{bmatrix} \end{matrix} = a \begin{matrix} & \begin{matrix} \alpha & \beta & \gamma \end{matrix} \\ & \begin{bmatrix} .764 & .748 & .930 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$[\bar{P}_b] * [L] = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & B & C & D & E \end{matrix} \\ \begin{matrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \end{matrix} & \begin{bmatrix} .7 & .8 & 1 & .7 & 1 \\ .4 & .8 & .7 & .6 & .9 \\ .6 & .9 & .8 & .9 & .8 \end{bmatrix} \end{matrix} * \begin{matrix} & \begin{matrix} \alpha & \beta & \gamma \end{matrix} \\ \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \end{matrix} & \begin{bmatrix} .33 & .15 & .30 \\ .10 & .23 & .24 \\ .27 & .25 & .13 \\ .23 & .12 & .20 \\ .07 & .25 & .13 \end{bmatrix} \end{matrix} = b \begin{matrix} & \begin{matrix} \alpha & \beta & \gamma \end{matrix} \\ & \begin{bmatrix} .812 & .716 & .784 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$[\bar{P}_c] * [L] = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & B & C & D & E \end{matrix} \\ \begin{matrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \end{matrix} & \begin{bmatrix} .9 & 1 & .8 & .9 & .8 \\ .6 & .6 & .9 & .8 & .7 \\ .8 & .7 & 1 & .7 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix} * \begin{matrix} & \begin{matrix} \alpha & \beta & \gamma \end{matrix} \\ \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \end{matrix} & \begin{bmatrix} .33 & .15 & .30 \\ .10 & .23 & .24 \\ .27 & .25 & .13 \\ .23 & .12 & .20 \\ .07 & .25 & .13 \end{bmatrix} \end{matrix} = c \begin{matrix} & \begin{matrix} \alpha & \beta & \gamma \end{matrix} \\ & \begin{bmatrix} .876 & .724 & .808 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$[\bar{E}_d] * [L] =$$

	A	B	C	D	E
α	.7	.5	.9	.8	.8
β	1	.9	.8	.9	.9
γ	.8	.8	.9	.4	.6

$$*$$

	α	β	γ
A	.33	.15	.30
B	.10	.23	.24
C	.27	.25	.13
D	.23	.12	.20
E	.07	.25	.13

$$= d$$

	α	β	γ
d	.764	.890	.707

La relación de acercamiento será:

$$[Q]=$$

	α	β	γ
a	.764	.748	.930
b	.812	.716	.784
c	.876	.724	.808
d	.764	.890	.707

Observamos que el resultado es diferente al obtenido con la distancia relativa de Hamming, en el que todos los elementos fueron considerados con el mismo peso (importancia).

Finalmente utilizaremos el *coeficiente de adecuación*, por tanto hallamos una relación borrosa $[R]$ a partir de las convoluciones $[E_i] * [L]$, $i = 1, 2, \dots, m$; $i \in \{a, b, c, d\}$

$$[E_a]=$$

	A	B	C	D	E
α	1	.6	.9	.5	1
β	.8	1	1	.4	1
γ	1	.9	1	.9	1

$$[E_b]=$$

	A	B	C	D	E
α	.7	.8	1	.7	1
β	.4	1	1	.6	1
γ	.6	1	1	1	.8

$[E_c]=$ \nearrow

	A	B	C	D	E
α	.9	1	.8	.9	1
β	.6	1	1	.8	1
γ	.8	1	1	1	1

$[E_d]=$ \nearrow

	A	B	C	D	E
α	1	.5	.9	1	.8
β	1	.9	1	1	.9
γ	1	.8	1	1	.6

Seguidamente hallaremos las convoluciones $[E_i] * [L_i]$, $i \in \{a, b, c, d\}$:

$[E_c] * [L_c] =$

	A	B	C	D	E
α	1	.6	.9	.5	1
β	.8	1	1	.4	1
γ	1	.9	1	.9	1

 $*$

	α	β	γ
A	.33	.15	.30
B	.10	.23	.24
C	.27	.25	.13
D	.23	.12	.20
E	.07	.25	.13

 $= a$

	α	β	γ
	.818	.898	.956

$[E_b] * [L_b] =$

	A	B	C	D	E
α	.7	.8	1	.7	1
β	.4	1	1	.6	1
γ	.6	1	1	1	.8

 $*$

	α	β	γ
A	.33	.15	.30
B	.10	.23	.24
C	.27	.25	.13
D	.23	.12	.20
E	.07	.25	.13

 $= b$

	α	β	γ
	.812	.862	.854

$[E_a] * [L_a] =$

	A	B	C	D	E
α	.9	1	.8	.9	1
β	.6	1	1	.8	1
γ	.8	1	1	1	1

 $*$

	α	β	γ
A	.33	.15	.30
B	.10	.23	.24
C	.27	.25	.13
D	.23	.12	.20
E	.07	.25	.13

 $= c$

	α	β	γ
	.890	.916	.940

$$[E_d] * [L] = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & B & C & D & E \end{matrix} \\ \begin{matrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & .5 & .9 & 1 & .8 \\ 1 & .9 & 1 & 1 & .9 \\ 1 & .8 & 1 & 1 & .6 \end{bmatrix} \end{matrix} * \begin{matrix} & \begin{matrix} \alpha & \beta & \gamma \end{matrix} \\ \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \end{matrix} & \begin{bmatrix} .33 & .15 & .30 \\ .10 & .23 & .24 \\ .27 & .25 & .13 \\ .23 & .12 & .20 \\ .07 & .25 & .13 \end{bmatrix} \end{matrix} = d \begin{matrix} & \begin{matrix} \alpha & \beta & \gamma \end{matrix} \\ \begin{matrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \end{matrix} & \begin{bmatrix} .909 & .952 & .900 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Se obtiene la siguiente relación borrosa: “Matriz de acercamiento”

[R]=

	α	β	γ
a	.818	.898	.956
b	.812	.862	.854
c	.890	.916	.940
d	.909	.952	.900

Una vez obtenida la relación borrosa, se inicia el proceso de asignación para lo cual recurrimos inicialmente a un algoritmo muy útil como es la eliminación de filas y columnas, por su simplicidad en la obtención nos proporciona una buena solución; si ya recurrimos a soluciones óptimas encontraremos entre otros:

Algoritmo Húngaro: sus raíces corresponden al trabajo de D. König (1916); su teorema es “El índice de diseminación es igual al índice de encuadramiento”

$$D(N) = Q(N)$$

Su finalidad es la consecución de un óptimo a partir de dos conjuntos, en los que cada uno de los elementos de uno de ellos se halla relacionado con cada uno de los elementos del otro. Esta relación se expresa mediante una matriz, supuestamente conocida.

Algoritmo de Branch and Bound: Utilizados para la obtención de circuitos hamiltonianos óptimos en un grafo, lo que ha permitido resolver el planteamiento conocido como “problema del viajante de comercio”.

Una buena manera de representar estos aspectos viene dada por la construcción de un subconjunto borroso para cada uno de los objetos a asignar tomando como referencia el conjunto de “criterios” de asignación. Se tienen, entonces, unos descriptores, tantos como elementos posee el primero de los conjuntos (elementos asignar). De igual

manera, se elaboran el mismo número de subconjuntos borrosos, con idéntico referencial, del conjunto de los criterios como objetos receptores de la asignación.

3.1.3.3. Agrupación

El problema de la agrupación homogénea de objetos físicos o mentales constituye una constante para quienes deben adoptar decisiones.

En la actividad financiera la agrupación de productos o instrumentos de financiación o la de objetos de la inversión o las coberturas en el mercado de seguros; es algo que de manera expresa o tácita se halla en la mente de los agentes activos de este campo. La actividad comercial presenta una variada gama de planteamientos decisorios en cuyo origen se halla la necesidad de agrupar.

En trabajos recientes se ha utilizado algoritmos sustentados en las nociones de semejanza y similitud. Se trata de componer un matriz de semejanza en la cual los objetos, elementos a la vez de las filas y columnas, poseen o no la homogeneidad deseada considerados dos a dos. Esta matriz por sí sola no permite la agrupación de más de dos objetos y que la noción de semejanza no posee la propiedad transitiva. Se hace necesario, recurrir a algún procedimiento a partir del cual sea posible reunir los objetos en grupos para los que exista transitividad.

Es suficientemente conocida la manera de obtener los subgrafos transitivos a partir de un grafo de semejanzas (reflexivo y simétrico). Estos subgrafos expresan “relaciones de similitud” entre algunos elementos del referencial, formando el mayor grupo posible con características similares, llamadas subrelaciones máximas de similitud.

Cuando se conocen estos subconjuntos borrosos, se halla la distancia relativa (distancia de Hamming) entre cada uno de ellos y los demás; obteniéndose la matriz denominada “matriz de semejanza”, que posee la propiedades de simetría y antireflexividad. Esta matriz es cuadrada, simétrica y reflexiva; al tener sus elementos valores $[0,1]$, se considera como una relación de semejanza borrosa.

La noción de afinidad definida 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 que representan”; permite relacionar los elementos de un conjunto con los elementos de otro, lo que queda representado en matrices rectangulares definidas en $E_1 * E_2$.

Los cierres de Moore son importantes para la obtención de afinidades, existe “cierre de Moore” si se cumplen las propiedades de extensividad, idempotencia e isotonía. A

partir de una familia de Moore se puede obtener un cierre de Moore, igual se puede pasar de un grafo borroso a un cierre de Moore.

El retículo de Galois, presenta una gama de alternativas posibles, teniendo en cuenta los niveles mínimos exigidos, importante para la toma de decisiones.

Algunos algoritmos que pueden abreviar los cálculos para la obtención de afinidades, serian:

- Algoritmo de la correspondencia inversa máxima.
- Algoritmo de las submatrices completas máximas
- Relaciones borrosas simétricas
- Subrelaciones máximas de similitud
- Algoritmo de Pichat
- Concepto de clan

3.1.3.4. Ordenación

Es el concepto que culmina la pirámide de la teoría de la decisión en la incertidumbre. Cada vez resulta más difícil limitar la fenomenología actual al estricto reducto de un número e incluso acotarla entre dos o más números. Ante esta circunstancia, el recurso a una comparación basada en formas no manifestadas cuantitativamente, proporciona excelentes soluciones. La teoría de grafos suministra interesantes esquemas para establecer una relación de orden. En un sistema social y económico marcado por la incertidumbre el concepto de orden ocupa un puesto de privilegio para la decisión. “El orden es una gradación en las preferencias de objetos físicos o mentales, establecidas con base a la apreciación objetiva o subjetiva de sus propiedades, características o singularidades”. Por lo anterior denotamos que su número debe ser finito y susceptible de enumeración, formando un conjunto referencial.

Uno de los elementos configuradores de la ordenación viene dado por la necesidad de determinar, como acto previo, cuáles son las propiedades y/o características y/o singularidades merecedoras de la apreciación de los objetos.

Ordenar inversiones, ordenar fuentes de financiación, ordenar recursos... es la antesala de la toma de decisiones. Cuando no es posible obtener un cuadro valorado de objetos, recurrir a un orden no cuantificado de los mismos, puede ser suficiente para una decisión racional. Se supondrá que cada objeto es apreciado como consecuencia de sus propiedades y/o características y/o singularidades.

Para la consecución de los algoritmos nos valemos de las relaciones de preferencia entre los objetos de dos en dos, únicamente para cada propiedad de manera independiente. El proceso para hallar dicho algoritmo viene dado por: reunión de los subconjuntos borrosos para formar una relación borrosa $[R]$; hallar para cada característica las preferencias de cada producto sobre los demás, suponiendo igual peso; para cada elemento de la matriz se suman las veces en que ha sido preferido; convertir el cuadro representativo del número de propiedades preferidas en una nueva relación borrosa $[S]$; se descompone esta relación por niveles mediante α cortés; se procede a escoger un determinado nivel.

Otro camino es recurrir a la opinión de expertos a quienes se les pide la opinión en relación a sus preferencias con respecto a los objetos considerados dos a dos; aquí se tendrían tantas matrices como expertos consultados.

Una matriz booleana en sí misma, pone de manifiesto de forma elemental, la existencia o no de un orden entre pares de objetos; esta pueda ser enriquecida por otras relaciones entre los elementos del referencial sin que el orden quede alterado. La diferencia entre una relación de orden estricta y no estricta se halla únicamente en la admisibilidad de bucles en uno o varios vértices del grafo.

Aquí toma mucha importancia la noción de equivalencia y el correspondiente subgrafo fuertemente conexo a la hora de agrupar objetos indiferentes o equivalentes.

Ya formadas las clases de equivalencias, pasamos a realizar un orden entre las mismas, para lo que se puede elegir entre muchos caminos la función ordinal de un grafo o la composición P-latina, entre otras.

Obtener una función ordinal significa descomponer un grafo de clases (o de objetos si éste fuera el caso) en el que por definición no existen circuitos, en niveles, de tal forma que un vértice C_j preferido a otro C_i , no se jalla en caso alguno a un nivel anterior al correspondiente a C_i .

Se denomina “secuencia latina de la propiedad P” o simplemente “P-latina” a una secuencia finita de vértices (a_1, a_2, \dots, a_n) la cual forma un camino que posee una propiedad P en el grafo $G = (E, \Gamma)$.

Es importante resaltar que para la consecución del algoritmo se cuenta con otro proceso basado en aspectos teóricos, apto para la ordenación de objetos físicos o mentales; se trata de valor propio dominante y vector propio correspondiente.

3.2. Elementos introductorios del cambio climático

3.2.1. Generalidades

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) define el cambio climático como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial sumada la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables de tiempo.

El objetivo general de la CMNUCC, invoca:

"para lograr [...] la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible" (extraído del texto de la Convención Marco, Art.2).

El Informe Stern, publicado en el año 2007, en su primera página reza:

"El cambio climático representa un cambio único para la economía: es el mayor ejemplo nunca visto de fallo del mercado. El análisis económico debe ser global, debe tratar horizontes temporales largos, debe tener en su núcleo el riesgo y la incertidumbre, y debe examinar la posibilidad de cambios mayores, no marginales".
(Stern, 2007)

Al Gore en su documental *Una verdad incómoda*, manifiesta que el problema de la gente no es la ignorancia, sino el conocimiento de muchas cosas que no son ciertas (Al Gore, 2007). Estamos en un mundo donde la información nos llega en altas dosis sin tan solo lograr percibir, muchas veces no se logra discernir la verdad de la falsedad de toda la información que se difunde sobre este tema; por tanto se genera confusión, desinformación y alarmismo en toda la sociedad.

Pero qué es lo que nos lleva a pensar que existe el cambio climático? Como éste hay un gran número de interrogantes más, que suscitan el interés de la comunidad científica y la curiosidad por parte de la opinión pública.

Un indicador preocupante que alerta, corresponde a la temperatura media del planeta; la cual aumento 1.1 grados centígrados en el último siglo, corresponde a la más alta de los últimos cuatrocientos años. En cierto sentido no es tan alta, lo que preocupa a la comunidad científica es la causa que origina este cambio, tal vez corresponda al uso de los combustibles fósiles, por tanto se desprende de una actividad humana. Siendo así la

temperatura continuaría subiendo. Los cálculos manifiestan un aumento entre 1.6 y 5.5 grados en los próximos cincuenta años. Un aumento de diez grados produciría la desertización de muchas regiones fértiles al igual que perturbaciones económicas en todo el mundo. El calentamiento se hará más intenso en las zonas polares.

Según James Lovelock -creador de la metáfora o Hipótesis *Gaia*¹⁹-, (la teoría según la cual la tierra es un sistema autorregulador cuyo comportamiento se asemeja en cierto modo al de un organismo. Es representativa del naturalismo científico más riguroso), “el calentamiento global puede convertirse en el mayor peligro al que se ha enfrentado hasta ahora la civilización.”

Los eventos meteorológicos tales como huracanes, tornados, incendios forestales; se han intensificado en los últimos años. El uso de los combustibles fósiles además tiene otra consecuencia, la mitad del dióxido de carbono que emiten termina en el mar, generándose un aumento en la acidez de los océanos, conllevando daños irreparables para la vida marina y la ecosfera.

La comunidad científica juega un papel muy relevante, especialmente los que conforman el prestigioso comité internacional del IPCC, según sus siglas en inglés- el IPCC se creó en el año 1988 por decisión de la Asamblea General de las Naciones Unidas. Reúne científicos de todo el mundo, encargados de producir informes periódicos sobre el proceso del cambio climático, sus impactos y las medidas que se deben tomar para mitigar sus efectos, así como para adaptarse a él. Los informes están estructurados de la siguiente forma: a) fundamentos científicos, b) impactos, adaptación y vulnerabilidad y c) mitigación del cambio climático. Los informes del IPCC constituyen la expresión del consenso creciente de la comunidad científica internacional en torno a la cuestión del cambio climático. Contienen una gran cantidad de información de gran valor para quien desee evaluar la situación. El último informe –el quinto, fue publicado en Diciembre de 2014. Es importante distinguir los fenómenos provocados por la actividad humana.

Las nociones fundamentales de la ciencia del cambio climático (inducido por el hombre) se remontan a la década de 1820. Entre los pioneros encontramos a Joseph Fourier, científico francés, quien para 1820, mediante un planteamiento básico acerca de la temperatura de la tierra y la ubicación de ésta en el sistema solar, se preguntaba qué hace a la tierra más caliente que la luna?, deduciendo que la atmósfera de la tierra es

¹⁹ Lovelock, J. (1990), “Hands up for the Gaia hypothesis”, *Nature*, 344, p. 100-102.

como una especie de manta que calienta el planeta. Mencionó que la tierra estaría en un equilibrio térmico o balance energético, descubriendo el efecto invernadero.

Hacia 1859, John Tyndall, británico, profundizó en la idea de Fourier en cuanto a la química atmosférica. Encontró que una pequeña parte de dióxido de carbono se encontraba en la manta que captura el calor de la tierra en la atmósfera y que produce el efecto invernadero. Avanzó en el proceso que lleva el efecto invernadero para calentar la tierra. Encontrando que el agua tendría un efecto invernadero; con aire más caliente habría más vapor de agua en la atmósfera, por tanto otro gas más de efecto invernadero.

Svante Arrhenius, sueco premio Nobel de química; hacia 1896, realizó los primeros cálculos numéricos que se conocen de los efectos a la temperatura de la tierra de más cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera. Los cálculos de Arrhenius, señalaban a cuatro o cinco grados centígrados; es destacable como sin grandes avances tecnológicos para el cálculo se lograra establecer una base de relación de la duplicación de CO₂ con la cuantificación del aumento de la temperatura. También anticipó que los niveles de dióxido de carbono se aumentarían bajo efecto humano.

En 1955, Hans Suess, identificó las señales de emisiones industriales de CO₂. Relación de las concentraciones atmosféricas de isótopos de carbono.

Para 1956, Gilbert Plass, añade que el CO₂ cambiaría significativamente el balance de radiación.

Para los años 1957/1958, encontramos a Roger Revelle, quien manifestó que los océanos no absorberían todo el dióxido de carbono atmosférico, causando más calentamiento global de lo previsto. Presenta la primera evaluación integrada de los océanos, atmósfera y clima.

En 1958, Charles D. Keeling, demostró que el dióxido de carbono está aumentando en la atmósfera. Creó las mejores mediciones de los cambios inducidos por el hombre de dióxido de carbono.

En los años setenta, Suke Manabe, con la modelización de proyecciones climáticas.

El profesor James Hansen, en 1988 por primera vez testificó ante el Congreso de los Estados Unidos, diciendo que “el cambio climático es real, es en serio”. Sus investigaciones incluyen mediciones más sofisticadas en la química de los océanos, los balances de energía. Insiste en que la tierra se está calentando, sostiene que las temperaturas medias han venido aumentando. Ha venido estudiando los aspectos físicos subyacentes al cambio climático. Manifiesta que nos encontramos en medio de un cambio profundo. En sus últimas investigaciones ha realizado un seguimiento a la

temperatura media en diversas partes del mundo para el período 1951-1980, en este análisis de datos se obtuvo una curva normal de los datos (campana de Gauss), de sus observaciones ha definido que lo que solía ser extremo se está convirtiendo en normal, parámetro observable en muchas partes del mundo lo extraordinario se está convirtiendo en normal. Estamos en la época en que los extremos son la nueva normalidad, por tanto una realidad alarmante.(Hansen, Sato and Ruedy, 2012)

Paul Crutzen, premio Nobel de química, descubrió el efecto de agotamiento del ozono, llamados CFC(clorofluorocarbonos). Acuñó el término Antropoceno, formado por dos vocablos griegos que literalmente serían “época reciente caracterizada por el efecto de la acción humana” (oficialmente no reconocida como era, aunque se ha venido adoptando por algunos en la comunidad científica).

Así mismo, consideramos importante mencionar algunos hitos en la historia del clima²⁰ para tener una visión menos incierta del complejo sistema climático; dicha información se ha extraído de Viñas R. J.M. (2012).

La Tierra tiene aproximadamente 4.600 millones de años (Ma) de edad y durante ese vasto período de tiempo han tenido lugar siete grandes eras glaciales, que se deben confundir con las glaciaciones. A pesar de ello, durante la mayor parte de la historia de nuestro planeta el clima ha sido mucho más caluroso que el actual. Nos encontramos inmersos en una era glacial (la séptima). La Tierra es el resultado de la acreción de una miríada de objetos rocosos que en las primeras etapas del sol orbitaban alrededor de la estrella. Tras la formación inicial de un protoplaneta, poco a poco fueron incorporándose nuevos materiales hasta alcanzar el tamaño actual. A partir de ese momento, transcurrieron del orden de 500 Ma en los que esa Tierra primigenia era un cuerpo muy caliente –semi-incandescente–, con una frenética actividad volcánica y recibía un bombardeo continuo de grandes meteoritos y cometas, lo que provocaba enormes cataclismos. En ese ambiente tan hostil se fue formando al principio una capa gaseosa formada por hidrógeno, sulfuro de hidrógeno, amoníaco y metano, sin apenas nitrógeno y nada de oxígeno, que son los gases dominantes en la atmósfera actual. Según fue avanzando esa etapa aumentó la proporción de nitrógeno, pero el gas que dominaba en la atmósfera hace unos 4.000 Ma era el dióxido de carbono (CO₂). La composición de aquella atmósfera primitiva se parecía bastante a las de las atmósferas

²⁰ La historia del clima se ha extraído de: Viñas R. J.M. (2012), “El clima de la tierra a lo largo de la historia” en *IX Seminario Historia y Clima: Clima, Naturaleza, riesgo y desastre*, Alicante, pp. 225-239. Puede ampliarse información sobre historia del cambio climático en: <https://www.aip.org/history/climate/>

de Venus y Marte. El oxígeno no comenzó a tener una presencia significativa en la atmósfera hasta hace unos 2.000 Ma, en que la vida (y los procesos biológicos que acarrea) ya estaba presente en el planeta.

El origen del agua líquida sobre la superficie terrestre podemos situarlo hace unos 3.800 Ma. La mayoría de la comunidad científica comparte la teoría de que el vapor de agua que comenzó a escapar de las entrañas de aquella Tierra primigenia fue formando cada vez más nubes, en la medida en que el planeta iba lentamente enfriándose. El manto nuboso fue ganando en espesor y comenzaron a producirse grandes precipitaciones, lo que dio como resultado la formación de los primitivos océanos. No es la única teoría, ya que también está la del impacto de uno o varios cometas contra la Tierra, lo que hubiera aportado buena parte del agua oceánica.

Se piensa que hace 3.600 Ma surgieron las primeras formas de vida en el planeta. Aquellos primitivos océanos comenzaron a teñirse de color verde debido a la presencia de cianobacterias. Estos organismos elementales provocaron un importante cambio en la composición de la atmósfera, ya que comenzaron a absorber de ella grandes cantidades de CO₂ y la fueron enriqueciendo de oxígeno, hasta llegarse a una situación de equilibrio similar a la actual, en que la proporción aproximada de nitrógeno/oxígeno en el aire pasó a ser 78/21 (% en volumen). Durante los primeros 2.300 Ma del planeta (la mitad de su edad) la Tierra fue un mundo bastante más cálido que en la actualidad, sin presencia de hielo en su superficie. Varios indicadores paleoclimáticos sugieren que esto cambió bruscamente en ese momento de la historia planetaria, y que durante un período de unos 300 millones de años gran parte de la superficie terrestre se cubrió de hielo, convirtiéndose el planeta en lo que se ha dado en llamar una “Tierra Blanca”.

Tres son las principales hipótesis sobre las causas que pudieron provocar ese cambio tan radical en el clima terrestre. Una de ellas apunta al impacto de un gran meteorito, lo que habría generado una capa tan densa de aerosoles en la atmósfera, que habrían provocado un enfriamiento global, reforzándose a medida que fue apareciendo hielo y que este fue cubriendo cada vez más zonas, debido al elevado poder reflectante del citado hielo. La segunda posibilidad es que hubiera aumentado de forma muy importante la actividad volcánica, lo que habría desencadenado esa primera era glacial. La tercera hipótesis, propuesta por algunos astrónomos, es que la Tierra atravesó en aquel momento una nube interestelar de polvo cósmico, bastante densa, lo que habría reducido significativamente la cantidad de radiación solar incidente en el planeta, con idéntico resultado: un gran enfriamiento.

Pasados esos aproximadamente 300 Ma, el planeta volvió a calentarse, por causas que no se conocen muy bien. Los hielos fueron desapareciendo y el gran océano que cubría la Tierra se fue poblando por organismos vivos cada vez más complejos. Así fueron transcurriendo las cosas hasta que el frío entró de nuevo en escena. Hace unos 1.200 Ma se cree que tuvo lugar la segunda “Tierra Blanca”. Las formas de vida sufrieron un nuevo traspie, aunque algunas –las mejor adaptadas– aguantaron en los fondos oceánicos y en la zona ecuatorial, libre de hielo. Tras esa segunda era glacial siguió una nueva etapa cálida, aunque bastante más corta que la anterior, ya que hace unos 700 Ma tuvo lugar el tercer episodio “Tierra Bola de nieve”. De las cuatro etapas de frío extremo y grandes extensiones de hielo que se piensa que ha atravesado nuestro planeta a lo largo de la historia, esta tercera se cree que fue la más importante de todas, pues hay indicios que apuntan a que el hielo llegó a alcanzar la zona del Ecuador, por lo que las únicas formas de vida que sobrevivieron a este episodio debieron ser submarinas. Así transcurrieron las cosas por espacio de 150 Ma, llegando al final del Precámbrico (hace unos 550 Ma), habiendo pasado hasta ese momento el 88% de la edad de la Tierra. Se piensa que la actividad volcánica pudo conseguir fundir la gruesa capa de hielo que llegó a formarse durante ese episodio de “Tierra Blanca”, gracias a un potente efecto invernadero que fue contrarrestando la pérdida de calor, el que desde la superficie helada escapaba hacia el espacio. A partir de ese momento y hasta la actualidad, el patrón frío calor no ha dejado de repetirse, aunque con diferentes escalas y magnitudes, según las épocas. La Era Paleozoica se inició con una tendencia al alza en las temperaturas que se vio truncada en el tramo final del período Ordovícico, hace unos 430 Ma. Se inició entonces la quinta era glacial en la Tierra, prolongándose por espacio de unos 40 Ma, con el momento de mayor frío al comienzo del Silúrico. A medida que avanzó ese período y sobre todo en el Devónico y el Carbonífero, volvió a invertirse la tendencia y surge entonces la mayor explosión de vida que ha ocurrido en el planeta.

El clima sufre un nuevo revés durante el final del Carbonífero, hace unos 300 Ma, enfriándose progresivamente hasta que tuvo lugar la cuarta “Tierra Blanca”, aunque no se sabe a ciencia cierta qué extensión llegó a alcanzar el hielo durante este episodio de frío a escala planetaria, ni en los tres anteriores.

Se produce un nuevo cambio radical, tanto en el clima como en el paisaje, si bien a diferencia de lo que ocurrió durante las otras “Tierras Blancas” en esta ocasión el planeta es geológicamente distinto. Si hace unos 500 Ma un gran océano dominaba toda la Tierra, con varios grandes islotes, hace 300 Ma, esas grandes masas de Tierra se

agrupan formándose el supercontinente Pangea. En épocas geológicas posteriores el supercontinente se va fracturando hasta conseguirse una distribución de océanos y continentes, similar a la actual hace unos 50 Ma. Dicha circunstancia, en combinación con otros factores internos (actividad volcánica) y externos (astronómicos), tiene una implicación muy importante en el comportamiento climático, ya que las corrientes marinas (superficiales y profundas) son las grandes moduladoras del clima terrestre. Con el frío que caracterizó el final del período Carbonífero y el Pérmico finaliza la Era Paleozoica (544 a 245 Ma), dando paso a la Era Mesozoica (245 a 65 Ma), con una vuelta al calor y una nueva explosión de la vida. Al Triásico (primer período de la Era Mesozoica) le siguen el Jurásico y el Cretácico, períodos en que los dinosaurios dominaron la Tierra. Pero dicha circunstancia terminó bruscamente hace 65 Ma. Se produjo en ese momento una extinción masiva de los dinosaurios, iniciándose la séptima era glacial de la Tierra, todavía vigente, pues a pesar del calentamiento global, el planeta mantiene todavía dos grandes casquetes polares.

¿Qué provocó esa nueva fase fría? En 1981 el físico estadounidense Luis Álvarez, su hijo, el geólogo Walter Álvarez, y otros científicos de la Universidad de Berkeley propusieron una teoría acerca de la causa que provocó la extinción masiva de los dinosaurios. La detección de una cantidad anómala de iridio en una capa de arcillas del límite Cretácico y el Terciario (límite K-T) les llevó a postular que un gran asteroide (el iridio es un elemento común en los asteroides, pero mucho más raro en la Tierra) había impactado contra la Tierra en ese momento de la historia, lo que habría causado la extinción no solo de los dinosaurios, sino de más de la mitad de las especies de animales y plantas que poblaban por aquel entonces el planeta. Faltaba por encontrar un gran cráter para confirmar la teoría del impacto, y algunos años más tarde ese cráter apareció en el norte de la Península de Yucatán, en México. Durante esos 65 Ma que viene durando la Era Cenozoica, se repite la misma pauta de alternancia de épocas frías o glaciales y cálidas, siendo estas últimas, normalmente, más largas que las primeras. Hace 1,8 Ma dio comienzo la última época fría hasta la fecha, el Cuaternario, el último de los períodos geológicos, en el que estamos inmersos. Su entrada en escena coincide aproximadamente en el tiempo con la aparición de los seres humanos. El Cuaternario se caracteriza por una alternancia más regular que en otras épocas de la historia del planeta, de ciclos fríos o glaciaciones y cálidos o interglaciares, el último de los cuales – el Holoceno – estamos viviendo, si bien algunos autores comienzan a hablar ya del Antropoceno, para referirse a la época en la que los seres humanos hemos comenzado a

influir también en el clima. Esa sucesión de glaciaciones y ciclos interglaciares como el actual se explica en parte gracias a la teoría astronómica de Milankovitch, que tiene en cuenta las variaciones temporales de tres parámetros de la órbita terrestre (la excentricidad, la precesión y la oblicuidad), lo que provoca cada cierto tiempo (varios miles de años) la llegada de una menor cantidad de radiación solar al planeta, con el consiguiente enfriamiento y el inicio de una glaciación. Por término medio, las glaciaciones duran unos 100.000 años, mientras que los ciclos interglaciares suelen durar del orden de los 10.000, con importantes variaciones de unos a otros. Durante las glaciaciones cuaternarias el manto de hielo polar alcanza las latitudes templadas, tal y como ocurrió en Europa durante la última glaciación. La evolución del clima terrestre ha sido determinante en la historia de la humanidad. Si los seres humanos aparecimos en un momento dado sobre la faz de la Tierra, fue porque comenzaron a darse unas condiciones climáticas adecuadas, cosa que no había ocurrido con anterioridad en nuestro planeta. Desde hace unos 13.000 años venimos disfrutando de un clima que podemos calificar de benigno y bastante uniforme, a pesar de las continuas fluctuaciones a las que se ve sometido, y que han influido decisivamente en la historia. Las sociedades humanas son vulnerables a los cambios climáticos.

Volviendo a Mesopotamia, los datos paleoclimáticos, parecen confirmar que entre los años 5.000 y 3.000 a. de C., y después de una nueva vuelta al frío y a las grandes sequías, el clima volvió a templarse y a ser más húmedo, caracterizándose por su benignidad, lo que habría permitido establecer asentamientos permanentes en esas tierras fértiles, a caballo entre los ríos Tigris y Éufrates. Allí se fundaron las primeras ciudades, las del imperio de los hititas.

En líneas generales, se puede afirmar que los romanos pasaban algo más de calor que nosotros ahora, lo que en parte queda justificado por la indumentaria que llevaban, con ropas bastante ligeras.

El llamado Período Cálido Romano tocó techo hacia el año 400 d. de C., y ciertamente esa fecha marca el principio del fin del Imperio. Los inviernos se fueron volviendo cada vez más rigurosos, especialmente en el norte de Europa, lo que forzó a los pueblos bárbaros a desplazarse hacia el sur. Un siglo más tarde, hacia el siglo V, se produjo la llamada plaga de Justiniano, que tuvo su origen en Egipto, de ahí pasó al Imperio bizantino y luego al romano, y redujo su población del orden del 50%. Entre esto, las malas cosechas y la presión de los bárbaros, el Imperio romano llegó a su fin, dando paso a la época más oscura de la historia: la Edad Media.

En la península Ibérica no fue hasta principios del siglo XI cuando se recuperaron las temperaturas. Hacia el ya citado año 700, en latitudes altas del hemisferio norte se inicia un período cálido bastante excepcional, que se prolongaría hasta el año 1200 aproximadamente y que en climatología recibe el nombre de Pequeño Óptimo Climático o Medieval. El apogeo de esa fase cálida ocurrió entre los años 1100 y 1300.

A los climatólogos les quedan pocas dudas de la influencia que ejerció el clima en la magnitud final que alcanzó la peste bubónica, más conocida por la Peste Negra o la Gran Plaga, que situaríamos en el tiempo entre los años 1347 y 1352, y que se llevó por delante la vida de un tercio de la población europea. Suele considerarse el período de 1550 a 1700 como el más frío, iniciándose el enfriamiento en algunos lugares a finales del siglo XIV, y prolongándose en otros hasta mediados del XIX, con importantes altibajos a lo largo de esos casi cinco siglos de historia.

Dos fueron las causas principales que, presumiblemente, desencadenaron ese período tan frío de la historia. La actividad solar fue una de ellas. Concretamente, durante el periodo que va de 1645 a 1715, el sol tuvo un comportamiento muy anómalo, con apenas manchas en su superficie, en lo que se ha dado en llamar el Mínimo de Maunder. Dicho período coincidió con los años de temperaturas más bajas de toda la PEH, lo que no parece una mera casualidad. Por otro lado, la actividad volcánica era bastante mayor que en la actualidad, emitiéndose a la estratosfera enormes cantidades de partículas procedentes de erupciones explosivas, como la del Tambora, en 1815, o la del volcán islandés Laki, en 1783, que le permitió a Benjamín Franklin (1706-1790) establecer por primera vez una relación entre los volcanes y el clima.

El clima sufrió grandes altibajos, con años extraordinariamente lluviosos como el de 1846, en el que se inundaron los campos irlandeses y se pudrieron las patatas. Ello provocó la Gran Hambruna, que se prolongaría hasta 1850, muriendo hasta un millón de personas a causa del hambre y las enfermedades, una nueva prueba de la poderosa influencia que ejerce y ejercerá el clima en la historia.

La última gran sequía en la zona de Sahel, ocurrió entre 1968 y 1973, llevándose por delante la vida de un cuarto de millón de personas.

El período que va desde 1850 hasta nuestros días, cubierto en su totalidad por registros de las variables climatológicas, si lo comparamos con otros de los períodos históricos que se ha ido comentando, podemos considerarlo un período cálido y benigno que, sin duda, ha contribuido al crecimiento económico y de población más importante acontecido a lo largo de toda la historia de la humanidad. En todo ese tiempo –162

años—, el clima no se ha comportado de forma uniforme, sino que podemos distinguir tres grandes períodos. El primero de ellos sería el que va desde 1880 hasta la década de 1940, caracterizado por una recuperación continua, lenta y sostenida de las temperaturas. Dicha tendencia se quebró entre las décadas de 1950 y 1970, para iniciarse en los años 80 del siglo XX una nueva fase cálida, que es en la que nos encontramos en la actualidad, y que los científicos relacionan con el cambio climático.

3.2.1.1. El dióxido de carbono

Las emisiones de dióxido de carbono han aumentado desde el inicio de la Revolución Industrial. Las emisiones de gases de efecto invernadero de Estados Unidos y de China son actualmente similares, aunque las emisiones anuales por habitante en Estados Unidos son superiores en casi un 50%. Siguen en la lista de emisiones globales Rusia, India y Japón por este orden. Todas las previsiones indican que China superará ampliamente a Estados Unidos durante los próximos años. El orden previsto para 2020 es el siguiente: China, Estados Unidos, India, Rusia y Japón.

En relación con la cuantificación de las emisiones y de los impactos, es importante diferenciar las emisiones asociadas a la demanda final de las generadas por la producción necesaria para satisfacer esta demanda final. Para identificar y calcular los impactos totales también es importante diferenciar entre los impactos directos y los indirectos. Así, por ejemplo, cuando se hace referencia a un automóvil impulsado por una pila de hidrógeno y se afirma que no contamina por la emisión dióxido de carbono, no se menciona el proceso de producción del hidrógeno, que requiere romper —mediante una aportación energética— la molécula de agua. En rigor, hay pues que añadir este gasto energético de forma sistemática y evaluar también las emisiones generadas en el proceso de producción de los bienes de capital necesarios. Así mismo, hay que identificar las emisiones generadas por la producción eléctrica necesaria para producir la electricidad requerida para producir la electricidad que carga las baterías de los coches eléctricos.

Efecto invernadero: La energía solar que llega al planeta es parcialmente reflejada por su superficie. Ahora bien, la presencia de varios gases en la atmósfera —en especial el dióxido de carbono, pero también el metano (CH₄), los llamados CFC, el óxido nitroso (N₂O) y también el vapor de agua— reflejan hacia la superficie parte de esta energía solar, del mismo modo que sucede en un invernadero utilizado para acelerar la maduración de flores: por eso se habla del efecto invernadero. Entonces, si aumenta la

concentración en la atmósfera de los llamados gases de efecto invernadero (GEI), al incrementarse la parte de la energía solar reflejada, se provoca un aumento adicional de la temperatura media de la atmósfera. El proceso opera de la misma forma que un invernadero convencional. En los diversos escenarios de emisiones del IPCC (2000) se proyectan concentraciones de entre 490 y 1200 ppm a horizonte 2100, suponiendo una alteración severa del clima.

En la tabla 3.1 se señalan los GEI que tienen un impacto potencial de calentamiento global y que son contemplados en el Protocolo de Kioto (anexo A).

Tabla 3.1 Fuentes emisoras de gases causantes del efecto invernadero, estipulados en el Protocolo de Kioto

Gas	Potencial de calentamiento global ^a	Vida media (años)	Fuente emisora
Dióxido de carbono: CO ₂	1	50 a 200	Quema de combustibles fósiles y de biomasa. Producción de cemento, Deforestación
Metano: CH ₄	21	12 ± 3	Plantaciones de arroz, producción pecuaria, residuos sólidos urbanos, emisiones fugitivas.
Óxido nitroso: N ₂ O	310	120	Uso de fertilizantes, plantaciones de arroz, producción pecuaria, residuos sólidos urbanos, emisiones fugitivas.
Perfluorocarbonos: PFC	6,500 a 9,200	2,600 a 50,000	Producción de aluminio, refrigerantes, solventes, aerosoles, producción y uso de halocarbonos.
Hidrofluorocarbonos: HFC	140 a 11,700	1.5 a 264	Equipos de refrigeración, extinguidores, petroquímica, solventes en producción de espumas, aerosoles, producción y uso de halocarbonos.
Hexafluoruro de azufre: SF ₆	23,900	3,200	Refrigerantes industriales, transformadores en redes de distribución eléctrica, producción de aluminio, magnesio y otros metales, producción y uso de halocarbonos.

Nota: ^aRelativo al CO₂. Se refiere al efecto de calentamiento que produce la liberación de 1kg de un Gas Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera, comparado con el efecto causado por 1kg de dióxido de carbono. El Potencial de Calentamiento Global toma en cuenta los efectos radiativos de cada GEI y los diferentes periodos de permanencia en la atmósfera. El potencial de calentamiento global permite expresar todas las reducciones de emisiones de GEI en términos de Dióxido de Carbono Equivalente (CO₂e)

Fuente: Elaboración propia a partir de *Protocolo de Kioto*, CMNUCC, 1998. Anexo A. p. 22-23 <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpsan.pdf>

Se visualiza en la tabla anterior que las emisiones de dióxido de carbono se concentran especialmente en procesos de obtención de energía; en el informe Stern (2006) se manifiesta que dos tercios del total de emisiones de efecto invernadero,

estarían generados por el uso de la energía. Para los dos siguientes gases su origen se ubica en procesos de obtención de alimentos. Los tres gases restantes, que no se encuentran de forma natural en la naturaleza, tienen su origen en procesos industriales.

Ciclo del carbono: Este conjunto de interacciones debe ser analizado en el marco del llamado ciclo del carbono, que refleja la visión integral de los flujos del carbono adiciones y sustracciones—, así como la evolución de los stocks resultantes. Destaca el papel de la vegetación, que —mediante la función clorofílica— absorbe carbono utilizando la energía solar. La vegetación y también los océanos absorben cerca de la mitad de las emisiones, las cuales han roto el equilibrio natural del ciclo del carbono mediante una aportación exógena del mismo.

3.2.1.2. Impactos

El aumento de la temperatura de la superficie del planeta y de la atmósfera provoca cambios en el clima, lo que conlleva varios efectos, como la fusión de glaciares y del hielo ártico. El aumento del nivel del mar causado por la dilatación térmica y la fusión del hielo es un impacto cargado de consecuencias patentes sobre las zonas costeras, los deltas y las islas pequeñas del Pacífico, donde provoca importantes movimientos de población. También habrá impactos sobre el régimen de lluvias, la malnutrición y el estrés térmico, y se producirán daños irreversibles en diferentes ecosistemas. Por el contrario, el aumento de la temperatura puede tener consecuencias positivas sobre la productividad de ciertos cultivos agrícolas. Una de las características importantes de los impactos es su variación regional, por grandes áreas. No es lo mismo un aumento de 2°C en una zona cálida que el mismo aumento de temperatura en Siberia, donde puede provocar el deshielo del suelo congelado (defrost), fenómeno cargado de consecuencias. El deshielo de zonas árticas abrirá nuevas vías de tránsito marítimo y también acarreará conflictos internacionales por el control de los recursos submarinos de la zona.

3.2.1.3. Protocolo de Kioto

Las especiales características del cambio climático tienen consecuencias sobre las características de las políticas diseñadas con la finalidad de hacerle frente. Tratándose de una externalidad global, planetaria, y en ausencia de autoridad internacional con capacidad de decisión operacional, la comunidad internacional ha desarrollado el llamado Protocolo de Kioto, que constituye el referente más claro y global de las políticas de los diferentes Estados que lo han firmado.

Una externalidad global exige medidas coordinadas a nivel planetario que permitan controlarla, de forma compatible con los intereses contrapuestos de los países subdesarrollados/emergentes y los desarrollados. Históricamente, son éstos los que han causado los efectos acumulativos, de forma que los primeros no quieren que las políticas del cambio climático les dificulten sumarse al proceso. Los países subdesarrollados y los emergentes no querían, pues, asumir los costes correspondientes, que serían un obstáculo adicional para seguir la trayectoria de la industrialización que habían llevado a cabo los países actualmente industrializados. Por otra parte, la ausencia de autoridad internacional operativa deja a la cooperación internacional multilateral el grueso de la definición de las políticas, mientras que, en principio, los Estados asumen las funciones ejecutivas. Hacen falta, sin embargo, procedimientos que aseguren el cumplimiento y la confianza mutua en el respeto de las reglas de juego.

Este conjunto de condicionantes explica las características básicas del Protocolo de Kioto (PK). Después de dos años de negociaciones se celebró la Conferencia de las Partes de Kioto, que adoptó el llamado Protocolo de Kioto en el año 1997, que estableció mecanismos de actuación por parte de organismos ya existentes. La ausencia de Estados Unidos –el primer emisor mundial de GEI– modificó la eficacia final del PK. Por otra parte, la presencia final de la Federación Rusa –que redujo sus emisiones debido a su crisis industrial facilitó derechos de emisión excedentes en el mercado internacional. La vigencia del PK llega hasta el año 2012; ha empezado ya el proceso de su evaluación con miras a hacer las propuestas para el llamado After-Kyoto.

El Protocolo de Kioto (PK) fue aprobado el 11 de diciembre de 1997, y constituye un marco legal jurídico internacional para los países que lo han ratificado. El PK hace un tratamiento diferenciado de los países desarrollados y de los subdesarrollados o emergentes. Incluye compromisos cuantitativos para el período 2008-2012, concretamente, una reducción del 5%, al final del período, en relación a los niveles de 1990. Los objetivos afectan a los 38 países industrializados del Anexo I del Protocolo. Por otra parte, la UE es considerada como una unidad. El PK incluye también los llamados Mecanismos Flexibles, es decir: a) los Mecanismos de Desarrollo Limpio (Clean Development Mechanisms-CDM) y b) la Implementación Conjunta (Joint Implementation-JI). Los CDM permiten que los países industrializados ganen permisos de emisión mediante la financiación de proyectos limpios que reduzcan las emisiones en los países subdesarrollados. Artículo 12. “a) ...Las Partes no incluidas en el Anexo I se beneficiarán de las actividades de proyectos que tengan por resultado reducciones

certificadas de las emisiones; y b) Las Partes incluidas en el Anexo I podrán utilizar las reducciones certificadas de emisiones resultantes de esas...” La JI es bastante parecida al CDM, con la particularidad de que hace referencia a países –Partes– que están incluidos en el Anexo I y, por lo tanto, que deben cumplir objetivos de reducción cuantificados. Los créditos de emisiones derivados de actividades CDM se pueden incorporar a las cuotas de los permisos de emisión. Artículo 6. “Implementación Conjunta entre Partes, Anexo I. A los efectos de cumplir los compromisos contraídos en virtud del artículo 3, toda Parte incluida en el Anexo I podrá transferir a cualquier otra de estas Partes, o adquirir de ella, las unidades de reducción de emisiones resultantes de proyectos encaminados a reducir las emisiones antropogénicas por las fuentes o incrementar la absorción antropogénica por los sumideros de los gases de efecto invernadero en cualquier sector de la economía...”. Así pues, los objetivos cuantitativos de reducción de emisiones pueden aumentarse mediante los efectos de los proyectos CDM y los JI. Son los mecanismos llamados de flexibilidad. En marzo de 1998 se produjo la apertura del proceso de firma y ratificación por parte de los países. Hay reglas de juego relativas a la puesta en vigor del Protocolo. Aprobación, ratificación por parte de los Estados y puesta en vigor. Finalmente, supuso un marco legal internacional basado en la construcción de un consenso. De todos modos, EEUU no ratificó el PK. La Federación Rusa no lo firmó inicialmente, pero al final lo ratificó. El Protocolo de Kioto fue aprobado el 11 de diciembre de 1997 y quedó pendiente de ratificación por las diversas Partes. Se adoptaron dos condiciones para que entrase en vigor: que fuera aprobado por 55 Partes del llamado Anexo A, las cuales representasen más del 55% del total de las emisiones de dióxido de carbono de las Partes relacionadas en el citado Anexo; el cumplimiento de las dos condiciones permitió la entrada en vigor del PK. La Unión Europea acordó el 25 de abril de 2002 el cumplimiento conjunto de los compromisos del PK; se trata de una decisión cargada de consecuencias.

3.2.2. Socio-económica

La magnitud de las pérdidas económicas sufridas pone de manifiesto la vulnerabilidad de las sociedades modernas a los cambios en el clima. Referente al clima en Europa, las pérdidas han sido considerables. Las inundaciones en Alemania durante el año 2002, causaron pérdidas de alrededor de 9200 millones de euros (Munich Re, 2002). Inglaterra ha experimentado dos grandes inundaciones en el verano de 2007, causadas por precipitaciones extremas. En general las pérdidas económicas ascendieron a cerca de

cuatro mil millones de dólares por evento catastrófico, de los cuales tres millones fueron asegurados.

Según las proyecciones del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC 2007), se señala que éste puede aumentar la frecuencia y la severidad de fenómenos meteorológicos extremos, tales como precipitaciones (extremas), ciclones tropicales y olas de calor en determinadas regiones. Los efectos del cambio climático en pequeños fenómenos meteorológicos extremos, tales como rayos y tormentas de granizo, siguen siendo inciertos (IPCC, 2007). Las posibilidades del calentamiento global incrementan la vulnerabilidad a condiciones meteorológicas extremas, siendo especialmente relevante para la industria de seguros (Vellinga et al., 2001). La industria de seguros es la industria más grande del mundo en términos de ingresos y también las que soportan una gran parte de los riesgos climáticos, tales como los daños causados por las inundaciones y las tormentas (Mills, 2007).

Las aseguradoras argumentan que los ajustes de las primas y los niveles de cobertura son suficientes para adaptarse a los cambios en los patrones de pérdida. De hecho, la naturaleza flexible de la industria, caracterizada por contratos en su mayoría a corto plazo, permiten un ajuste bastante rápido de las primas, asegurando su resistencia contra el cambio climático. Sin embargo, la falta de interés puede resultar problemática, significando una mayor exposición e insuficiencia de la pérdida y un considerable retroceso en la incorporación de las primas y de las prácticas de gestión de riesgos. Los ajustes de las primas basadas en las experiencias de las reivindicaciones anteriores de forma insuficiente, pueden reflejar cambios en el paradigma de los cálculos de la probabilidad de ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos, debido a su situación de escasa siniestralidad.

La relevancia de los riesgos climáticos para el sector de seguros se hace evidente mediante la observación de las tendencias pasadas de los asegurados y otras pérdidas económicas del tipo catástrofe natural. Los datos obtenidos de eventos pasados en relación a pérdidas por catástrofes naturales recogidos por Munich Re (2010) indican un aumento en las tendencias mundiales de las pérdidas que ya son observables. El factor principal detrás de este aumento de las pérdidas ha sido el cambio social. El continuo crecimiento económico, el desarrollo económico y crecimiento de la población, especialmente en las regiones vulnerables (por ejemplo, zonas costeras), combinado con el acelerado cambio climático extremo, hace posible el incremento, la magnificación del ritmo y la dimensión de los daños. La influencia del cambio climático sobre las

crecientes pérdidas económicas por catástrofes puede haberse agudizado a partir de un cambio habido en los climas extremos; como consecuencia de ello se espera que se produzca un cambio en las condiciones climáticas promedias (Dlugolecki, 2006).

Con este panorama, la mejor estrategia para las aseguradoras parece que ser una pronta incorporación de cambios esperados, no sólo en las previsiones de las condiciones meteorológicas extremas, también en la evaluación, la exposición, la fijación de precios y la gestión de riesgo. Los cambios proyectados en las probabilidades de eventos climáticos extremos se puede obtener a partir de modelos climáticos regionales (van den Hurk et al., 2006). Hay una clara necesidad de medidas de adaptación para reducir la exposición al riesgo dadas las emisiones históricas de gases de efecto invernadero-GEI y su consiguiente efecto sobre el forzamiento radiactivo en el futuro (Pielke et al., 2007). De otra parte, la propia evolución de la sociedad, como el desarrollo económico en zonas vulnerables, por ejemplo, determinadas zonas costeras requieren la adopción de políticas de reducción de riesgos a fin de garantizar la asegurabilidad de los riesgos climáticos. Conjuntamente a las medidas tradicionales para limitar los riesgos, aumentar las primas y limitar las coberturas, el sector asegurador podría desempeñar un papel importante, estimulando y promoviendo la mitigación y adaptación al cambio climático (Mills, 2007).

Las proyecciones de cambio climático en diversos países, indican un aumento en el riesgo de fenómenos meteorológicos extremos (van den Hurk et al., 2006). Sin embargo, las consecuencias del cambio climático para las aseguradoras no sólo son negativas. Por ejemplo, la probabilidad de heladas puede disminuir en el futuro lo que podría reducir las reclamaciones sobre determinadas políticas de seguro de cosechas. Dado lo anterior, el cambio climático nos puede presentar nuevas oportunidades de negocio rentables. La demanda de productos de seguro en la actualidad pueden aumentar así como el mercado de contratos de seguro nuevos, inexistentes hasta el momento, debido a los cambios que se avecinan y al incremento de las pérdidas económicas que se originen con el aumento de los riesgos por parte del cambio climático (Botzen y Van Den Bergh, 2009). Sin embargo, la problemática con la asegurabilidad de los riesgos debida al clima puede obstaculizar el desarrollo de los mercados, a causa fundamentalmente de la correlación natural de estos riesgos, asociada con la probabilidad y el impacto de los eventos climáticos extremos (Kunreuther y Michel-Kerjan, 2007). Diversas asociaciones a nivel mundial han planteado soluciones prometedoras para satisfacer la demanda y compensar los daños relacionados con el

clima que actualmente no se hallan cubiertos por los seguros privados, tales como los riesgos de sequía, inundaciones, entre otros.

3.2.3. Principales impactos del cambio climático

En este apartado se describen los principales impactos del cambio climático y algunos conceptos, que han de conocerse para disminuir las ambigüedades. Se analizarán los fenómenos climatológicos principales, estos corresponden a: tormentas extremas e inundaciones, ciclones tropicales extremos (tifones), huracanes, sequías masivas y granizadas.(en su conjunto se suelen llamar desastres hidrometeorológicos).

A nivel mundial, las tasas de mortalidad debido a los fenómenos meteorológicos extremos han disminuido considerablemente durante el último siglo (FICR 2003; Goklany 2007), lo que indica que las sociedades han sido capaces de adaptarse a mayores riesgos de salud causados por un clima más extremo, por ejemplo, por medio de la mejor atención médica (Goklany 2007). Evidentemente, la adaptación humana al cambio climático también puede limitar los daños causados por las futuras catástrofes naturales. Se puede evidenciar en los informes del panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, 2001, 2007,2014) y el Informe Stern (2007), que la actividad humana está contribuyendo de manera importante a los cambios climáticos, así mismo, que dichos cambios tienen efectos de largo alcance sobre los animales, las plantas, los ecosistemas y la humanidad. En el amplio escenario de efectos negativos, el cambio climático tiende a exacerbar la escasez de recursos naturales importantes, como es el caso del agua dulce, lo que conllevaría a desencadenar trastornos masivos de la población (migración), debido a fenómenos meteorológicos extremos, sequías, precipitaciones, inundaciones, granizadas, huracanes, desertificación y el aumento del nivel del mar. Según la evidencia empírica, el crecimiento de las pérdidas aseguradas a consecuencia de eventos relacionados con el clima se ha mantenido constante durante las últimas décadas (Swiss Re, 2005,2010); lo que puede haber contribuido a un aumento en las pérdidas causadas por desastres naturales, tal vez por la mayor frecuencia y severidad de los eventos extremos (Vellinga et al., 2001 ; Epstein y McCarty, 2004; Mills, 2005). Pese a dichas evidencias, subsiste una incertidumbre considerable respecto a la influencia de los cambios climáticos del pasado en el reciente crecimiento de las pérdidas (Changnon et al., 2000; Pielke et al., 2005). Diversas investigaciones han demostrado que el aumento de las pérdidas en todo el mundo se debe principalmente a factores socioeconómicos (Changnon, 2003; Bouwer et al., 2007;

Miller et al., 2008; Crompton y McAneney 2008). Los factores socioeconómicos que han provocado las mayores pérdidas son el crecimiento demográfico, el crecimiento de los hogares unipersonales, el aumento de la riqueza, la degradación del medio ambiente, la industrialización de las zonas más vulnerables (por ejemplo, las llanuras y las zonas costeras), la mayor vulnerabilidad de las sociedades modernas y la tecnología, el aumento en la concentración de la población (migraciones) y los valores económicos (Berz 1999, Hoff et al. 2003). Además, el incremento en la cobertura de seguros y el cambio de conductas hacia la compensación se ha traducido en un aumento en la información de las pérdidas (Vellinga et al. 2001). Otras investigaciones, evidencian un vínculo entre el cambio climático y los conflictos armados violentos dentro y entre los países (WBGU 2008; Buhaug, 2010; Burke et al, 2009; Buhaug, Gleditsch y Theisen, 2010; Hendrix y Glaser, 2007; Miguel, Satyanath y Sergenti, 2004); así mismo, líderes políticos mundiales (Ban Ki-moon (2007); Obama (2009)) han manifestado que el cambio climático contribuye a la formación de conflictos violentos y/o armados en el mundo, evidencia que a la fecha presenta débil solidez científica quedando apenas en ambiguas declaraciones políticas.

Es claro, que considerar el cambio climático como una variable independiente para valorar las pérdidas reportadas por eventos de la naturaleza, es un error; ya que diversos factores sociales influyen en los registros de las pérdidas por desastres. Bouwer et al., (2007) en su investigación argumenta un aumento potencial en las pérdidas de las diez ciudades más grandes del mundo solamente con cambios en la evolución socioeconómica. Existe una desigualdad de los daños causados por los desastres naturales en todo el mundo ya sean por efectos del desarrollo económico o por el cambio climático. El informe Stern (2007), ha indicado una mayor incidencia de los daños por cambio climáticos en los países en desarrollo a comparación de los países desarrollados; especialmente debido a la capacidad de adaptación que se pueda dar en la ocurrencia de eventos extremos y a la eficaz gestión de los recursos. Se espera que los efectos socioeconómicos que aumentan los daños en los desastres naturales, tengan un mayor impacto en las economías en desarrollo. (Sánchez-Rodríguez et al., 2007). Normalmente los hogares más pobres tienen mayor riesgo de un desastre natural que los hogares más ricos en los países en desarrollo, generalmente por estar ubicados en asentamientos de mayor riesgo, o porque se tiene limitación en el acceso al mercado de seguros, en ocasiones por que la mayoría de riesgos del cambio climático no se encuentran cubiertos por la industria aseguradora. (Hoff et al., 2005).

Los estudios cualitativos de casos proporcionan algunas pruebas, aunque si evidencia anecdótica de que los factores climáticos pueden provocar la degradación del medio ambiente (como la creciente escasez de agua, la degradación del suelo, la deforestación). Aún no queda claro, hasta qué punto estos resultados puedan generalizarse en casos específicos. Los grandes estudios, hasta ahora, no han logrado entregar pruebas concluyentes. Persiste un desacuerdo, al menos en parte, debido a la utilización de diferentes medidas de cambio climático, y diferentes tamaños de muestra y períodos de tiempo.

El clima y el tiempo pueden afectar a muchas actividades humanas, desde el ocio, pasando por las diversas actividades económicas (agricultura, ganadería, etc) hasta la producción industrial. Sin embargo, la estimación de las consecuencias del cambio climático para el crecimiento económico es difícil. La razón principal es que el impacto del cambio climático variará según los niveles de desarrollo económico y la capacidad política de un país, con niveles y tipos de condiciones climáticas (más/menos lluvias, altas/bajas temperaturas, tormentas más/menos frecuentes y/o intensas, velocidad de los vientos más/menos, etc.). En otras palabras, a pesar que los actores económicos y políticos responden a las condiciones climáticas a través del desarrollo e implementación de estrategias de adaptación, su capacidad para hacerlo depende críticamente de la capacidad institucional, económica y tecnológica.

Las proyecciones existentes del cambio climático indican un aumento en el riesgo de las precipitaciones extremas, las inundaciones y las sequías, en consecuencia se estima un impacto considerable sobre la economía y sobre la industria aseguradora. Para el caso de las inundaciones y precipitaciones, es conveniente aclarar que muchos países difieren en las coberturas, ya que existen acuerdos de riesgos compartidos para estos riesgos; los daños por inundación básicamente corresponden a daños causados por vertidos de agua o fallas técnicas o humanas y los daños por precipitación, contempla las fuertes lluvias locales que pueden causar daños directos a la propiedad o generar inundaciones. En lo que respecta a las proyecciones del cambio climático para la velocidad del viento, se demuestra una incertidumbre considerable en cuanto a la severidad de las tormentas de viento, un pequeño cambio en la velocidad del viento tendrá importantes consecuencias en los daños. Los períodos de sequía serán más comunes como resultado del calentamiento global; así mismo la probabilidad de daño por el riesgo de incendio aumenta. La tabla 3.2, muestra el acumulado de desastres naturales por sequía, durante el período 1900-2015, acaecidos en cada continente.

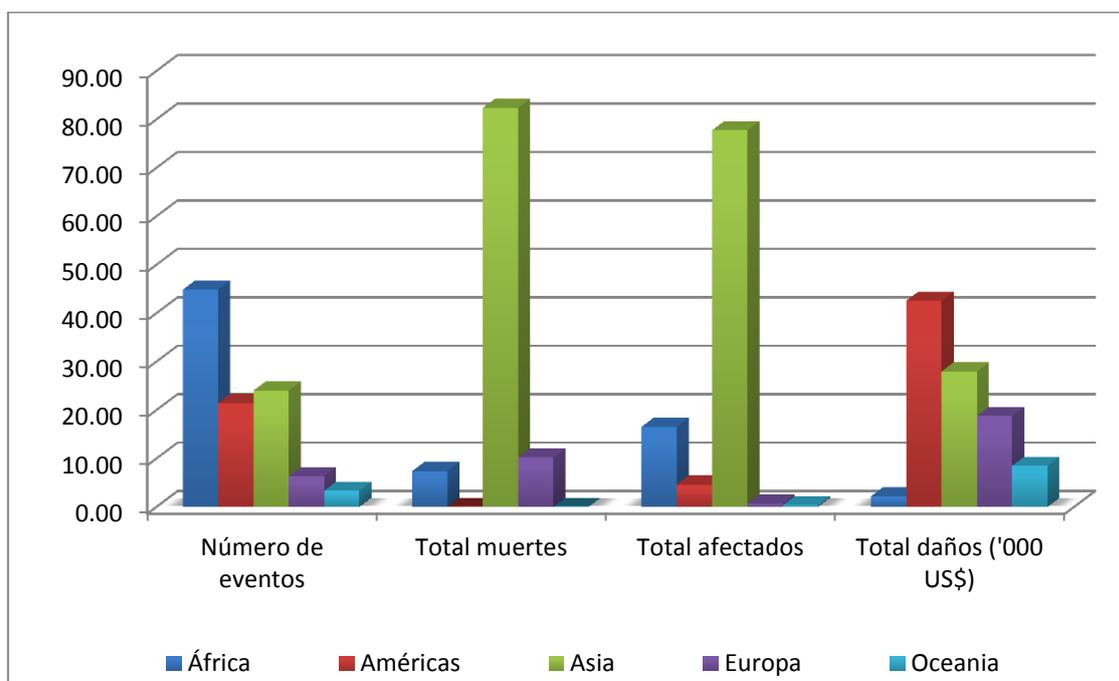
Tabla 3.2 **Desastres naturales por sequía acumulados por continentes, período 1900-2015**

Continente	Tipo de desastre	Número de eventos	Total muertes	Total afectados	Total daños ('000 US\$)
África	Sequia	297	867143	371035501	2984593
Américas	Sequia	142	77	104090026	57771139
Asia	Sequia	159	9663389	1744562029	37956865
Europa	Sequia	42	1200002	15488769	25481309
Oceanía	Sequia	22	660	8034019	11526000

Fuente: Elaboración propia a partir de EM-DAT: The CRED/OFDA International Disaster Database.

En el gráfico 3.1, se muestra la dimensión de los desastres naturales por efecto de la sequía para el período 1900-2015 en totales acumulados por continente.

Gráfico 3.1 **Desastres por efecto de la sequía por continente, período 1900-2014**



Fuente: Elaboración propia a partir de EM-DAT: The CRED/OFDA International Disaster Database.

Se puede apreciar la frecuencia de desastres en África y la severidad de los desastres en América medido por cuantificación del daño. Asia registra los mayores valores en pérdidas y afectaciones humanas.

La influencia del cambio climático en la frecuencia e intensidad de fenómenos de menor escala tales como las tormentas de granizo, es incierta; investigaciones argumentan que los daños en gran medida se encuentran influenciados por cambios en los factores sociales, especialmente en los modos o tipos de cultivo. (Changnon 2001).

3.2.4. Acuerdos internacionales

En la tabla 3.3 se presenta una lista cronológica detallada de los diferentes acuerdos internacionales en materia de cambio climático. Incluye la fecha de inicio del acuerdo, su nombre y el resultado o aporte importante.

Tabla 3.3 **Cronología de acuerdos internacionales para hacer frente al cambio climático**

Año	Acuerdo internacional	Resultado / aporte
2014	COP20 Lima. Conferencia de Naciones Unidas sobre Cambio Climático.	El aporte más importante de la Conferencia del Clima de la ONU en Lima fue una decisión adoptada por la Conferencia de las Partes (COP) denominada “ El llamado de Lima para la Acción Climática ”. Esta decisión de la COP refiere a la Plataforma de Durban, que es la vía de las negociaciones climáticas de la ONU que conduce a firmar un nuevo acuerdo sobre el cambio climático en París a finales del 2015.
2014	Cumbre sobre el Clima. Nueva York	Finalidad: acelerar la adopción de medidas ambiciosas y movilizar la voluntad política con miras a alcanzar un acuerdo mundial en la COP21 . Participaron más de 100 jefes de estado y líderes de instituciones financieras, empresas, sociedad civil y comunidades, lográndose compromisos importantes para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y en aportes económicos para enfrentar el cambio climático.
2013-2014	Quinto Informe de Evaluación del IPCC	El quinto informe concluye que “es sumamente probable que la influencia humana haya sido la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX”.
2013	COP19 Varsovia.	Se establece el Mecanismo de Varsovia para pérdidas y daños con la finalidad de proteger a las poblaciones más vulnerables frente a eventos climáticos extremos y eventos de evolución lenta como el aumento del nivel del mar. También se establece el Marco de Varsovia para REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación).
2012	COP18 Doha.	Se enmienda el Protocolo de Kyoto estableciendo el segundo periodo de compromiso por 8 años (2013 al 2020). Este periodo sólo cubre alrededor del 15% de las emisiones globales (por ejemplo Canadá, Rusia, Japón, Nueva Zelanda no participan), pero se logra mantener vigente un marco legal hasta el 2020 lo que permite continuar con las discusiones hacia un nuevo instrumento legal que entre en vigencia luego del término del Protocolo de Kyoto.

Año	Acuerdo internacional	Resultado / aporte
2011	COP17 Durban.	Se establece la Plataforma de Durban cuya finalidad es desarrollar un nuevo acuerdo global vinculante para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, a ser adoptado durante la COP21 en 2015 y a iniciarse en 2020. Se aprueba la continuación del Protocolo de Kyoto a través de un segundo periodo de compromiso.
2010	COP16 Cancún.	Se crea el Fondo Verde para el Clima y se firman los Acuerdos de Cancún que consisten en un paquete de propuestas en mitigación, adaptación, financiamiento y transferencia de tecnología. Este paquete incluye el establecimiento del Marco de Adaptación de Cancún , el cual promueve la formulación de planes nacionales de adaptación e impulsa la puesta en práctica de un programa de trabajo relacionado con pérdidas y daños.
2009	COP15 Copenhague.	Se redacta el Acuerdo de Copenhague , el cual fue preparado por un grupo reducido de países (que incluye a Estados Unidos, China, Brasil, India, Sudáfrica y la Unión Europea), y la Conferencia de las Partes “toma nota” del mismo. Este acuerdo reconoce que se debe limitar el incremento de temperatura a no más de 2°C , sin embargo no establece metas concretas de reducción de gases de efecto invernadero (posteriormente los países presentan metas de reducción voluntarias). No se presentan avances en las discusiones sobre un nuevo acuerdo vinculante después de 2012, luego del vencimiento del primer periodo de compromiso del Protocolo de Kyoto.
2007	Cuarto Informe de Evaluación del IPCC.	El cuarto informe del IPCC afirma que el cambio climático es un fenómeno “ inequívoco ” y que algunos de sus efectos ya son irreversibles.
2007	COP13 Bali.	Se establece la Hoja de Ruta de Bali con dos grupos de trabajo: Grupo de Trabajo Especial para discutir los nuevos compromisos con base en el Protocolo de Kyoto y el Grupo de Trabajo Especial para la Cooperación a Largo Plazo.
2005	COP11 Montreal.	Se establece el Programa de Trabajo de Nairobi para facilitar la generación y disseminación de información y conocimiento sobre impactos, vulnerabilidad y adaptación, a fin de informar los procesos de formulación de políticas e implementación de prácticas de adaptación especialmente en los países en desarrollo.
2004	Protocolo de Kyoto	Entra en vigencia el Protocolo de Kyoto , luego de su ratificación por 55 países parte de la Convención dentro de los cuales se encontraba un grupo de países industrializados que representaba al menos el 55% de las emisiones en 1990, lo cual era una condición para la entrada en vigor del Protocolo.

Año	Acuerdo internacional	Resultado / aporte
2001	Tercer Informe de Evaluación del IPCC.	Se concluye que los cambios climáticos regionales ya han influido en muchos sistemas físicos y biológicos y que los cambios previstos en climas extremos podrían tener importantes consecuencias.
2001	COP7 Marrakech.	Se adoptan los Acuerdos de Marrakech que definen las reglas para poner en práctica el Protocolo de Kyoto . Se establece un programa de trabajo para los Países Menos Desarrollados incluyendo la formulación de Programas Nacionales de Acción para la Adaptación (NAPAs).
1997	Protocolo de Kyoto.	Se aprueba el Protocolo de Kyoto basado en los principios de la Convención. El Protocolo establece metas obligatorias de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para 38 países industrializados más la Unión Europea (reducción del 5% de las emisiones respecto al año 1990 a ser cumplida en el periodo 2008-2012).
1995	COP1 Berlín.	Se realiza la primera Conferencia de las Partes (COP) . Las Partes son los 195 países que han ratificado la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático.
1995	Segundo Informe de Evaluación del IPCC.	Se concluye que el cambio climático inducido por la actividad humana representa un estrés adicional especialmente a los sistemas ecológicos y socioeconómicos que ya están siendo afectados por la contaminación y prácticas de manejo no sostenibles.
1992	Adopción de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático en el marco de la Cumbre de la Tierra realizada en Río, Brasil.	Los países firmantes acuerdan estabilizar la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que no perjudique al sistema climático. La Convención no es legalmente vinculante dado que no establece límites específicos para las emisiones. Gran hito en las relaciones internacionales y en el desarrollo del derecho ambiental internacional. Reafirma el concepto de desarrollo sostenible y supone un punto de inflexión en materia ambiental. Los líderes mundiales adoptan el plan conocido como Agenda 21, un ambicioso programa de acción para el desarrollo sostenible global.
1990	Primer Informe de Evaluación del IPCC.	Se afirma que las emisiones producidas por actividades humanas aumentan sustancialmente la concentración atmosférica de los gases que producen el efecto invernadero, lo cual producirá un calentamiento adicional de la Tierra. Se determina que si las emisiones de estos gases continúan al ritmo actual, los aumentos de la concentración se dejarán sentir durante siglos.
1988	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).	Creación del IPCC, el IPCC revisa y evalúa el conocimiento científico y técnico que se produce en el mundo relacionado con el cambio climático, publicando informes de evaluación a intervalos regulares de tiempo.
1979	Primera Conferencia Mundial sobre el Clima.	Por primera vez se considera al cambio climático como una amenaza real a nivel internacional. Se adopta una declaración que incita a los gobiernos a prevenir y evitar los posibles cambios en el clima provocados por el hombre.

Año	Acuerdo internacional	Resultado / aporte
1972	Conferencia de Estocolmo	Por primera vez la comunidad internacional comienza a considerar las alertas de los científicos sobre los efectos de la actividad humana en el clima . La cumbre recomienda a la Organización Mundial de Meteorología que investigue sobre las causas naturales y humanas del posible proceso de cambio climático.

Fuente: Elaboración propia a partir de <http://kp.iadb.org/Adaptacion/es/Paginas/CentrodeConocimiento/Acuerdos-Internacionales.aspx>, consultado en línea julio 2015.

3.3. Nociones de sostenibilidad

Para muchas personas, la idea básica de la sostenibilidad se centra en gran medida en el agotamiento de los recursos. Otros consideran que la sostenibilidad abarca también la contaminación (irreversible), la conservación de la naturaleza y otros aspectos ambientales y ecológicos. Algunos incluyen los aspectos de la calidad de la vida humana, el bienestar humano.

Durante los últimos treinta años se han hecho cientos de definiciones de la sostenibilidad y el desarrollo sostenible. Muchos de ellos tienen un elemento importante en común: *para sobrevivir - los seres humanos - en el largo plazo*.

Aunque las definiciones pueden ser diferentes en su alcance, ahora es ampliamente aceptado que la sostenibilidad comprende los tres elementos mencionados anteriormente. Por lo tanto la sostenibilidad trata:

- Los seres humanos → Bienestar Humano (Bienestar social)
- El medio ambiente, el ecosistema en el que vivimos → Bienestar Ambiental
- La economía, lo que nos permite hacer lo que hacemos → Bienestar Económico

Algunas personas hacen una distinción adicional entre los individuos y la sociedad en que viven, a menudo descritos como el bienestar humano y el bienestar social.

Los tres valores fundamentales humanos, medio ambiente y el bienestar económico están relacionados entre sí. Ellos no son independientes, por el contrario, son muy interdependientes, hay un gran equilibrio entre los tres valores.

Algunas personas pretenden que para alcanzar la sostenibilidad, es suficiente con que el valor total de bienestar humano, ambiental y económico, al menos, se mantendrá igual. Así, se aceptan las compensaciones entre los tres, siempre y cuando la suma total no esté en declive. Este enfoque se denomina sostenibilidad débil, en contraste con la sostenibilidad fuerte. Otros, incluyendo a la SSF, hacen hincapié en que no hay sostenibilidad débil o fuerte, solamente sostenibilidad. Las compensaciones entre los

tres elementos no pueden ser aceptadas. La sostenibilidad sólo se puede lograr cuando los tres elementos han alcanzado el nivel de sostenibilidad.

No todos los tres valores son iguales. Bienestar Humano y Bienestar ambiental son metas que se deben alcanzar, mientras Bienestar económico es un medio para poder alcanzar la sostenibilidad y mantenerla a lo largo del tiempo.

El concepto de sostenibilidad se apoya en algunos principios básicos:

1. equidad intrageneracional, la solidaridad entre todas las personas que viven hoy.
2. equidad intergeneracional, dejando a las próximas generaciones, no con las manos vacías por el agotamiento de los recursos y echar a perder el medio ambiente.
3. límites ecológicos, que viven dentro de la capacidad de carga de la tierra.
4. principio de precaución, es decir que en caso de falta de información, es mejor errar en el lado de la precaución, en vez de correr el riesgo de deterioro irreversible.

Eso significa que la sostenibilidad no es sólo una cuestión de moda o ideología. La sostenibilidad nos afecta a todos y por lo tanto requiere de acciones adecuadas de todos nosotros. A continuación se esbozan algunas definiciones de sostenibilidad²¹, en orden cronológico.

La sociedad sostenible es aquella que vive dentro de los límites auto-perpetuación de su entorno. Que la sociedad no es una sociedad "no crecimiento". Es más bien, una sociedad que reconoce los límites del crecimiento y busca formas alternativas de crecimiento (Coomer, 1979)

Desarrollo sostenible - el desarrollo que pueda alcanzar la duradera satisfacción de las necesidades humanas y la mejora de la calidad de vida. (Allen, 1980)

El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. (Comisión Brundtland, 1987)

Desarrollo sostenible - desarrollo económico que puede continuar indefinidamente, ya que se basa en la explotación de los recursos renovables y causa daños al medio ambiente insuficiente para que esto plantee un límite final. (Allaby, 1988)

La idea básica (de desarrollo sostenible) es simple en el contexto de los recursos naturales (excluyendo limitados) y ambientales: el uso que se haga de estos insumos

²¹ Extraído de diversas fuentes, entre ellas un trabajo de Rob Hounsome y Peter Ashton, CSIR, Sudáfrica

para el proceso de desarrollo debe ser sostenible en el tiempo. Si ahora aplicamos la idea a los recursos, la sostenibilidad debe significar que un determinado conjunto de recursos - los árboles, la calidad del suelo, el agua, y así sucesivamente - no debe disminuir. (Markandya y Pearce, 1988)

La supervivencia indefinida de la especie humana (con una calidad de vida más allá de la simple supervivencia biológica) a través del mantenimiento de los sistemas de soporte vital básico (aire, agua, suelo, biota) y la existencia de infraestructura e instituciones que distribuyen y protegen los componentes de estos sistemas. (Liverman et al., 1988)

El concepto de desarrollo sostenible constituye una elaboración adicional de la estrecha relación entre la actividad económica y la conservación de los recursos ambientales. Implica una colaboración entre el medio ambiente y la economía, en el que un elemento clave es el legado de recursos del medio ambiente que no está "demasiado" disminuido. (OCDE, 1990).

Desarrollo sostenible: la cantidad de consumo que puede ser sostenido indefinidamente y sin reservas de capital degradantes, incluidas las existencias de capital natural. (Costanza y Wainger, 1991)

El desarrollo sostenible significa mejorar la calidad de vida de los seres humanos, mientras que viven dentro de la capacidad de carga de los ecosistemas de soporte. (UICN, PNUMA, WWF, 1991)

El desarrollo sostenible significa basar las políticas de desarrollo y medio ambiente en una comparación de los costos y beneficios y sobre el cuidado de un análisis económico que fortalezca la protección del medio ambiente y llevar a niveles crecientes y sostenibles de bienestar. (Banco Mundial, 1992)

El desarrollo sostenible significa ajustar el crecimiento económico para permanecer dentro de los límites establecidos por los sistemas naturales renovables, sin perjuicio de las posibilidades de la ingenuidad humana y la adaptación a través de una cuidadosa administración prudente de los recursos críticos y el avance tecnológico, junto a la redistribución de los recursos y la energía de forma que garantice las condiciones adecuadas de habitabilidad para todas las generaciones presentes y futuras. (O'Riordan y Yaeger, 1994)

Una sociedad sostenible denota implícitamente una que se basa en una visión a largo plazo en el que debe preverse las consecuencias de sus diversas actividades para garantizar que no se rompan los ciclos de renovación; tiene que ser una sociedad de la

conservación y la preocupación generacional. Se debe evitar la adopción de objetivos mutuamente irreconciliables. Igualmente, debe ser una sociedad de justicia social, porque las grandes disparidades de riqueza o privilegio se reproducen en discordia destructiva. (Hossain, 1995)

La definición Brundtland, la mejor de todos, ampliada con una tercera frase, para hacer explícito que la sostenibilidad no es sólo acerca de los seres humanos, ni sólo por el medio ambiente o los recursos naturales, es todo. Así, la definición quedará de la siguiente manera:

Una sociedad sostenible es una sociedad

- que cumple con las necesidades de la generación actual,
- que no compromete la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades,
- en el que cada ser humano tiene la oportunidad de desarrollarse en libertad, dentro de una sociedad bien equilibrada y en armonía con su entorno.

3.3.1. Enfoques y medición de la sostenibilidad

No existe una definición universalmente aceptada de la sostenibilidad. Los valores y los intereses políticos y económicos juegan un papel central en el debate sobre la sostenibilidad.

Desde el punto de vista científico, sin embargo, ciertos enfoques proporcionan herramientas de comparación entre los países que registran un camino hacia el progreso de la sostenibilidad.

En resumen estos enfoques son:

1. Presión-Estado-Respuesta (PER): Este modelo fue desarrollado por la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD, 1991) y se basa en el hecho de que los seres humanos ejercen presiones sobre el ecosistema y la sociedad, que altera su estado y de llamada para ciertas respuestas. Su enfoque principal es en los aspectos ecológicos, aunque los indicadores socio-económicos son también de interés.
2. Huella ecológica: Se introdujo en Rees (1992) y calcula la tierra equivalente necesaria para producir ciertos recursos básicos y absorber ciertos residuos asociados a una determinada población. En definitiva, la huella ecológica es la tierra productiva que utiliza una población. Se está sesgada hacia el lado ecológico y calcula un área de la tierra, no una puntuación de sostenibilidad.

3. **Barómetro de la Sostenibilidad:** Este modelo fue introducido por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Prescott-Allen, 2001) y es una herramienta visual de evaluación de la sostenibilidad. La sostenibilidad de un país tiene dos componentes fundamentales, el bienestar del ecosistema y el bienestar humano. Todos los indicadores se escalan en $[0, 100]$, donde 0 es el peor desempeño y 100 el mejor rendimiento de un indicador. Por tanto las puntuaciones se calculan por una agregación directa.
4. **Índice de Sostenibilidad Ambiental (ESI):** (ESI Esty *et al.* 2005) calcula un índice de sostenibilidad ambiental para un país sobre la base de 21 indicadores, que a su vez son evaluados en 76 conjuntos de datos. El índice ESI se calcula como un promedio ponderado de los indicadores con el mismo peso. Los países están clasificados en consecuencia.
5. **Evaluación de la Sostenibilidad mediante la Evaluación Fuzzy (SAFE, en inglés - Sustainability assessment by fuzzy evaluation):** Este modelo fue introducido en Phillis y Andriantiatsaholiniaina (2001) y desarrollado en Andriantiatsaholiniaina *et al.*, (2004), Kouloumpis *et al.* (2008), y Phillis y Kouikoglou (2009). SAFE es un sistema jerárquico de inferencia difuso. Utiliza el conocimiento codificado en reglas de "si-entonces" y la lógica difusa para combinar entradas, llamados indicadores básicos, en variables más compuestas que describen diferentes aspectos medioambientales y sociales, y, por último, proporciona un índice global de sostenibilidad en $[0, 1]$.
6. **Multicriterios y Lógica Difusa:** Un modelo similar al ESI usando 74 indicadores y criterios múltiples de toma de decisiones (MCDM) junto con un esquema de inferencia difusa similar a la SAFE se introdujo en Liu (2007). Se calcula un índice de sostenibilidad global a través de razonamiento difuso secuencial mientras MCDM tiene tres pasos, la descomposición, la ponderación y la síntesis.
7. **Índice de la Sociedad Sostenible (SSI):** La SSI (Van de Kerk y Manuel, 2008) se basa en 22 indicadores ambientales y sociales, que se agrupan en 5 categorías principales utilizando ponderaciones iguales. Las 5 categorías se agregan a SSI usando pesos desiguales. En todos los 150 países se clasifican en consecuencia.

PRINCIPIOS BÁSICOS

Se puede definir principios como el conjunto de creencias, valores, normas, que orientan y regulan la vida. Se constituyen como soporte de nuestro actuar, hacen parte de nuestra forma de ser, pensar y accionar. Su vínculo ético está muy marcado en su conceptualización. Se presenta en este apartado, ya que consideramos vital plantear algunos soportes, en los que se pueda gestar los procesos de cambio y en los que se desarrollen las dinámicas legitimados por su invocación.

4.1. Principio de precaución

El principio de precaución o también llamado de “cautela”, permite reaccionar rápidamente ante un posible peligro para la salud humana, animal o vegetal, o para proteger el medio ambiente. De hecho, en caso de que los datos científicos no permitan una determinación completa del riesgo, el recurso a este principio permite, por ejemplo, impedir la distribución de productos que puedan entrañar un peligro para la salud o incluso proceder a su retirada del mercado.

El principio de precaución nació en Alemania, procedente de la política ambiental, a comienzos de los años setenta del siglo XX, de la mano del Gobierno federal socialdemócrata y que ha llegado a convertirse en el paradigma de protección de los grupos ecologistas. No obstante, fue la *Declaración de Río de Janeiro* aprobada en la Cumbre Mundial del Desarrollo Sostenible del año 1992, la que en su Principio 15, popularizó esta directriz jurídica al determinar que:

“Con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deben aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no debe utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente”.

Podemos afirmar que el Principio de Precaución es uno de los pilares fundamentales del principio de desarrollo sostenible y del deber de protección al medio ambiente. Este Principio se encuentra consagrado en las legislaciones de muchos Estados y es principio

rector en el Derecho Internacional y en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Para el caso Europeo, se presenta una síntesis extraída de la comunicación de la Comisión de febrero 2 de 2000, sobre el recurso al principio de precaución, legislación de la Unión Europea.

El principio de precaución se menciona en el artículo 191 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (UE). Pretende garantizar un elevado nivel de protección del medio ambiente mediante la toma de decisión preventiva en caso de riesgo. No obstante, en la práctica, su ámbito de aplicación es mucho más amplio y se extiende asimismo a la política de los consumidores, a la legislación europea relativa a los alimentos, a la salud humana, animal y vegetal.

Dicha Comunicación establece líneas directrices comunes acerca de la aplicación del principio de precaución.

La definición del principio también debe tener un impacto positivo a nivel internacional con el fin de garantizar un adecuado nivel de protección del medio ambiente y de la salud en las negociaciones internacionales. Ha sido reconocido por distintos convenios internacionales y en particular, en el Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (MSF) celebrado en el marco de la Organización Mundial del Comercio (OMC).

Recurso al principio de precaución: Según la Comisión, puede invocarse el principio de precaución cuando un fenómeno, un producto o un proceso puedan tener efectos potencialmente peligrosos identificados por una evaluación científica y objetiva, si dicha evaluación no permite determinar el riesgo con suficiente certeza.

El recurso al principio se inscribe, por tanto, en el marco general del análisis de riesgo (que incluye, al margen de la evaluación del riesgo, la gestión del riesgo y la comunicación del riesgo) y, más concretamente, en el marco de la gestión del riesgo que corresponde a la fase de toma de decisiones.

La Comisión subraya que el principio de precaución solo se puede invocar en la hipótesis de un riesgo potencial, y que en ningún caso puede justificar una toma de decisión arbitraria.

El recurso al principio de precaución solo está justificado si se cumplen las tres condiciones siguientes: (i) identificación de los efectos potencialmente negativos; (ii) evaluación de los datos científicos disponibles; (iii) ampliación de la incertidumbre científica.

Medidas de precaución: Las autoridades encargadas de la gestión del riesgo pueden decidir actuar o de no actuar en función del nivel de riesgo. Si el riesgo es elevado, se pueden adoptar varias categorías de medidas. Se puede tratar de actos jurídicos proporcionados, de la financiación de programas de investigación, de medidas de información al público, etc.

Directrices comunes: El recurso al principio de precaución debe guiarse por tres principios específicos: (i) una evaluación científica lo más completa posible y la determinación, en la medida de lo posible, del grado de incertidumbre científica; (ii) una determinación del riesgo y de las consecuencias potenciales de la inacción; (iii) la participación de todas las partes interesadas en el estudio de medidas de precaución, tan pronto como se disponga de los resultados de la evaluación científica o de la determinación del riesgo.

Además, los principios generales de la gestión de los riesgos cuando se invoca el principio de precaución. Se trata de los cinco principios siguientes: (i) la proporcionalidad entre las medidas adoptadas y el nivel de protección elegido; (ii) la no discriminación en la aplicación de las medidas; (iii) la coherencia de las medidas con las ya adoptadas en situaciones similares o utilizando planteamientos similares; (iv) el análisis de las ventajas y los inconvenientes que se derivan de la acción o de la inacción; (v) la revisión de las medidas a la luz de la evolución científica.

Carga de la prueba: En la mayoría de los casos, los consumidores europeos y las asociaciones que les representan deben demostrar el riesgo que entraña un procedimiento o un producto una vez comercializado, excepto en el caso de los medicamentos, los pesticidas o los aditivos alimentarios.

Por tanto, en el caso de una acción adoptada en virtud del principio de precaución. Se puede exigir que el productor, el fabricante o el importador demuestren la ausencia de peligro. Esta posibilidad debe examinarse en cada caso. No se puede ampliar de forma general a todos los productos y procesos de comercialización.

Las dinámicas sociales no están exentas de peligros, ellas mismas producto de las interacciones generan sus propios riesgos. El concepto de sociedad del riesgo, fue introducido por el sociólogo alemán Ulrich Beck, para rotular a la sociedad capitalista occidental tal y como se configura tras la Segunda Guerra Mundial y hacer referencia a una serie de efectos negativos (los denominados “nuevos riesgos”) derivados del desarrollo de la técnica y de los actuales sistemas de producción y consumo en las sociedades postindustriales. El objetivo principal del principio de precaución es

neutralizar la existencia de posibles riesgos cuando no exista una certeza científica. Es entonces cuando bajo esta incertidumbre, que el principio de precaución toma su valor para ser invocado (González, 2005).

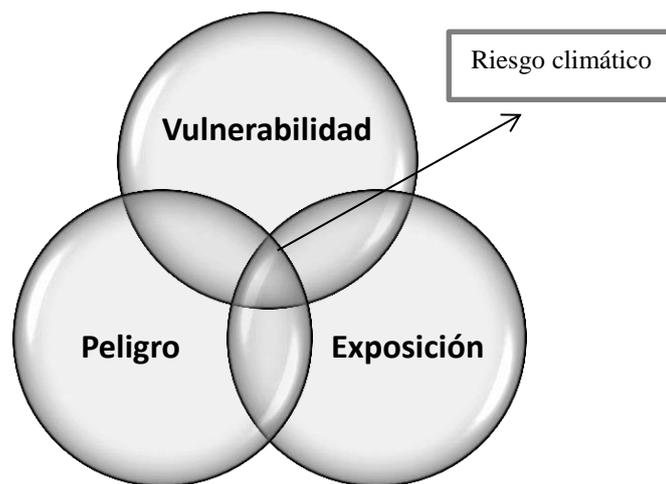
4.2. Gestión de riesgos

El riesgo se asocia a un nivel de incertidumbre frente a las amenazas latentes. Riesgo e incertidumbre son conceptos centrales en la problemática del cambio climático. Un tema esencial que frecuentemente genera confusión en la literatura corresponde a la distinción entre riesgos probabilizables e incertidumbres no probabilizables. Refiriéndonos al libro de Hirshleifer y Riley (1992), hay que distinguir entre: a) acciones alternativas, x ; b) estados de la naturaleza, s ; c) consecuencias, $c(x, s)$, y d) función de probabilidad subjetiva de los estados de la naturaleza, $p(s)$. La función utilidad depende de las acciones y de los acontecimientos: $v(x,s)$. El enfoque de los autores se basa en las probabilidades subjetivas relativas a los acontecimientos o estados de la naturaleza. La función $v(s)$ representa la función elemental de utilidad, definida sobre las consecuencias, incluidas las probabilidades de las mismas. Es necesario derivar la función de utilidad definida sobre las acciones; para ello hay que operar con utilidades cardinales, medibles. El criterio aplicado es la regla de la utilidad esperada.

El método de utilidad esperada plantea algunas cuestiones. Por ejemplo, Hirshleifer y Riley rehúsan explícitamente la distinción formulada por Knight entre riesgo e incertidumbre, defendida también por Keynes. Según Hirshleifer y Riley, es preciso recuperar el concepto de incertidumbre como manifestación de ignorancia no probabilizable para tratar determinados problemas suscitados, entre otros, por el cambio climático. Las diversas contribuciones de Arrow, relativas a risk y risk-bearing, también están formuladas en términos de situaciones probabilizables. El concepto de ignorancia planteado por Arrow y Hurwicz, (1977), consideraba que en este caso todos los estados de la naturaleza son igualmente probables. Otro planteamiento cuando el criterio de decisión es la esperanza matemática es la promovida por la presencia de irreversibilidades. Por otra parte, cuando problemas como el cambio climático exigen diferenciar claramente situaciones de riesgo de aquéllas en las que existe ignorancia – ignorancia relativa pero, en definitiva, ignorancia–, se plantea el tema de la pertinencia del llamado Principio de Precaución en relación con la toma de decisiones bajo condiciones de incertidumbre.

La cuestión de riesgo se encuentra fuertemente vinculada a los seguros²². Chichilnisky y Heal (1993), entre otros, han tratado estos argumentos. Subrayan que los sistemas de seguros no implican tomar medidas para reducir el riesgo que existe objetivamente; sirven, sin embargo, para paliar las consecuencias –los daños, lesiones– que sufren los agentes afectados. En este contexto, el principio del seguro mutualista (de larga tradición) concede compensar a los damnificados que pertenecen a un colectivo con probabilidades no conocidas de ser damnificados; si todo el mundo tiene la misma probabilidad de ser damnificado y este hecho es conocido, no se creará el sistema de seguro mutualista o bien, si se crea, no puede garantizarse su viabilidad. En consecuencia, Chichilnisky y Heal (1993), proponen un segundo enfoque –un marco institucional– que pretende cubrir las incertidumbres relativas a la distribución global de los efectos adversos. Ilustran el marco institucional con un ejemplo. Suponen que Estados Unidos y la Unión Europea tienen percepciones diferentes del riesgo de sufrir las consecuencias del cambio climático, y Estados Unidos es más optimista. En esta circunstancia se dan condiciones para que Estados Unidos pueda vender un seguro a la Unión Europea. En términos más globales, califican los riesgos asociados con el cambio climático de escasamente comprendidos, endógenos, colectivos e irreversibles (Schneider, 2002).

Figura 4.1 **Interacción del riesgo conexo al cambio climático**



Fuente: IPCC, Informe de síntesis, AR5 (2014).

²² La constitución de seguros requiere, como es sabido, que los riesgos estén repartidos de forma diferenciada entre la población; en el caso extremo, si todo el mundo está en las mismas condiciones en términos de riesgo, no es posible compensar los riesgos y, por consiguiente, no puede haber un sistema de seguros sostenible. El desarrollo de seguros para hacer frente a los riesgos derivados del cambio climático debe considerar esta cuestión. Véase Mills, E. et al. (2005)

4.2.1. Resiliencia²³

La capacidad de recuperación del riesgo es tan importante para los países como para las empresas. Desde la perspectiva de los sistemas de pensamiento, un país de riesgo resiliente es aquel que puede adaptarse a contextos cambiantes, resistir a los choques repentinos y recuperar a un equilibrio deseado, y al mismo tiempo que preserva la continuidad de sus operaciones. La resiliencia implica la capacidad tanto para la pronta recuperación después de un choque (como una caída de la bolsa o un desastre natural) y la adaptación oportuna en respuesta a un entorno cambiante (como una transición demográfica o el cambio climático).

Desde los desastres naturales hasta las crisis financieras, los riesgos globales son eventos exógenos, que van más allá de la capacidad de un país o una empresa para gestionar por su cuenta. Tradicionalmente, la práctica de la gestión de riesgos se ha centrado casi exclusivamente en los riesgos evitables, donde la cultura de estricto cumplimiento, puede mitigar o incluso evitar resultados en el peor de los casos. Llenando el vacío analítico sobre los riesgos globales, el Foro Económico Mundial publica anualmente su Informe Global de Riesgos²⁴ para evaluar la probabilidad, el impacto y la vinculación internacional de veintiocho riesgos globales y trece tendencias conductoras de dichos riesgos. Su disposición central es que los países, así como las empresas tienen que centrarse mucho más en la construcción de su capacidad de recuperación.

¿Qué significa para un país mostrar la capacidad de recuperación frente a los riesgos que no puede manejar por sí solo? La ingeniería estructural definiría la resiliencia como la capacidad para soportar más la tensión, y para volver a la normalidad después de un evento estresante. Esta es una definición adecuada para un puente o un rascacielos, pero no necesariamente para un país. La historia tiene muy pocos ejemplos, en su caso, de un país que soportó un gran estrés para volver a su estado anterior.

En un contexto nacional, el estrés a menudo revela una variedad de sistemas críticos pero menos conocidos a través del cual un país logra adaptarse al encontrar diferentes maneras de llevar a cabo las funciones esenciales. Esta toma de conciencia está detrás del esfuerzo por la Red de Respuesta a los Riesgos del Foro Económico Mundial (RRN-

²³ Tomado de Lee Howell - Resilience: What it is and why it's needed.

²⁴ El informe está basado en *The Global Risks Perception Survey, 2014*; expertos de la industria, el gobierno y la academia. El informe se encuentra disponible en: <http://reports.weforum.org>

en inglés The Risk Response Network) para desarrollar una herramienta de diagnóstico para evaluar la capacidad de recuperación de un país a los posibles riesgos globales.

Resiliencia Nacional, en el marco de esta iniciativa, consiste en la capacidad de:

- adaptarse a los cambiantes contextos;
- soportar los choques repentinos; y
- recuperar a un equilibrio deseado, preservando al mismo tiempo la continuidad de sus operaciones.

Como los riesgos globales pueden ser repentinos o de aparición lenta; los tres elementos de esta definición abarcan tanto recuperabilidad (la capacidad para la pronta recuperación después de una crisis) y la capacidad de adaptación (adaptación oportuna en respuesta a un entorno cambiante).

La resiliencia nacional requiere "pensamiento sistémico" - es decir, la conceptualización de un país como un sistema en sí, que es a la vez, parte de sistemas más grandes y hace parte de sistemas más pequeños. Esos sistemas más grandes incluyen la economía global, el clima, las redes de comunicación que llegan a través de las fronteras, y así sucesivamente; en efecto, el Informe de Riesgos Globales, analiza los riesgos que se llevan a cabo dentro de estos sistemas más grandes. El marco de diagnóstico propuesto para la evaluación de la resistencia nacional a los riesgos globales considera cinco subsistemas que componen el sistema país - su economía, el medio ambiente, la sociedad, el gobierno y la infraestructura - y funciona a partir de la definición de la capacidad de recuperación de uso frecuente en un contexto de sistemas: capacidad de mantener funciones básicas a raíz de una perturbación importante.

El marco propuesto de la RRN se propone evaluar cada uno de los cinco subsistemas frente a los cinco atributos de resistencia extraídos del pensamiento sistémico antes mencionado:

Redundancia - Tener un exceso de capacidad y diversas maneras de lograr los mismos objetivos

Robustez - Tener mecanismos de seguridad y cortafuegos y capacidad para la toma de decisiones para convertirse en cualquiera de los dos más importantes o más flexible cuando sea necesario

Inventiva - Tener redes de confianza que permiten la auto-organización flexible para adaptarse a las crisis de formas novedosas

Respuesta - Tener buenos mecanismos de retroalimentación que permitan el reconocimiento temprano de los nuevos problemas y la capacidad de movilización rápida

Recuperación - Tener la capacidad de recuperarse de una crisis mediante la absorción de información nueva, adaptándose rápidamente a las nuevas circunstancias

Estos cinco atributos de resiliencia, mencionados anteriormente, se aplicarán a los subsistemas de cinco países. El objetivo es combinar los datos estadísticos cuantitativos con datos de percepciones basadas en una metodología similar a la bien establecida en el Índice de Competitividad Global del Foro. En la práctica, esto se hace mediante la recopilación de datos basados en la percepción a través de dos de las principales encuestas que el WEF gestiona anualmente: la Encuesta de Percepción de Riesgos Globales, con más de 1.000 encuestados, que se alimenta en el Informe de Riesgos Globales; y de la Encuesta de Opinión Ejecutiva, con más de 14.000 encuestados, que es una componente importante del Informe de Competitividad Global.

En la encuesta de percepción de Riesgos Globales, para cada uno de los 50 riesgos globales, se preguntó: "Si este riesgo se materializó en su país de experiencia, ¿cuál es la capacidad del país para adaptarse y/o recuperarse del impacto?" Las respuestas de las categorías ambientales y económicas de riesgos proporcionaron percepciones de los expertos de la capacidad de cada país en particular para la recuperación de cada uno de estos subsistemas.

Diez países recibieron suficientes respuestas en la encuesta de 2013. Suiza registro altamente en ambos aspectos, en tanto que Italia y la India aparecen en el extremo inferior de la escala. Curiosamente, Japón fue percibido como altamente resistente al medio ambiente, pero significativamente menor económicamente.

En la encuesta de opinión ejecutiva, se preguntó a los participantes "¿Cómo evaluaría la efectividad del manejo del riesgo general de su gobierno nacional de supervisión, preparación, respuesta y mitigación de los grandes riesgos globales (por ejemplo, la crisis financiera, los desastres naturales, el cambio climático, las pandemias, etc.)? (1 = No es efectivo en la gestión de los principales riesgos globales; 7 = eficaz en la gestión de los principales riesgos globales)". Este es un primer paso para clasificar a los países en la capacidad de respuesta de su subsistema de gobierno.

De los diez países que alcanzaron significación estadística en la encuesta de percepción global de riesgos y en las respuestas a la Encuesta de Opinión Ejecutiva, presentó que los gobiernos de Alemania, Suiza y el Reino Unido fueron percibidos por

los líderes empresariales que poseen comparativamente efectividad en la gestión de alto riesgo, Rusia y Japón apuntaron comparativamente mal. En general, los países percibidos como eficaces en el manejo de riesgos altos, tienden también a puntuar alto en la competitividad general según el ranking de las respuestas a las otras preguntas de la Encuesta de Opinión Ejecutiva, que se utilizan para elaborar el Índice de Competitividad Global.

El equipo RRN realizó el análisis estadístico de las respuestas de la encuesta para examinar cómo las respuestas a la pregunta sobre la eficacia de la gestión del riesgo correlacionado con los demás. Se encontró que estas percepciones de resiliencia son estadísticamente significativas, correlacionadas con otros siete factores incluidos en la encuesta: Capacidad de los políticos para gobernar, las relaciones entre empresas y gobiernos, eficiencia en implementación de la reforma, la confianza pública de los políticos, el despilfarro del gasto público, las medidas para combatir la corrupción y el soborno, la prestación de servicios públicos para mejorar el rendimiento del negocio.

Es posible identificar tres grandes temas de estos siete elementos. En primer lugar, la capacidad de recuperación parece estar vinculada a la capacidad de liderazgo - los políticos deben ser capaces de atraer la atención de su gente y de hacer las cosas, sobre todo en un momento de crisis. En segundo lugar, la capacidad de recuperación es ayudada por la transparencia y la eficiencia en conseguir tal cosa. Y en tercer lugar, la capacidad de recuperación depende de las buenas relaciones entre los actores del sector público y privado, lo que permite a las empresas mantener responsables de políticas informados sobre las condiciones cambiantes y cómo pueden ayudar a las empresas para su continuidad.

Al combinar las evaluaciones de cada uno de los cinco factores de resiliencia que se aplican a cada uno de los cinco subsistemas país, se ayuda a los tomadores de decisiones nacionales para comparar el nivel de la capacidad de recuperación de su país, el seguimiento del progreso y la identificación de áreas que pueden requerir la inversión estratégica ante amenaza de riesgos globales.

4.3. Sostenibilidad en los seguros

La sostenibilidad de los seguros corresponde a un enfoque estratégico en todas las actividades, en la cadena de valor de seguros; incluyendo las interacciones con los grupos de interés. Exige una gestión responsable y una visión de futuro mediante la

identificación, evaluación, gestión y seguimiento de los riesgos y oportunidades asociados con aspectos medioambientales, sociales y de gobernanza. Tiene como objetivo reducir el riesgo, desarrollar soluciones innovadoras, mejorar el rendimiento empresarial, y contribuir a la sostenibilidad ambiental, social y económica.

El negocio principal de la industria de seguros es el de entender, gestionar y cubrir el riesgo. La confianza que las personas depositan en la industria aseguradora para cumplir su obligación de prevención de riesgos, es fundamental. A través de la reducción de riesgos y compartiendo riesgos, la industria aseguradora ayuda a proteger a la sociedad, fomenta la innovación y la base del desarrollo económico. Estas son contribuciones fundamentales para que una sociedad funcione bien y sosteniblemente.

La iniciativa de Naciones Unidas para el medioambiente programa de finanzas (PNUMA FI)²⁵, promotora en Rio+20 de los Principios para la sostenibilidad en seguros (Principles for Sustainable Insurance –PSI por sus siglas en inglés), es una plataforma que asocia a las Naciones Unidas con el sector financiero mundial. Cuenta con más de doscientos miembros que pertenecen a bancos, inversores y aseguradoras de todo el mundo, que reconocen la sostenibilidad como parte de una responsabilidad y enfoque de apoyo colectivo, para anticipar y prevenir los posibles impactos negativos sobre el medio ambiente y la sociedad.

Avalado por el Secretario General de la ONU, los Principios han dado lugar a la mayor iniciativa de colaboración entre la ONU y la Iniciativa de la industria de seguros de PSI. A partir de julio de 2014, 70 organizaciones han adoptado los Principios, incluyendo las aseguradoras que representan aproximadamente el 15% del volumen de primas del mundo y 8 billones de dólares en activos bajo gestión. Los principios son parte de los criterios de la industria de seguros de los índices de sostenibilidad FTSE4 Good y Dow Jones. La visión de la iniciativa PSI es de riesgo mundial consciente, en donde la industria de seguros, confía y desempeña plenamente su papel para permitir una sociedad sana, segura, resistente y sostenible.

El propósito de la iniciativa PSI es comprender mejor, prevenir y reducir los riesgos ambientales, sociales y de gobierno, y mejorar la gestión de oportunidades para proporcionar calidad y protección de riesgos fiables.

El lema de PNUMA FI es “Cambiando las finanzas, Financiando el cambio”, encaminado claramente a como las inversiones socialmente responsables pueden

²⁵ La declaración mundial de la industria de seguros se puede consultar en este enlace: http://www.unepfi.org/fileadmin/documents/2013_global_insurance_industry_statement.pdf

fomentar decididamente el cambio que necesita el mundo, tanto en las empresas como en la sociedad. La misión del PNUMA FI es lograr un cambio sistémico en las finanzas para apoyar un mundo sostenible. Una economía mundial sostenible, apoyada en un sistema financiero sostenible. Construyendo un cambio hacia financiación sostenible para conseguir comunidades y economías resilientes frente a los desastres climáticos.

La industria de seguros desempeña un papel fundamental en el fomento del desarrollo económico y social sostenible. El uso de capacidades intelectuales, operativas y de capital, son determinantes para posibilitar esta tarea.

Declaración del Sector de los Seguros en Defensa del Medio Ambiente²⁶

El sector de los seguros reconoce que las necesidades del desarrollo económico deben ser compatibles con el bienestar humano y con un medio ambiente sano. Ignorar esta necesidad puede provocar un aumento de los costos sociales, ambientales y financieros. El sector de seguros, en colaboración con los gobiernos, los individuos y las organizaciones, desempeña una función importante en la gestión y reducción de los riesgos ambientales. Estamos decididos a trabajar conjuntamente en cuestiones esenciales como la reducción de la contaminación, el aprovechamiento eficiente de los recursos y el cambio climático. Procuramos descubrir soluciones realistas y sostenibles.

Principios generales del desarrollo sostenible

1. Consideramos el desarrollo sostenible, definido como el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades, como un aspecto fundamental de la gestión racional de los negocios.

2. Creemos que la mejor manera de conseguir el desarrollo sostenible es dejando que los mercados actúen dentro de un marco adecuado de reglamentaciones y de instrumentos económicos eficientes en función de los costos. El gobierno debe desempeñar una función directora en el establecimiento y aplicación de prioridades y valores a largo plazo.

3. Consideramos que un sector de los seguros fuerte y activo constituye una contribución importante al desarrollo sostenible, por su interacción con otros sectores económicos y con los consumidores.

4. Creemos que los conocimientos y técnicas actuales de nuestro sector en cuestiones como la comprensión de las incertidumbres, la identificación y cuantificación de los

²⁶Información extraída de UNEP FI, Statement. <http://www.unepfi.org/about/statements/ii/spanish/>

riesgos y la respuesta a los riesgos son factores esenciales que contribuyen a resolver los problemas ambientales.

5. Reconocemos el principio de la debida precaución, puesto que no es posible cuantificar de modo suficiente algunos intereses ni, desde luego, reconciliar todos los efectos en términos puramente financieros. Se necesita investigar para reducir la incertidumbre, pero ésta no puede eliminarse enteramente.

Gestión ambiental

1. Fortaleceremos la atención prestada a los riesgos ambientales en nuestras actividades básicas. Estas actividades comprenden la gestión de los riesgos, la prevención de pérdidas, el diseño de productos, la tramitación de reclamaciones y la gestión de activos.

2. Estamos decididos a gestionar las operaciones internas y los bienes físicos que controlamos de manera que reflejen consideraciones ambientales.

3. Revisaremos periódicamente nuestras prácticas administrativas a fin de integrar las novedades pertinentes de la gestión ambiental a nuestras actividades de planificación, comercialización, comunicaciones entre empleados y capacitación, así como a las demás actividades básicas.

4. Alentamos las investigaciones sobre estas cuestiones y sobre cuestiones conexas. Las respuestas a las cuestiones ambientales pueden tener una eficacia y un costo variable. Alentamos las investigaciones que hacen descubrir soluciones creativas y eficaces.

5. Prestamos apoyo a los productos y servicios de seguros que promueven prácticas ambientalmente racionales mediante medidas como la prevención de pérdidas y las condiciones contractuales. Además de cumplir los requisitos de seguridad y rentabilidad, intentaremos incluir consideraciones ambientales en nuestra gestión de activos.

6. Llevaremos a cabo exámenes periódicos internos en materia ambiental y procuraremos determinar objetivos y normas ambientales medibles.

7. Cumpliremos con todas las reglamentaciones ambientales aplicables en el ámbito local, nacional e internacional. Además de cumplir estas reglamentaciones, procuraremos preparar y adaptar prácticas mejores a la gestión ambiental. Prestaremos apoyo a nuestros clientes, socios y proveedores para que hagan lo propio.

Sensibilización pública y comunicaciones

1. Aunque respetaremos la confianza comercial, estamos dispuestos a compartir información pertinente con nuestros interlocutores, incluidos los clientes, intermediarios, accionistas, empleados y reguladores. De este modo mejorará la capacidad de respuesta de la sociedad a los desafíos ambientales.

2. El diálogo con las autoridades públicas y otros organismos contribuirá a crear un marco más eficaz para el desarrollo sostenible.

3. Trabajaremos en colaboración con el Programa para el Medio Ambiente de las Naciones Unidas a fin de promover los principios y objetivos de la presente declaración y buscaremos el apoyo activo del PNUMA.

4. Alentaremos a otras instituciones de seguros a que presten apoyo a esta declaración. Estamos decididos a compartir con ellas nuestras experiencias y conocimientos a fin de ampliar prácticas mejores.

5. Comunicaremos con energía nuestras actividades ambientales al público, revisaremos periódicamente la eficacia de la presente declaración y esperamos que todos los signatarios realicen progresos auténticos.

4.4. Claves en la gestión de la incertidumbre

Cuando nos referimos a riesgo inmediatamente asociamos el concepto a amenaza o peligro que puede generarnos un daño a determinados aspectos o a las organizaciones, propiedades o infraestructuras, incluyendo el alto impacto negativo que transmite. Por tanto, el riesgo está asociado a un nivel de incertidumbre frente a las amenazas latentes. En el campo empresarial el riesgo no sólo obedece a impactos negativos, muchos líderes perciben el riesgo como una oportunidad frente al cambiante y complejo mundo cuando se trata de tomar decisiones. Las entidades tienen gran oportunidad de obtener ventajas competitivas de sus capacidades de gestión de riesgos, permitiendo un crecimiento a largo plazo y una rentabilidad sostenible.

Así, la gestión del riesgo e incertidumbre se considera una tarea compleja que deberá ser abordada de manera inteligente. La gestión eficiente del riesgo ha demostrado que no sólo con la ejecución de modelos sustentada en el tratamiento eficaz de datos se asegura un éxito en la gestión; para disminuir los niveles de fracaso en la toma de decisiones se hace necesario involucrar de manera integral toda la organización dentro de un marco de gestión estratégica.

La problemática que afecta a los recursos naturales es cada vez más compleja, por lo cual persiste carencia de buena información sobre los sistemas naturales, económicos, ambientales, sociopolíticos; impulsando el desarrollo de un enfoque de análisis de riesgo e incertidumbre.

El considerar la gestión estratégica del riesgo e incertidumbre, involucra a todos los niveles de la organización (estrategas, tácticos, operacionales) y todos los roles, responsabilidades, así como las competencias asociadas.

El manejo de la información retoma una relevancia importante en la medida en que todos los miembros de la organización detecten las amenazas y oportunidades del riesgo, adaptándose con mecanismos flexibles a la información veraz que pueda generarse.

Los riesgos se han de considerar de manera integral y dinámica, enmarcados en un proceso global de seguimiento y no en silos y de forma estática, desde una perspectiva de evaluación. En consecuencia, un apetito de riesgo puede servir como un insumo importante en la elaboración de estrategias, planificación empresarial, medición de la gestión, y en la determinación del nivel de capital para apoyar el negocio.

Stulz, Schrand y Unal (1998) sugieren que los gerentes deberán seguir una estrategia de asignación de riesgo en el que se cubran los riesgos homogéneos, es decir, aquellos en los que no tienen ventajas informativas, para que puedan dedicar mayor esfuerzo al “core-business” y a las actividades en que se tenga la pericia especial. Desde Schrand y Unal, la investigación sobre la gestión de riesgos múltiples de forma integral ha sido escasa, a excepción de Mun y Morgan (2003) y Lookman (2009) que proporciona notables excepciones.

Las aseguradoras utilizan principalmente derivados para cubrir riesgos de reaseguros. La inversión es el principal medio para la cobertura de riesgo de suscripción (Doherty, 2000). El riesgo de suscripción corresponde al riesgo core-business de las aseguradoras, mientras que el riesgo de inversión inherente a las carteras de inversión de las compañías de seguros representa el riesgo homogéneo (Schrand y Unal). Debido a muchos años de información y experiencia en la suscripción de seguros, las compañías aseguradoras poseen una ventaja comparativa en esta operación core-business, que les permite asumir riesgos que son más propensos a producir rentas económicas positivas.

Por el contrario, los directivos de las aseguradoras no deben tener ventajas de información en sus operaciones de inversión en comparación con los directores de otras instituciones financieras, en el supuesto que los mercados de inversión son

razonablemente eficientes. Los directivos de todas las instituciones financieras pueden cubrir directamente el riesgo de inversión a través de derivados.

Las evidencias indican que los gerentes de daños y accidentes (PC) (property-casualty) de las aseguradoras, mantienen los niveles más altos de riesgo de suscripción, tienen un uso relativamente bajo de reaseguros, a la vez consiguen los niveles de riesgo de inversión más bajos debido a la mayor utilización de derivados. Las aseguradoras de PC pueden asignar estratégicamente los riesgos en toda la empresa para aprovechar las fortalezas de core-business en lugar de reducir el riesgo total.

En el caso de las aseguradoras de vida-salud (LH) (life-health-por sus siglas en inglés), no se tienen evidencias claras; esto es así ya que muchos contratos de LH como el seguro de vida, rentas vitalicias, y los contratos de inversión garantizados, tienen un componente sustancial de inversión. En estos casos, el riesgo de suscripción está al menos parcialmente, relacionado con el riesgo de inversión.

Es imperativo para las empresas medir regularmente las exposiciones de riesgo frente a los límites de riesgo que se presenten, dando información oportuna a la toma de decisiones a medida que vayan surgiendo, a través de indicadores de alerta temprana. En consideración, el enfoque de seguimiento desempeña un papel clave para garantizar adhesión a las políticas de mitigación de riesgos y ejerce mayor control a las operaciones internas dentro de un modelo de negocio. La optimización de estas tareas para la toma de decisiones, estará dada en la medida en que dichos análisis se realicen de forma integral con recomendaciones o lineamientos que involucren a toda la empresa.

La incertidumbre puede representarse mediante valores cuantitativos (por ejemplo, una función de densidad de probabilidad), o mediante asertos cualitativos (por ejemplo, una apreciación de un equipo de expertos) (Moss y Schneider, 2000; Manning y otros, 2004; Mastrandrea y otros, 2010).

PARTE II

CONTRIBUCIONES Y APLICACIONES

**ALGORITMOS PARA LA SELECCIÓN Y EVALUACIÓN
DE ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO
CLIMÁTICO**

**ALGORITHMS FOR THE EVALUATION AND SELECTION OF ADAPTATION
STRATEGIES TO CLIMATE CHANGE**

ALGORITHMS FOR THE EVALUATION AND SELECTION OF ADAPTATION STRATEGIES TO CLIMATE CHANGE

Anna Maria Gil-Lafuente and Jaime Alexander López Guauque

University of Barcelona, Barcelona, Spain.

ABSTRACT

The impacts of climate change have become a growing question for the various players in the field. Adapting to such impacts is seen as an uncertain and complex phenomenon the more one gets involved in each of the key processes. Therefore, the degree of involvement or impact will have a larger or lesser effect, on an uncertain scale, in a given a period of time, and under homogenous conditions. Several elements of success in the decision-making are analyzed and discussed. Such elements, with different weightings, are implicit in the decision-making processes. From the forgotten effects theory, we can establish the accumulated effects of first and second generation in order to determine multiplier or enhancer effects - where our efforts will be focused. This will allow a longer scope for decisions to be made and strategies to be formulated as well as for the valuation of various groups and scales in which adaptations will be evaluated.

Keywords: Climate change, adaptation, forgotten effects theory, decision making.

INTRODUCTION

We are in a time of great change in all areas. A time, in which man is leaving his footprint, causing irreversible climate changes worldwide, according to scientific sources. Climate change is responsible for the increase in the frequency and severity of extreme weather events in all aspects of nature.

Consequently, the economic losses caused by natural disasters could increase significantly in the coming years. This will have considerable negative effects on the various socio-economic actors worldwide. On the one hand, an increased risk of extreme weather requires a reassessment of the expected changes in the damage and the inclusion of an appropriate projection of climate change in risk management. Furthermore, the establishment and quantification of the added value can be generated in the formulation of globalized economic strategies and social solutions.

Disaster-related losses have been significant in the last decade, which poses significant challenges to the insurance industry worldwide. For example, in the last two decades (1991-2010) the United States experienced the second most damaging hurricane season in a century quantified in terms of damage normalized by inflation and wealth. In the decade 1926-1935, there was more damaged with higher costs due to hurricanes (Pielke et al. 2008). Referring to the climate in Europe, there have been substantial losses. Floods in Germany during the year 2002 caused losses of about €9.2 billion (Munich Re 2006). England has experienced two major floods in the summer of 2007, caused by extreme rainfall. Overall economic losses amounted to about four billion dollars, a catastrophic event, of which three million were secured. The magnitude of the economic losses suffered highlights the vulnerability of modern societies to changes in climate.

According to projections of the Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2007), it is noted that there may be an increase in the frequency and severity of extreme weather events such as rain (extreme), tropical cyclones and heat waves in some regions. The effects of climate change on small extreme weather events such as lightning and hail remain uncertain (IPCC 2007). The global warming potential of increasing vulnerability to extreme weather events is especially relevant to the insurance industry (Vellinga et al. 2001). The insurance industry is the largest industry in the world in terms of revenue and insurers bear a large part of climate risks, such as damage caused by floods and storms (Mills 2007).

Insurers argue that the settings of premiums and coverage levels are enough to adapt to changes in the patterns of loss. In fact, the flexible nature of the industry that is characterized by mostly short term contracts, allow fairly quick adjustment of premiums, ensuring their resilience against climate change. However, the lack of interest can be problematic, meaning greater exposure and insufficient loss and considerable decrease in the incorporation of premiums and risk management practices. The premium adjustments based on the experiences of previous claims may insufficiently reflect changes in the paradigm of the calculations of the probability of occurrence of extreme weather events due to its low loss situation.

The relevance of climate risks for the insurance sector is evident by observing past trends in insured economic losses and other natural disaster types. Data from past events relating to natural catastrophe losses collected by Munich Re (2006) indicate the increase in global trends losses are already observable. The main factor behind this increase in losses has been social change. Continued economic growth, economic development and population growth, especially in vulnerable regions (e.g., coastal areas), combined with rapid extreme climate change, makes it possible to increase, acceleration and magnification rate and the size of the damage. The influence of climate change on trends in catastrophe losses is likely to be exacerbated by a large change in extreme climates, therefore, expected occurrence due to a change in average climatic conditions (Dlugolecki 2006). The best strategy for insurers seems to incorporate not only the expected changes in the likelihood of extreme weather conditions in the exposure assessment, pricing and management of risk, but perform a rethinking of models, ushering in capable tools, the treatment of uncertainty, getting hybrid based algorithms which involve stochastic data and subjective information. Projected changes in the likelihood of extreme weather events can be obtained from regional climate models, in which Royal Dutch Meteorological Institute (KNMI) has developed climate scenarios for the Netherlands (Van den Hurk et al. 2006-01). There is a clear need for adaptation measures to reduce risk exposure given the historical emissions of greenhouse gases and its consequent effect on radioactive forcing in the future (Pielke et al. 2008). Furthermore, the evolution of society such as increased economic development in vulnerable areas such as coastal areas require the completion of risk reduction policies in order to guarantee the insurability of climate risks. Along with traditional measures commonly used to limit the risks, such as increased premiums and limited coverage, the insurance industry could play an important role in stimulating and promoting climate change mitigation and adaptation (Mills 2007).

Climate change projections for the various countries mainly indicate an increased risk of extreme weather events (Van den Hurk et al. 2006-01). However, the consequences of climate change for insurers not only are negative. For example, the probability of frost may decrease in the future which could reduce claims on certain crop insurance policies. Climate change and things, we can introduce new profitable business opportunities. Demand for insurance products today can increase and market

new insurance contracts, non-existent so far, due to the changes that lie ahead as the economic losses due to climate change will increase the risks (Botzen, Bouwer and van den Bergh 2010). However, the problem with the insurability of risks due to weather can hinder the development of markets, primarily because of the inherent correlation of these risks associated with the likelihood and impact of extreme weather events [9]. Various associations worldwide have raised promising solutions to meet demand and compensate for weather-related damages that are not currently covered by private insurance, such as the risk of drought, floods, among others.

This paper will review several elements of success in the decision-making. Such elements are implicit in the decision-making processes.

The formulation of strategies in such uncertain scenarios greatly hinders the application of numerical methods. We propose the use of techniques arising from the theory of fuzzy subsets (Zadeh 1965). We know of the implementation of these theories in many scientific fields by various authors and applications to various fields of knowledge (Canós and Liern 2008; Chen et al. 2009; Gil-Lafuente 2005; Gil-Lafuente and Merigo 2010; Kaufmann 1975; Kaufmann and Gil Aluja 1986; Li and Ho 2009; Lin et al. 2009; Merigo and Gil-Lafuente 2008; Merigo and Gil-Lafuente 2009; Merigo and Gil-Lafuente 2010; Merigo et al. 2010)

Given the forgotten effects theory (FET), developed by teachers Kaufmann and Gil Aluja (1988), which allows a fuzzy logic approach, identifying the contribution of the causal relationships between adaptation strategies to climate change (variables), on the one hand, and between the guiding principles and indirect relationships with each of the actors on the other, provides important information in the decision making process for the design and improvement of the adaptive strategies and management of natural risks, both to countries and companies.

This paper aims to highlight the direct relationships between the guiding principles. The importance of each guiding principle depends on the context they are applied to, in particular regarding the stages in the adaptation process, the level of decision-making or the specific regional conditions. Also, indirect relations for each of the adaptation strategies, in response to climate change outlined variables.

The work is divided after the introduction - a section which summarizes the general characteristics that identify the basics of adaptation on climate change and decision-making under uncertainty. The following section discusses the forgotten effects. The next section outlines the methodological approach of the forgotten effects theory. The next section presents, in summary, the results of the model. Finally, the conclusions are presented highlighting the values of the model proposed and implemented, showing how it contributes to the improvement of adaptive strategies management.

ADAPTATION ON CLIMATE CHANGE

At the 2010 climate conference in Cancun, Mexico, parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) affirmed that adaptation must be placed on a par with climate change mitigation. In practice, adaptation is climate-resilient development and natural resources management. In recent years, adaptation has emerged as a top priority on the international development agenda (GEF - <http://www.thegef.org>).

The question of evaluating and defining success of climate change adaptation activities has been widely discussed throughout the international evaluation community. Adaptation presents a range of uncertainties that makes evaluation particularly challenging. Despite, the uncertainties that plague climate change adaptation efforts, successful action is possible.

Evaluating climate change is made particularly difficult due to the uncertainty surrounding not only the climate change science, but also the overall scenario in which climate change adaptation activities are implemented. Climate change activities are presented by a multitude of potentially shifting baselines. Adaptation activities are constantly threatened by potential changes in economic, social, and other environmental conditions. The adaptation is still in its early stages however, it provides dimensions for assessing the likelihood of success of adaptation activities.

As we have seen, a large body of work is not totally directed at adaptation to specific climate change impacts but also focused on addressing the root causes of vulnerability. That we find many adaptation efforts in this middle ground of the continuum reflects the main challenge of climate change: learning to live with new sources of uncertainty. Given the relatively high uncertainty associated with the effects of climate change in many places, adaptation efforts can not universally focus on the planning of a new climate expected. Instead, actors reduce vulnerability to an uncertain climate for selected integrated strategies that can be assigned to a number of potential future climate change, and reducing vulnerability to climatic sources of damage.

Over time, as understanding improves climate risks, adaptation experience grows, and the effects of climate change are felt more strongly in more places, impacts oriented approaches, especially climate risk management approaches appear to reach be more widely implemented. However, the effectiveness of climate risk management depends largely on the ability to reduce the uncertainties surrounding climate impacts to a level at which the risk management tools can be applied reliably.

In some sectors and locations, this reduction of uncertainty will happen relatively quickly, while others may occur only in recent decades, or not at all. It is essential, therefore, that certainty about climate risk becoming a prerequisite for action on adaptation. Many of the places and the most vulnerable communities will not be able to address climate risks in the normal sense of risk management, for them, the task of adapting the core in place to strengthen the ability to cope with uncertainty.

However, the availability of good climate risk information does not necessarily mean that adaptation decisions easier or better.

FORGOTTEN EFFECTS THEORY

In all natural sequential processes, it is usual to ignore voluntarily or involuntarily some stage. Each result has forgotten side effects ranging repercussions throughout the web of incidence in a kind of combinatorial process. The incidence is a highly subjective concept, usually difficult to measure, but the analysis improves reasoned action and decision-making. Always and at all moments, mistakes and oversights have been made as a result of forgetfulness or neglect.

When the sequences of incidents, inferences or consequences appear, they are usually not treated properly. Often only two or three steps of reasoning are treated. In order to improve the investigation of forgotten effects or oversights computers and adequate mathematical models are used.

These models are usually the graphs with binary values in the arcs or vertices; these graphs can be valued by numbers in $[0; 1]$ or by intervals of confidence of $[0; 1]$. Semantic judgments to unify and have a single evaluation criterion of the truth of the incident are used (Kaufmann and Gil-Aluja 1988). The Boolean theory, the theory of fuzzy subsets or the “expertons” are used.

The importance of the effects of the second, third, etc. generation is appreciable in all areas of decision making such as political, economic, business, medicine, biology, etc. (Kaufmann and Gil-Aluja 1993). Qualitative incidence matrices are used to investigate

different mechanisms of cause/ effect that it is not yet possible to find out with the help of intuition or experience; it is possible to create new mechanisms between different sectors in order to transform certain situations (Gil-Lafuente 2001).

The idea of the effects of the second generation in the socio-economic and ecological fields has been developed by Jean Fourastié. There are the effects that have not been considered during decision making process. These “forgotten effects” become obvious later. It is convenient to detect them in advance and take necessary measures a priori. Using this concept Fourastié developed a method that allows obtain forgotten effects during the decision making process.

Recently, other authors that have dedicated their research works to the theme of the forgotten effects: Kaufmann and Gil-Aluja (1988, 1995); Gil-Lafuente and Barcellos (2010).

METHODOLOGY

The objective of this study is to obtain the causal relationships between the strategies and principles of climate change adaptation; rated these as success factors. This study shows the different views of the experts relating to the adaptation policies and the actions that influence its basic principles. Creating the cause-effect relations between the principles and strategies, it was obtained not only an overview of the adaptation response measures, with a more nuanced and broader approaches, but also the “forgotten effects” that were significant for the analysis but have not been taken into account.

Each of the variables proposed in this research have been carefully derived. Other studies have been made available to select variables (Prutsch et al. 2010).

The **guiding principles**²⁷ of climate change (subset A), which are **causes** for this case, are the following:

- C1 Initiate adaptation, ensure commitment and management
- C2 Build knowledge and awareness
- C3 Identify and cooperate with relevant stakeholders
- C4 Work with uncertainties
- C5 Explore potential climate change impacts and vulnerabilities and identify priority concerns
- C6 Explore a wide spectrum of adaptation options
- C7 Prioritise adaptation options
- C8 Modify existing policies, structures and processes
- C9 Avoid mal adaptation
- C10 Monitor and evaluate systematically

The **adaptation strategies**²⁸ (McGray et al. 2007) of climate change (subset B), which are **effects** for this case, are the following:

²⁷ Source: (Prutsch, A. et al. 2010) The following ten **guiding principles** are strongly interlinked and should be understood in an integrated way. The importance of each guiding principle depends on the context they are applied to, in particular regarding the stages in the adaptation process, the level of decision-making or the specific regional conditions.

²⁸ Adaptation strategies employed in the 135 cases examined.

Table 1. Adaptation strategies

Strategy	Description	Number of cases
E1- Changing natural resource management practices	Emphasizes new or different natural resource management practices (e.g., for managing water, land, protected areas, fisheries) as adaptation strategies.	57
E2 -Building institutions	Creates new or strengthens existing institutions (e.g., establishing committees, identifying mechanisms for sharing information across institutional boundaries, training staff responsible for policy development).	43
E3 -Launching planning processes	Sets in motion a specific process for adaptation planning (e.g., developing a disaster preparedness plan, convening stakeholders around vulnerability assessment findings).	35
E4-Raising awareness	Raises stakeholder awareness of climate change, specific climate impacts, adaptation strategies, or the environment in general.	33
E5 -Promoting technology change	Promotes implementation or development of a technology new to the location (e.g., irrigation technology, communications technology).	31
E6 -Establishing monitoring /early warning systems	Emphasizes the importance of creating, implementing, and/or maintaining monitoring and/or early warning systems.	25
E7 -Changing agricultural practices	Focuses on new or different agricultural practices as adaptation strategies.	23
E8 -Empowering people	Emphasizes literacy, gender empowerment, or the creation of income generation opportunities as a basis for adaptation.	22
E9- Promoting policy change	Promotes establishing a new policy or adjusting an existing policy.	14
E10 -Improving infrastructure	Focuses on creating or improving built infrastructure (e.g., roads, sea walls, irrigation systems).	13
E11- Providing insurance mechanisms	Creates, modifies, or plans an insurance scheme.	4
E12- Other strategies	Consists of three instances of relief work and one focused on eradication of climate-related diseases.	4

Source: Adapted from McGray, Hammil and Bradley (2007)

The analysis of the relations between each cause and effect gives a 10x12 rectangular matrix M where the cells show the direct impact of each principle on each strategy. The

valuations are made using an endecadario system $\{0;0,1;\dots,0,7;\dots,1\}$. The results are the following:

Table 2. Matrix M

[M]	E₁	E₂	E₃	E₄	E₅	E₆	E₇	E₈	E₉	E₁₀	E₁₁	E₁₂
C₁	0,7	0,6	0,8	0,6	0,2	0,8	0,6	0,7	0,6	0	0,7	0,6
C₂	0	0,4	0,5	0,4	0,7	0	0,4	0,9	0,6	0,1	0,3	0,8
C₃	0,8	0,5	0,7	0,8	0,7	0,8	0,2	0,8	0,6	0,1	0,2	0,8
C₄	0,9	0,3	0,8	0	0,1	0,6	0,1	0	0,1	0,1	0	0,2
C₅	0,8	0,2	0,8	0,2	0,5	0,9	0,5	0,7	0,5	0,2	0,3	0,8
C₆	0,7	0,8	0,7	0,5	0,6	0,8	0,4	0,8	0,7	0,7	0,4	0,8
C₇	0,6	0	0,8	0,4	0,6	0,9	0,4	0,6	0,4	0,7	0,1	0,7
C₈	0,8	0,7	0,9	0,4	0,8	0,4	0,5	0,6	0,9	0,9	0	0,3
C₉	0,8	0,5	0	0,6	0,4	0,5	0,7	0	0,6	0,4	0	0,3
C₁₀	0,5	0,7	0,7	0,4	0	0,5	0,7	0,1	0,2	0,2	0	0,6

Let’s determine the effect that a cause produces on itself and through another relation effect/ cause, so that in all effects will be accumulated a result of a direct cause and a result produced through an indirect way.

A square matrix A is made where the “causes” are placed as the rows and columns. The causes represent the principles that have to been done to participate in adaptation process. The valuation is made in $[0; 1]$.

A new square matrix B is made by means of fuzzy cause-effect relations where both rows and columns represent “effects” taken from the matrix M .

Basing on the fuzzy matrixes of incidence such as M , A and B , and in order to get accumulated effects of the 1 and 2 generation a new fuzzy matrix of incidence $M^* = A \circ M \circ B$ is obtained by maximin convolution between M , A and B . The results are the following:

Table 3. Matrix of incidence $M^* = A \circ M \circ B$

M*	E₁	E₂	E₃	E₄	E₅	E₆	E₇	E₈	E₉	E₁₀	E₁₁	E₁₂
C₁	0,7	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7
C₂	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,9	0,7	0,7	0,8	0,8
C₃	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8
C₄	0,9	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7
C₅	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
C₆	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,7	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8
C₇	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8
C₈	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8
C₉	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
C₁₀	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8

To find the effects of the 2 generation let’s separate from accumulated effects of M^* the direct effects given in M . In this case a simple algebraic difference $M^* - M$ is made.

Table 4. Results Matrix of difference $M^* - M$

	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀	E ₁₁	E ₁₂
C ₁	0	0,1	0	0,1	0,6	0	0,1	0	0,1	0,8	0	0,1
C ₂	0,8	0,3	0,2	0,4	0	0,8	0,3	0	0,1	0,6	0,5	0
C ₃	0	0,2	0,1	0	0,1	0	0,5	0	0,1	0,7	0,6	0
C ₄	0	0,4	0	0,7	0,6	0,1	0,5	0,7	0,6	0,7	0,7	0,5
C ₅	0	0,6	0	0,6	0,3	0	0,1	0,1	0,3	0,6	0,5	0
C ₆	0,1	0	0,1	0,3	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,4	0
C ₇	0,2	0,7	0	0,4	0,2	0	0,3	0,2	0,3	0,1	0,7	0,1
C ₈	0	0,1	0	0,4	0	0,4	0,2	0,2	0	0	0,8	0,5
C ₉	0	0,2	0,7	0,1	0,3	0,2	0	0,7	0,1	0,3	0,7	0,4
C ₁₀	0,3	0	0,1	0,4	0,8	0,3	0	0,6	0,5	0,6	0,8	0,2

These cells are the following: (1;10) the effect of “Initiate adaptation, ensure commitment and management” on “Improving infrastructure” with 0,8; (2;1) the effect of “Build knowledge and awareness” on “Changing natural resource management practices” with 0,8; (2;6) the effect of “Build knowledge and awareness” on “Establishing monitoring/early warning systems” with 0,8; (8;11) the effect of “Modify existing policies, structures and processes” on “Providing insurance mechanisms” with 0,8; (10;5) the effect of “Monitor and evaluate systematically” on “Promoting technology change” with 0,8; (10;11) the effect of “Monitor and evaluate systematically” on “Providing insurance mechanisms” with 0,8.

These causal relations have not been taken into account, it is the case for the cells with 0, 8 level or have been considered too weak, the case of the cells with 0, 7 level.

The results of the maximum accumulated incidence or the optimal way of incidence of the cause a_i to the effect b_j .

The results are the following: C1-C1-E3-E10, C2-C2-E8-E1, C2-C2-E12-E6, C8-C6-E12-E11, C10-C5-E6-E5, C10-C5-E12-E11.

ANALYSIS

The matrix includes the cumulative effects of first and second generation and shows indeed that all variables without exception have a cross effect of, at least, an 80% multiplier effect. That is, it is generally observed that the variables corresponding to the principles have a direct impact through some element brought about by specific variables to climate change adaptation.

The direct implication of these considerations caused the need for decisional models that take into account the entire battery of variables involved in the study but apparently the incidence relation is not appreciated in advance.

This means that prospective studies will be necessary to consider these elements primarily, though apparently not reflect direct effects if they cause very high levels and implications.

The incidences of first generation are very clear on the guiding principles that correspond to the process of adaptation, and the incidences hidden variables override conceptualization of adaptation.

In the case of strategies, we present a direct impact on short-term strategies, this means more tactics that obey monitoring activities and early warning systems, together with those that affect or have higher risks regarding people. The incidences of hidden strategies are primarily those involving technology and infrastructure and risk of damage.

CONCLUSION

The methodology proposed in this study for recovering forgotten effects in the field of adaptation of climate change policies, such as the valuation of actions aimed at its integration within a global legality and socio-political framework, has obtained a wide interest.

We have shown a useful tool for the analysis and evaluation of policies and strategies in various fields, here tested in the field of climate change, specifically in adaptation strategies.

This model specifies the incidents that produce multiplier effects important for decision-makers in the decision-making of high uncertainty.

The necessity of a precise analysis of the exterior position of a cooperating country and the preferences in the policies aimed at its incorporation into a common market is one of the most complex and unavoidable targets.

This model specifies the actions/causes that should be performed and that would result in a higher accumulated incidence to the aspects that are proper for each country in its foreign economic policy.

We emphasize the E6 strategy “Establishing monitoring/early warning systems” and the C8 principle “Modify existing policies, structures and processes”, multiplier elements, finding a 90% multiplier effect and tapping in its class.

The policies need to be directed under the set of regulatory principles. This is of great importance for the evaluation of management activities.

Adaptation should be seen as a process involving scarce resources and political skills.

Adaptive elements that are used in strategies obey those involved in the definition, i.e., selection, planning, priorities, and not in the implementation of solutions.

The principles of adaptation support a sustainable development in decision making under any context, providing a solid basis for identifying adaptation priorities and promoting the creation of institutions.

In times of crisis in which the limitations of resources and capacities are high, it is necessary to focus efforts on those strategies and decisions, the positive effects are higher and achieve more reach.

Adaptation measures to climate change should be marked in inclusive and sustainable policies, integrating the transition to a sustainable economy in collective decision processes.

Large cities are a reference to undertake adaptation measures to climate change, exploiting comparative advantages they have, and the potential for innovation, both as victims and as responsible for the climate change.

REFERENCES

- Botzen, W.J.W; L. Bouwer and J.C.J.M. van den Bergh (2010), “Climate change and increased risk for the insurance sector: a global perspective and an assessment for the Netherlands”, Springer *link*, 577-598, <http://www.icrea.cat>.
- Canós, L. and V. Liern (2008), “Soft computing-based aggregation methods for human resource management”, *European Journal of Operational Research*, 189: 669-681.

- Chen, H.J., SY. Huang and CS. Lin (2009), “Alternative diagnosis of corporate bankruptcy: neuro fuzzy approach”, *Expert Systems with Applications*, 36: 7710-7720.
- Dlugolecki, A.F. (2006), “Thoughts about the impact of climate change on insurance claims”, in: Höpfe P, Pielke RA Jr (eds) Workshop on climate change and disaster losses. *Hohenkammer*, Germany.
- Global Environment Facility – GEF. Strategic Priority on Adaptation. <http://www.thegef.org>
- Gil Lafuente, A.M. and L. Barcellos (2010), “An application of the methodology of the forgotten affects: the factors that contribute to sustainable growth of the company”, *Cuadernos del CIMBAGE*, 12: 23-52.
- Gil Lafuente, A.M. (2001), *Nuevas estrategias para el análisis financiero en la incertidumbre*, Barcelona: Ariel.
- Gil-Lafuente, A.M (2005), *Lógica difusa en el análisis financiero*, Berlín: Springer.
- Gil-Lafuente, A.M. and JM. Merigo (2010), “Computational intelligence in business and economics”, *World Scientific*, Singapore.
- IPCC(2007): *Climate change 2007: the physical science basis*, in: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (eds) Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge: Cambridge University Press.
- Kaufmann, A. and J. Gil Aluja (1986), *Introducción a la teoría de los subconjuntos borrosos en la gestión empresarial*, Santiago de Compostela: Ed. Milladoiro.
- Kaufmann, A. and J. Gil Aluja (1995), *Grafos neuronales para la economía y la gestión de empresas*, Madrid: Pirámide.
- Kaufmann, A. and J. Gil Aluja(1993), *Técnicas especiales para la gestión de expertos*, Santiago de Compostela: Ed. Milladoiro.
- Kaufmann, A. and J. Gil Aluja (1988), *Modelos para la investigación de efectos olvidados*, Vigo: Ed. Milladoiro.
- Kunreuter, H.C. and Michel-Kerjan, EO. (2006), Climate change, insurability of large-scale disasters and the emerging liability challenge. Paper prepared for the University of Pennsylvania Law Conference on Climate Change, 16, 17 November 2006, Philadelphia, PA, USA. Available at: www.climateandinsurance.org/news/ClimateChangePaperforPennLawReview.pdf
- Li, S.T. and HF. Ho (2009), “Predicting financial activity with evolutionary fuzzy case based reasoning”, *Expert Systems with Applications*, 36: 411-422.
- Lim, Bo and E. Sapanger-Siegried (2004), “Adaptation policy frameworks for climate change: Developing strategies, policies and measures”, *Cambridge University Press*. USA.
- Lin, H.C.; FC. Lin, TY. Hsiao Lin and YC. Lin (2009), “Fuzzy set theory in managerial contract analysis”, *Expert Systems with Applications*, 36: 4535-4540.
- McGray, H.; A. Hammil and R. Bradley (2007), “Weathering the Storm: Options for Framing Adaptation and Development”, *World Resources Institute*. Washington DC <http://www.gsdr.org/go/display&type=Document&id=3912>

- Merigo, J.M. and AM. Gil-Lafuente (2010), “New decision making techniques and their application in the selection of financial products”, *Information Sciences*, 180: 2085-2094.
- Merigo, J.M. and AM. Gil-Lafuente (2008), “The generalized adequacy coefficient and its application in strategic decision making”, *Fuzzy Economic Review*, 13: 17-36.
- Merigo, J.M. and AM. Gil-Lafuente (2009), “The induced generalized OWA operator”, *Information Sciences*, 179: 729-741.
- Merigo, J.M.; AM. Gil-Lafuente and L. Barcellos (2010), “Uncertain induced generalized aggregation operators and its application in the theory of expertons”, *Fuzzy Economic Review*, 15: 25-42.
- Mills, E. (2007), “From risk to opportunity: insurer responses to climate change”, *Ceres Report*, November.
- Munich Re (2006), “Topics geo annual review natural catastrophes 2005”. *Munich Reinsurance Group*, Munich.
- Pielke, R.A.; J. Gratz; CW. Landsea; D. Collins; MA. Suanders and R. Musulin (2008), “Normalized hurricane damage in the United States: 1900–2005”, *Nat Hazards Rev* 9(1): 29–42.
- Prutsch, A.; T. Grothmann, I. Schauser, S. Otto and S. McCallum (2010), Guiding principles for adaptation to climate change in Europe. November. (ETC/ACC): http://acm.eionet.europa.eu/docs/ETCACC_TP_2010_6_guiding_principles_cc_adaptation.pdf
- Swiss Re (2005, 2006, 2010, 2011), *Natural catastrophes and man-made disasters 2005: high earthquake casualties, new dimension in windstorm losses*, *Sigma Report* 1, 2, Swiss Re Reinsurance Company, Zurich.
- Van den Hurk, B.; Tank, AK.; Lenderink, G.; van Ulden, A.; van Oldenborgh, GJ.; Katsman, C.; van den Brink, H.; Keller, F.; Bessembinder, J.; Burgers, G.; Komen, G.; Hazeleger, W. and S. Drijfhout, (2006-001), “KNMI climate change scenarios 2006 for the Netherlands”, *KNMI scientific report*, WR.
- Vellinga, P.; Mills, E.; Berz, G.; Bouwer, LM.; Huq, S.; Kozak, LA.; Palutikof, J.; Schanzenbacher, B. and G. Soler (2001), “Insurance and other financial services”, Chap. 8, in: McCarthy JJ, Canziani OF, Leary NA, Dokken DJ, White KS (eds): *Climate change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability*, Cambridge: Cambridge University Press, 417–450.
- Weitzman, M.L. (2007), “The Stern Review of the Economics of Climate Change”, *Journal of Economic Literature*, 45(3): 703-724.
- Zadeh, L.A. (1965), “Fuzzy sets”, *Inform. and Control* 8: 338–353.

**GESTIÓN ESTRATÉGICA DE LA INCERTIDUMBRE
EN LA INDUSTRIA DE SEGUROS**

**“STRATEGIC MANAGEMENT OF UNCERTAINTY IN THE INSURANCE
INDUSTRY”**

“Strategic Management of uncertainty in the Insurance Industry”

Jaime Alexander López Guauque¹, Anna Maria Gil Lafuente², José Daniel Barquero Cabrero³

^{1,2}Universitat de Barcelona, Barcelona, España

³Escuela Universitaria ESERP

¹jlopezgu16@alumnes.ub.edu, ²amgil@ub.edu,

³d.barquero@eserp.com

CODES JEL: M10, G22, G32, Q54

EXECUTIVE SUMMARY:

Strategic management in the insurance industry is a key factor for organizations and governments. The objective of this paper is to determine the importance of incorporating uncertainty into the development of risk models. The timely detection and treatment of the effects of climate change will be critical in redesigning contingency policies that insurers must assume under uncertainty. The results will promote more effective and efficient management and decision-making.

KEY WORDS: Strategy, risk, management, uncertainty, climate change, insurance industry.

1. INTRODUCTION

Global climate changes and instability which are present in all economic, environmental, social and political spheres are conditioning the way we live. The footprint that humans are leaving in the world is playing a major role in the triggering of all these events. Climate change is responsible for the increase in the frequency and severity of extreme environmental events in all aspects of nature. Consequently, economic losses caused by natural disasters could significantly increase in the coming years. This will have significant adverse effects on the various socio-economic actors worldwide. On the one hand, an increased risk of extreme weather events requires a reassessment of the changes expected in damage and an inclusion of a suitable projection of climate change in risk management. On the other hand, the establishment and quantification of the added value that may be generated in the formulation of

globalized strategies of economic and social solutions should require a reassessment, too.

Disaster-related losses have been significant in the last decade, posing considerable challenges in the insurance industry worldwide. For example, natural disasters resulted in total losses up to 152 billion dollars in 2010 (Munich Re 2012); in 2011, the recorded figure is one of the highest in history, surpassing 375 billion dollars (Swiss Re 2012), and the earthquake in Japan stands out as one of the most devastating ones that have occurred to date. For example, in the last two decades (1991-2010) the United States experienced the second most damaging hurricane season in a century, quantified in terms of normalized damages for inflation and wealth. Only in the 1926-1935 decade did the U.S. suffer higher costs damages due to hurricanes (Pielke et al. 2008). As for the climate in Europe, losses have been considerable. Floods in Germany caused losses of around €9.2 billion (approximately U.S. \$9.6 billion) in 2002 (Munich Re 2002). England has experienced two major floods in the summer of 2007 caused by extreme rainfall. Overall, economic losses amounted to about four billion dollars by each catastrophic event, of which three million were insured. The magnitude of economic losses reveals the vulnerability of modern societies to climate changes.

According to the projections of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2007), it is stated that the frequency and severity of extreme weather events such as (extreme) precipitation, tropical cyclones and heat waves may increase in certain regions. The effects of climate change on small extreme weather events such as lightning and hailstorms, remain uncertain (IPCC 2007). The possibilities of global warming increase vulnerability under extreme weather conditions, being particularly relevant to the insurance industry (Vellinga et al., 2001). The insurance industry is the largest industry in the world in terms of revenue and insurers bear a large part of climate risks, such as damage caused by floods and storms (Mills 2007).

Insurers argue that adjustments to premiums and coverage levels are enough to be adapted to changes in the patterns of loss. In fact, the flexible nature of the industry characterized by mostly short term contracts, allow a fairly rapid adjustment of premiums, ensuring its resistance against climate change. However, the lack of interest can be problematic, meaning a greater exposure

and insufficient loss and a significant decrease in the incorporation of premiums and risk management practices. The premium adjustments, which are based on preceding claims in an insufficient way, may reflect changes in the paradigm of occurrence probability calculation of extreme weather events due to its low accident rate situation. In the following pages, the background and some challenges for the insurance industry as well as its role in the evolving society will be examined. Strategy formulation in highly uncertain scenarios greatly hinders the application of conventional methods to deal with the demands from the market.

2. BACKGROUND

The relevance of climate risks to the insurance industry is evident by observing past trends in insured persons and other economic losses related to natural disasters. Data obtained from past events pertaining to losses caused by natural catastrophes, collected by Munich Re (2010), indicate an increase in global trends of losses which are already observable. The main factor behind this increase in losses has been the social change. The continued growth, economic development and population growth, especially in vulnerable regions (e.g. coastal areas), combined with the rapid climate change makes possible the increase, acceleration, magnification of the pace and magnitude of damage. The influence of climate change on the growing economic losses caused by catastrophes may have worsened since a change in extreme climates has been occurred; as a result, a change in the average weather conditions is expected (Dlugolecki 2006).

In this context, the best strategy for insurance companies seems to be the incorporation of expected changes, not only in the forecasts of extreme weather conditions in terms of assessment, exposure, pricing and risk management, but in the performance of a rethinking of models, by inputting suitable tools for the treatment of uncertainty. Considering that, hybrid algorithms can be achieved in which stochastic data and subjective information are involved. Changes projected in the likelihood of extreme weather events can be obtained from regional climate models (van den Hurk et al., 2006). There is a clear need for adaptation measures to reduce exposure to risk given

the historical emissions of greenhouse gases and their consequent effect on radiative forcing in the future (Pielke et al., 2007). Moreover, the evolution of society, such as the economic development in vulnerable areas like certain coastal areas, require the adoption of risk reduction policies in order to ensure the insurability of climate risks.

Along with traditional measures to limit risks, such as increased premiums and limited coverage, the insurance industry could play an important role in stimulating and promoting mitigation and adaptation to climate change (Mills 2007).

Projections of climate change in different countries often indicate an increased risk of extreme weather events (van den Hurk et al., 2006). However, expectations of climate change for the insurance companies are not necessarily negative. For example, the probability of frost may decrease in the future, which could reduce claims on certain crop insurance policies. So, climate change may present us new opportunities towards a profitable business. Demand for insurance products nowadays may increase as well as the market for new insurance contracts, which do not exist yet, due to the coming changes and even more when economic losses due to climate change may cause increased risk (Botzen and Van Den Bergh 2009). Nevertheless, the problem with the insurability of risks due to weather may hinder the development of markets primarily because of the natural correlation of these risks associated with the probability and impact of extreme weather events. Various associations worldwide have raised promising solutions to meet demand and compensate for weather-related damages that are not currently covered by private insurances, such as the risks of drought or floods, among others.

Some research has shown that increased losses worldwide are mainly due to socioeconomic factors (Changnon 2003; Bouwer et al. 2007; Miller et al. 2008; Crompton and McAneney 2008).

3. INSURANCE INDUSTRY - OPPORTUNITIES AND CHALLENGES

As one of the objectives of the insurance industry is to identify risks and propose protection solutions in which individuals and society achieve a sustainable living, we highlight its central role in the economic development of our time.

The insurance industry is, without a doubt, a source of information for both the treatment of risks and for the long-term management of eventualities that each agent may have on the development of its activities.

Effective management or risk management is a competitive advantage for both the industry and for companies involved in the implementation and adaptation processes of companies in their integral management (Barton et al. 2002).

Frequent uncertainties lead companies to seek new approaches, procedures, organizational and risk management processes; the main driving forces of change could be:

- Globalization: the concept of globalization involves several challenges for insurance companies such as the management of information, application of technology and knowledge of various risks. At the same time, it represents an opportunity to engage and unite efforts and interests of different industries, sectors and governments. Its scope will not be only at a local level but it also may promote the development of partnerships and holding companies that enable and strengthen the current system, empowering it to reach other markets. Supporting companies to conquer new markets, ensuring the various risks that these may have, and minimizing uncertainty ensure a better performance in achieving this process. Dangers are each time more complex and interdependent worldwide, causing the industry to globalize, just like the markets where these are developed; so, institutions and strategic partners for the support and improvement of the process of globalization, as well as appropriate tools to identify and manage risks, will be necessary.
- International supervision and regulation: the continuous changes and transformations of the sector cause strong impacting changes in different areas such as the organization of industry, nature of its markets, supply structure, composition and level of demand, business strategies for the inclusion of private agents and the identification and inclusion of new risks with their coverage. In turn, these have a major impact on regulatory systems and on the definition of the functions of the Government in providing coverage services in various scenarios

in which they were configured. The crisis has highlighted weaknesses in the financial system in terms of regulation and supervision. In the insurance sector is clearly perceived closeness with other international agencies and organizations which legislate for the financial sector. A global insurance industry requires coordinating efforts under an integrated approach where social, financial, political and economic groups converge towards a global design of business and of internationalization strategies.

- Competitiveness: an active participation of insurance companies in the capital market persists, primarily in the areas of venture capital and financial derivatives, among others. The evolution of the law of insurance and the various advances and developments mainly Solvency II will have a major impact worldwide. Solvency II will be the only capital system based on risk, consistent with Basel II which would allow for a more standardized global regulation. Formation of groups according to customers, suppliers, geography, and product is expected. Risks are becoming more specific, which leads to consider the local management of them, to identify risks and uncertainties and involve them into the strategy in a comprehensive manner, gathering the development of the process or location under parameters or scenarios that are identified either by type of customer, to trigger success in the management process. The pricing will have to be contemplated by area, depending on the risks existing in each point of geography, with regard to climate change. Clearly, there is much to explore as regards to insurable risks; the tendency is to convert risks that are currently not insurable risks into insurable ones by developing innovative products to exploit the growth potential presented.
- Significant demographic movements. Socioeconomic factors that have caused the greatest losses are: population growth, growth in single person households, increased wealth, environmental degradation, industrialization of the most vulnerable areas (e.g., plains and coastal areas), greater vulnerability of modern society and technology, the increase in the concentration of the population

(migration) and economic values (Berz 1999, Hoff et al. 2003, Botzen et al. 2010). In addition, the increase in insurance coverage and behavior change towards compensation has resulted in an increase in losses' information (Vellinga et al. 2001). Other studies show a link between climate change and violent armed conflicts within and between countries (WBGU 2008; Buhaug, 2010; Burke et al., 2009; Buhaug, Gleditsch and Theisen 2010; Hendrix and Glaser, 2007; Miguel, Satyanath and Sergenti, 2004); likewise, world political leaders (Ban Ki-moon (2007); Obama (2009)) have stated that climate change contributes to the formation of violent and/or armed conflicts in the world, remaining in ambiguous policy statements since, to this date, scientific evidence is not solid in this regard.

- Shared distribution channels or expansion of the sector. Knowledge in managing distribution channels for the industry is remarkable; there is evidence that the industry adequately manages the various channels involving all operators as a whole to carry out proper management. In this factor, it is important to consider other sectors or suppliers in the supply chain to make it more comprehensive; transferring the brand or taking advantage of complementary businesses.

It is clear that considering climate change as an independent variable to assess the losses reported by natural events is a mistake as several social factors influence the records of disaster losses.

Typically, the poorest households are at greater risk of a natural disaster than the richest ones in developing countries, usually, because the first homes are located in higher risk settlements or because they have limited access to the insurance market, sometimes, due to the fact that most risks related to climate change are not covered by the insurance industry (Hoff et al. 2005).

The climate and weather can affect many human activities from entertainment, through various economic activities (agriculture, cattle breeding, etc.) until the industrial production. Although economic and political actors respond to climatic conditions through the development and implementation of adaptation strategies, their ability to accomplish it strictly depends on the

institutional, economic and technological capacity.

4. KEY ISSUES IN THE MANAGEMENT OF UNCERTAINTY

When we talk about risk we immediately associate the concept to threat or danger that may cause us damage to certain aspects or to properties or organizations, including the high negative impact it conveys.

Therefore, risk is associated with a level of uncertainty before latent threats. In the business field, risk does not only respond to negative impacts, but many leaders perceive risk as an opportunity before the changing and complex world when it comes to making decisions. Entities have a great opportunity to gain competitive advantage from their risk management capabilities, enabling a long-term growth and a sustainable profitability.

Thus, management of risk and uncertainty is considered a complex task that must be intelligently approached. Efficient risk management has shown that success in management is not only assured with the implementation of models supported by efficient data processing; it is necessary to involve the entire organization from a framework of strategic management to lower levels of failure in decision making,

The issue affecting natural resources is becoming increasingly complex, so, the lack of good information on natural, economic, environmental, social and political systems persists, promoting the development of a risk and uncertainty analysis approach.

Considering strategic management of risk and uncertainty involves all levels of the organization (strategists, tactical and operational levels) as well as all the roles, responsibilities and associated skills.

Information management regains an important relevance to the extent that all members of the organization detect the threats and opportunities of risk, adapting with flexible mechanisms to any truthful information that may be generated.

Risks have to be considered in a comprehensive and dynamic manner, framed in a global monitoring process and not in silos and statically, but from an evaluation perspective. Consequently, a risk appetite may serve as an important input in the development of strategies, business planning, performance measurement and in determining the level of capital to support the business.

Stulz, Schrand and Unal (1998) suggest that managers should follow a strategy of risk allocation in which homogeneous risks are covered, that means, those in which informational advantages are not found, so they can devote more effort to the "core-business" and to the activities in which special expertise is had. From the point of view of Schrand and Unal, research on the management of multiple risks in a comprehensive manner has been limited, except for Mun and Morgan (2003) and Lookman (2009) who have provided notable exceptions.

Insurance companies primarily use derivatives to cover reinsurance risks. Investment is the main means to coverage for underwriting risk (Doherty, 2000). The underwriting risk corresponds to the core-business risk of insurance companies, while the investment risk, inherent in the investment portfolios of insurance companies, represents the homogeneous risk (Schrand and Unal). Due to many years of information and experience in insurance underwriting, insurance companies have a comparative advantage in this core-business operation, which allows them to take risks that are more likely to produce positive economic results.

On the contrary, directors of insurance companies should not have any information advantages on their investment operations compared to directors from other financial institutions, supposing that investment markets are reasonably efficient. The directors of all financial institutions may directly cover the investment risk through derivatives.

Evidence indicates that managers of Property and Casualty (PC) Insurance Companies maintain the highest levels of underwriting risk, they have a relatively low use of reinsurance and, at the same time, get the lowest investment risk levels due to the increased use of derivatives. PC Insurance companies can strategically allocate risks across throughout the company to take advantage of the strengths of core-business instead of reducing the overall risk.

In the case of Life and Health (LH) Insurance Companies, there are no clear evidences of that; this is because many LH contracts such as life insurance, annuities and guaranteed investment contracts have a substantial investment component. In these cases, the underwriting risk is at least partially related to the investment risk.

It is imperative for companies to regularly measure risk exposures against arising risk limits, giving timely decisions as they arise, through early warning indicators. In consideration, the monitoring approach plays a key role in ensuring adherence to risk mitigation policies and exercises greater control over internal operations within a business model. The optimization of these tasks for decision making will be given to the extent that such analyzes are made in an integral manner with recommendations or guidelines that involve the whole company.

5. MAIN CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

In this work a number of considerations regarding the effects of climate change in relation to the insurance industry arise, especially with regard to risk management on existing insurance coverage. It is evident, thus, the impact that socioeconomic variables have in the quantification of events caused by losses as a result of weather events which are observable in recent decades. 75% of global economic activities is affected by climate changes (IPCC, WWF, IDDRI). Insured losses have been, on average, less than half of the total losses for the past 50 years. The economic effects of natural disasters for 2011, are considered among the highest in history, with losses taken by the insurance industry of around 105 billion dollars compared to almost 380 billion dollars of total losses for this same period. The trends of these losses are increasing. Likewise, there is warning of the strong influence stakeholders can have in consolidating losses through actions or behaviors that significantly increase the risk and incidence of potential losses. The IPCC in its reports (2007, 2013) highlights a wealth of scientific evidence supporting the human activity as responsible for climate change.

The evolution and change in the insurance industry shows its central role and importance in the economic development. The total uninsured losses (50%) are assumed by the state, businesses and families as evidenced by Munich Re in his reports. The role played by the insurance as a long-term development motor in the promotion of social adaptation to climate change and in promoting the transition to more resilient communities is confirmed. In the results obtained by Mills (2007), the limited effort made by insurance companies in the implementation of strategies of adaptation faced with the effort in reducing

emissions is observed.

There is still evidence of stability of the insurance industry when it is faced with taking over losses and clearing claims of large sums, confirming their attention and response capacity against extreme losses. In contrast, there is still warning of the small effort made by the insurance sector in the prevention of risks, which should be a priority in the context of a comprehensive management. This has been evidenced in recent extreme events occurring in both United States and Europe, where losses greatly affected infrastructures. The increase in total losses in 2011 is partly due to catastrophic events (70%) presented in parts of America and Asia, with a medium standard of living, high population density and large structures.

These areas have high insurance coverage therefore, claims and payments were higher if compared to those from other regions.

Risk and uncertainty act synergistically to create a sustained competitive advantage globally. The inclusion of uncertainty in the business development and the design of risk management strategies present an alternative view with a focus on value creation for the consolidation of an integrated framework for risk reduction.

Uncertainty helps companies to acquire contextual awareness, because it forces them to constantly adapt to the different scenarios and foresee multiple variants.

Taking into account the uncertainty in all its dimensions in decision-making will create coverage is best suited for the future and make the impact of the various events smaller and more manageable.

Several extreme events have relevant information that makes them in risk appetite, so activities of identification, monitoring and mitigation should be contemplated. Understanding the physical problems happens to be a source of inherent uncertainty to the problem identification. In this regard, it appears unlikely that many people who identify an initial problem may have a complete understanding of the systems involved. The ill-defined or undefined problems lead to poor planning. The uncertainty can be minimized through the systematic identification of the concerns of all stakeholders.

The insurance industry is the natural environment for risk management. It supports a high responsibility to society since it can cope with them,

developing strong institutions that might mitigate the significant costs that society will have against the overwhelming impact of climate change.

The ability in risk management and uncertainty is increasingly aligned with business growth strategy, which is decisive in the compliance of priority objectives.

The insurance industry plays a leading role in the establishment of preventive partnerships which deliver tangible benefits in their risk management.

Likewise, it should be shown in line with the financial sector with regard to the sustainability of a stable and resilient system, preserving globalization and regaining confidence and reputation, a development that is supported in the new system of governance of insurance companies in Solvency II for Europe, and which comes into force in January 2016.

BIBLIOGRAPHY

- Ban Ki-moon (2007) A climate culprit in Darfur. *Washington Post*, 15 June 2007.
- Barton, Thomas L., William G. Shenkir, Paul L. Walker. (2002) *Making Enterprise Risk Management Pay Off: How Leading Companies Implement Risk Management*. Prentice Hall.
- Botzen, WJW; van den Bergh JCJM (2009) "Bounded rationality, climate risks and insurance: is there a market for natural disasters?" *Land Economics*, 85 (2) p. 265-278.
- Botzen, WJW.; Bouwer, L.; and van den Bergh, JCJM. (2010) "Climate change and increased risk for the insurance sector: a global perspective and an assessment for the Netherlands. *Natural hazards*,52(3), p. 577-598.
- Dlugolecki, AF. (2006) "Thoughts about the impact of climate change on insurance claims". In: Höppe P, Pielke RA Jr (eds) Workshop on climate change and disaster losses. *Hohenkammer*, Germany.
- Doherty, N. A. (2000) *Integrated risk management: Techniques and strategies for managing corporate risk*. New York: McGraw-Hill, 2nd Edition.
- Hoff, H; Warner, K; Bouwer LM (2005) "The role of financial services in climate adaptation in developing countries". *Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung*, 74(2), p.196–207.
- IFRC (2003) *World disasters report 2002: focus on reducing risk*. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, Geneva.
- IPCC (2007) *Climate change 2007: the physical science basis*. In: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (eds) Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kaufmann, A.; Gil Aluja, J. (1987) *Técnicas operativas de gestión para el tratamiento de la incertidumbre*. Hispano Europea, Barcelona.

- Lloyds (2011) *Lloyds 360° risk insight*. Access online January, 2012.
- Mills, E. (2007) “From risk to opportunity: insurers responses to climate change”. *Ceres Report*, October 2007.
- Mun, K. M. and Morgan, G.E. (2003) “Bank foreign exchange and interest rate risk management: Simultaneous versus separate hedging strategies.” *Journal of Financial Intermediation*, 12, p. 277-297.
- Munich Re (2006) “Topics geo annual review natural catastrophes 2005”. *Munich Reinsurance Group*, Munich.
- Pielke, RA; Prins, G; Rayner, S; Sarewitz, D (2007) “Climate change 2007: Lifting the taboo on adaptation”. *Nature*, 445, p. 597-598.
- Pielke, RA.; Gratz, J.; Landsea, CW.; Collins, D.; Suanders, MA.; Musulin, R. (2008) “Normalized hurricane damage in the United States: 1900–2005”. *Nat Hazards Rev*, 9(1), p. 29–42.
- Schrand, C. M. and Unal, H (1998) “Hedging and Coordinated Risk Management: Evidence from Thrift Conversions.” *Journal of Finance*, 53, p. 979-1013.
- Swiss Re (2011) *Natural catastrophes and man-made disasters in 2010: A year of devastating and costly events*. *Sigma 1/2011*. Swiss Re Reinsurance Company, Zurich.
- _ (2012) *Natural catastrophes and man-made disasters in 2011: Historic losses surface from record earthquakes and floods*. *Sigma 2/2012*. Swiss Re Reinsurance Company, Zurich.
- _ (2013) *Natural catastrophes and man-made disasters in 2012: A year of extreme weather events in the US*. *Sigma 2/2013*. Swiss Re Reinsurance Company, Zurich.
- van den Hurk, B.; Tank, AK.; Lenderink, G.; van Ulden, A.; van Oldenborgh, GJ.; Katsman, C.; van den Brink, H.; Keller, F.; Bessembinder, J.; Burgers, G.; Komen, G.; Hazeleger, W.; Drijfhout, S. (2006) “KNMI climate change scenarios 2006 for the Netherlands”. *KNMI scientific report*, WR 2006-01.
- Vellinga, P.; Mills, E.; Berz, G.; Bouwer, LM.; Huq, S.; Kozak, LA.; Palutikof, J.; Schanzenbacher, B.; Soler, G. (2001) “Insurance and other financial services, Chap. 8”. In: McCarthy JJ, Canziani OF, Leary NA, Dokken DJ and White KS (eds). *Climate Change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge.
- Weitzman, M.L. (2007) “The Stern Review of the Economics of Climate Change”. *Journal of Economic Literature*, 45 (3), p. 703-724.

**RECUPERACIÓN DE LOS EFECTOS OLVIDADOS EN
LAS RELACIONES DE CAUSALIDAD ENTRE EL
CAMBIO CLIMÁTICO Y LOS SEGUROS**

"THE RECOVERY OF THE FORGOTTEN EFFECTS IN THE CAUSAL
RELATIONSHIP BETWEEN CLIMATE CHANGE AND THE INSURANCE
INDUSTRY"

El contenido de este capítulo se ha enviado a *Computational and Mathematical Organization Theory*. A fecha del depósito se recibió primera evaluación con "revisiones menores".
ISSN:

"THE RECOVERY OF THE FORGOTTEN EFFECTS IN THE CAUSAL RELATIONSHIP BETWEEN CLIMATE CHANGE AND THE INSURANCE INDUSTRY"

Jaime Alexander López Guauque¹, Anna Maria Gil Lafuente²

^{1,2}University of Barcelona, Barcelona, Spain

¹ jlopezgu16@alumnes.ub.edu, ² amgil@ub.edu

ABSTRACT

This paper presents a comprehensive review of the literature on the climate phenomena that affect different types of insurance. It analyzes the relationship of direct and indirect incidences through the Forgotten Effects model for each of the variables obtained in the exploratory research undertaken. Empirical evidence is given for the phenomena that are most vulnerable to climate change as well as the types of insurance that are most susceptible. The results show the business opportunities for the types of insurance that have limited coverage, or, where there is no insurance coverage at all. A number of hidden risks of climate change are also highlighted, e.g., drought, modes and types of crop cultivation that affect soil conditions which potentially influence the severity of damage losses for the following insurance products; home, SMEs, engineering, structure and accident.

KEY WORDS: Climate change; forgotten effects theory; insurance industry; weather phenomena; causal relationships.

1. INTRODUCTION

Climate change represents clear and urgent threats to businesses, communities as well as to the general population, conditioning the way of life of human societies and the global ecosystem. The human footprint being marked on the world is the main reason for triggering these events. Climate change is responsible for the increase in frequency and severity of extreme weather events in all aspects of nature. Consequently, the economic losses caused by natural disasters could increase dramatically in the coming years. This will have significant adverse effects on the various socio-economic actors worldwide. Firstly, an increased risk in extreme weather events requires a reassessment of the expected changes in levels of damage as well as the inclusion of a suitable projection for climate change risk management. Secondly, the establishment and quantification of the added value that may be generated from the development of globalized strategic solutions which are more effective, equitable, longer-lasting, economic and social.

Disaster-related losses have been significant in the last decade, posing considerable challenges to the insurance industry worldwide. For example, natural disasters resulted in total losses of 152 billion dollars in 2010 (Munich Re 2012). By 2011, the number reported was one of the highest in history, surpassing the 375 billion mark (Swiss Re 2012). Also highlighted is the earthquake in Japan, one of the most devastating which has occurred to-date. In the last two decades (1991-2010), the United States experienced the second most damaging hurricane season in terms of standardized damage by

inflation and wealth. Only in the decade 1926-1935, did the United States suffer more damage with higher costs due to the hurricanes (Pielke et al. 2008). Concerning the climate in Europe, losses have been substantial. Floods in Germany during 2002 caused losses of about 9.2 billion Euros (Munich Re 2002). England experienced two major floods in the summer of 2007, caused by extreme rainfall. Overall economic losses amounted to about four billion dollars per catastrophe, of which three billion were insured. The magnitude of the economic losses highlights the vulnerability of modern societies to the changes in climate.

According to projections made by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2007), the frequency and severity of extreme weather events such as rainfall (extreme), tropical cyclones and heat waves in certain regions may increase. The effects of climate change on extreme weather events such as lightning and hail remain uncertain (IPCC 2007). The likelihood of global warming increases the vulnerability to extreme weather conditions, which is particularly relevant to the insurance industry (Vellinga et al. 2001). The insurance industry is the world's largest industry in terms of revenue and insurers bear a large part of climate risks, such as the damage caused by floods and storms (Mills 2007).

Insurers argue that adjustments to premiums and coverage levels are enough to adapt to changes in the patterns of losses. In fact, the flexible nature of the industry, which is characterized by mostly short term contracts, allows a fairly rapid adjustment to premiums, ensuring its resistance against climate change. However, lack of interest can be problematic, meaning more exposure and insufficient coverage for losses and a considerable decrease in the incorporation of raw risk management practices. The premium adjustments, based on the experiences of inadequate previous claims, may reflect changes in the paradigm calculations for occurrence probability of extreme weather events due to little damage caused.

The relevance of climate risks for the insurance industry is evidenced by observing insurers' past trends as well as other economic losses of a natural-disaster type. Data from past events relating to losses from natural disasters compiled by Munich Re (2010) indicate an increase in the global trends towards losses, which are already observable. The main factor behind this increase in losses has been social change. Continued economic growth, economic development and population growth, especially in vulnerable regions, e.g., coastal areas, combined with extreme rapid climate change, make it possible to increase the magnification of the rate and extent of damage. The influence of climate change on the growing economic losses due to catastrophes may have worsened as a result of a change in extreme weather. As a result, a change in average climate conditions is expected to happen (Dlugolecki 2006).

With this scenario, the best strategy for insurers would seem to be to incorporate expected changes, not only in the forecasts of extreme weather conditions in terms of assessment, exposure, pricing and risk management, but to carry out a re-evaluation of the existing models by ushering in suitable tools for the treatment of uncertainty. In this way, we can get hybrid-based algorithms in which we can use stochastic data and subjective information. Projected changes in the likelihood of extreme weather events can be obtained from regional climate models (Van den Hurk et al. 2006). There is a clear need for adaptation measures to reduce the risk exposure, given the historical emissions of greenhouse gases (GHGs) and their consequent effect on radiative forcing, in the future (Pielke et al. 2007). Furthermore, the very evolution of society (such as economic development in vulnerable areas, e.g., certain coastal areas) requires the adoption of risk reduction policies to ensure the insurability of climate risks. Along with the traditional methods to limit the risks, such as increased premiums and limited

coverage, the insurance industry could play an important role in stimulating and promoting mitigation and adaptation to climate change (Mills 2007).

Projections of climate change in various countries indicate an increased risk of extreme weather events (Van den Hurk et al. 2006). However, the consequences of climate change for insurers are not only negative. For example, the probability of frost may decrease in the future which could reduce claims on certain policies of crop insurance. Given the above, climate change may present new opportunities for profitable business. Demand for insurance products non-existent to-date, may increase in the future. New insurance contracts, due to impending changes and increased economic losses, would arise with increased climate change risks (Van Den Bergh Botzen and 2009). However, the problem with the insurability of risks due to weather can hinder the development of markets, primarily because of the natural correlation of these risks associated with the likelihood and impact of extreme weather events (Kunreuther and Michel Kerjan 2007). Various associations worldwide have suggested promising solutions to meet demand and compensate for weather-related damage that is not currently covered by private insurance such as the risks of drought, floods, etc.

A wide range of weather types will be examined, such as extreme rainfall and floods, hurricanes, droughts and hailstorms, as well as the impact of these for the insurance industry and for the most sensitive types of insurance affected now, or, in the future.

The formulation of strategies in such uncertain and complex scenarios greatly hinders the application of numerical methods. Therefore, the use of techniques maintained in the theory of fuzzy subsets (Zadeh 1965) is foreseen. The use of these theories in many scientific fields by many authors and applications in various fields of knowledge is known (Canós and Liern 2008; Chen et al. 2009; Gil-Lafuente 2005; Gil-Lafuente and Merigo 2010; Kaufmann 1975; Li and Ho 2009; Lin et al. 2009; Merigo and Gil-Lafuente 2008; Gil-Lafuente and Merigo 2010 and López et al. 2014).

Considering the Forgotten Effects theory developed by Professors Kaufmann and Gil Aluja (1988), which allows, with a fuzzy logic approach, to identify the contribution of the causal relationships between the variables of climate change (weather hazards) on the one hand, and between the types of insurance on the other. Not to mention the indirect relationship with each one of the actors, all of which provides important information for the decision-making process, both for the design and improvement of mitigation strategies and natural risk management, as well as for countries and companies in the insurance industry.

This paper aims to show the direct relationships between meteorological hazards for the various types of insurance, which have some degree of sensitivity, and the indirect relationships for each of the classes, based on the aforementioned climate change variables (weather events).

After this introduction, the work is divided into a section which summarizes the general characteristics that identify the fundamentals of weather events, climate change and the theory of fuzzy sets. The following section discusses the methodological approach of the Forgotten Effects model. The subsequent section summarizes the results of the application of the model. Finally, the conclusions highlight the values of the applied and proposed model, showing how it contributes to the improvement of risk management strategies and the optimization of decision making.

2. CLIMATE RISKS - GENERAL COMMENTS

In this section, we describe the main impacts of climate change and the various concepts that should be known in order to reduce any ambiguities. As mentioned previously, the

main weather events are analyzed. These correspond to: extreme rainfall and floods, hurricanes, droughts and hailstorms.

Worldwide, mortality rates due to extreme weather events have fallen considerably over the last century (FICR 2003; Goklany 2007), indicating that societies have been able to adapt to increased health risks caused by a more extreme climate, for example, by means of the best medical care (Goklany 2007). Obviously, human adaptation to climate change can also limit damage in future natural disasters. It is evident in the reports of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2001, 2007) and Stern (2007), that human activity is contributing significantly to climate change, and that these changes have far-reaching effects on animals, plants, ecosystems and humanity. On the negative side of things, climate change tends to exacerbate the scarcity of important natural resources such as fresh water. This may trigger massive dislocation of the population (migration) due to extreme weather events, like drought, rainfall, floods, hailstorms, hurricanes, desertification and rising sea levels. According to empirical evidence, the growth in insured losses due to weather-related events has remained constant in recent decades (Swiss Re 2005.2010) which may have contributed to an increase in losses from natural disasters, perhaps because of the increased frequency and severity of extreme events (Vellinga et al 2001; Epstein and McCarty 2004; Mills 2005). Despite this evidence, there remains considerable uncertainty regarding the influence of past climate changes in the recent growth of the losses (Changnon et al 2000; Pielke et al 2005). Research has shown that increased losses worldwide are mainly due to socio-economic factors (Changnon 2003; Bouwer et al 2007; Miller et al. 2008; Crompton and McAneney 2008).

Socio-economic factors that have caused the greatest losses are population growth, growth in single person households, increased wealth, environmental degradation, industrialization of the most vulnerable (e.g., plains and coastal areas), the increased vulnerability of modern society and technology, the increase in the concentration of the population (migration) and economic values (Berz 1999, Hoff et al. 2003). Moreover, the increase in insurance coverage and behavior change towards compensation has resulted in an increase in information on losses (Vellinga et al. 2001). Other research demonstrates a relationship between climate change and violent conflict, within and between countries (WBGU 2008; Buhaug 2010; Burke et al. 2009; Buhaug Gleditsch and Theisen 2010; Hendrix and Glaser 2007; Michael Satyanath and Sergenti 2004). Likewise, world political leaders (Ban Ki-moon 2007; Obama 2009) have declared that climate change contributes to the formation of violent, and, or, armed conflicts in the world, which, to-date, clearly does not present sound scientific facts but rather just ambiguous policy statements.

It is clearly a mistake to consider climate change as an independent variable to assess reported losses caused by natural events, given that various social factors influence the records of disaster losses. Bouwer et al. (2007) in their research, relate an increase in potential losses in the ten largest cities in the world with only changes in socio-economic development. There is an inequality in the damage caused by natural disasters around the world whether for purposes of economic development or climate change. The Stern (2007) report indicated a higher incidence of damage by climate change in

developing countries compared to that of developed countries, especially due to the adaptability to extreme events and the effective management of resources. It is expected that socio-economic effects that increase damage in natural disasters will have a greater impact in developing economies (Sánchez-Rodríguez et al. 2007). The poorest households are at greater risk of natural disaster than in the richer developing countries, usually because they live in higher-risk homes or because they have limited access to the insurance market. Sometimes, most climate change risks are not covered by the insurance industry (Hoff et al. 2005).

Qualitative studies provide some evidence concerning the anecdotal evidence that climatic factors may cause degradation of the environment (such as increasing water scarcity, land degradation or deforestation). But it is unclear to what extent these results can be generalized in specific cases. Leading studies have so far failed to provide conclusive evidence. Continuing disagreement, at least, in part, is due to the use of different climate change measurements, different sample sizes and various time durations. The climate and the weather can affect many human activities, from entertainment through various economic activities (agriculture, livestock, etc.) to industrial production and services (tourism). However, estimating the consequences of climate change for economic growth is difficult. The main reason is that the impact of climate change will vary according to levels of economic development and political capacity of a country with levels and types of weather conditions (more / less rainfall, high / low temperatures, more / less frequent or intense storms, and, or, high / low wind speeds, etc.). In other words, despite the fact that the economic and political actors respond to climatic conditions through the development and implementation of adaptation strategies, their ability to do so depends critically on the institutional, economic and technological capacity at their disposal.

Existing climate change projections indicate an increased risk in the occurrences of extreme precipitation, floods and drought. Consequently, a considerable impact on the economy and the insurance industry is expected. Regarding flooding and rainfall, it is appropriate to clarify that many countries differ in coverage, as there are risk-sharing arrangements in place for these risks. Flood damage basically corresponds to damage caused by water discharges or by technical or human error. Rain damage relates to localized heavy rainfall that can cause direct damage to property or cause flooding. With regard to climate change projections for wind speed, considerable uncertainty as to the severity of the windstorm has been shown, a small change in wind speed could have important consequences on the amount of damage. (More conclusive information is needed). Periods of drought will become more common as a result of global warming. Likewise, the probability of damage increases the risk of fire. The influence of climate change on the frequency and intensity of small-scale phenomena, such as hailstorms, is uncertain. Several researchers argue that damage is greatly influenced by changes in social factors, especially the modes and types of crop cultivation (Changnon 2001).

3. BASIS OF THE MODEL

Professors Kaufmann and Gil Aluja (1988), established the "Forgotten Effects Theory" from studies on incidence or causal relationships. This model allows all direct and indirect relationships to be obtained without the possibility of error or omission, while recovering those elements that might initially have been fully or partially overlooked. It is usual that incidence relationships are hidden because they are effects on effects, there being an accumulation of causes that such relations provoke.

The concept of incidence (Gil Lafuente 2001) could be associated with the idea of function and is present in all the actions of living things. Precisely, in all processes of a sequential nature, where the incidences are transmitted in a linked way, it is common to omit some stage, whether voluntarily or involuntarily. Each forgotten incidence gives rise to secondary effects and has repercussions throughout the network of incidence relationships in a kind of combinatorial process.

The incidence is an essentially subjective concept, usually difficult to measure, but its analysis allows us to improve the reasoned action and the decision-making. Briefly, looking at the methodological foundations of the theory of the forgotten effects model, we can say, if we had two sets of elements,

$$A = \{a_i / i= 1,2,\dots,n\}$$

$$B = \{b_j / j= 1,2,\dots,m\}$$

then, there is an incidence of a_i on b_j if the value of the characteristic function belonging to the pair (a_i, b_j) is valued at $[0,1]$, that is,

$$\forall (a_i, b_j) \rightarrow \mu(a_i, b_j) \in [0,1]$$

The resulting set of pairs of valued elements shall define what tends to be known as the "direct incidence matrix" (also known as "first order matrix") which shows the cause-effect relationships that occur with different degrees between the elements of set A (causes) and those of set B (effects):

		b₁	b₂		b_j
	↻	μ_{a_1, b_1}	μ_{a_1, b_2}	...	μ_{a_1, b_j}
M =	a ₂	μ_{a_2, b_1}	μ_{a_2, b_2}	...	μ_{a_2, b_j}
	
	a _i	μ_{a_i, b_1}	μ_{a_i, b_2}	...	μ_{a_i, b_j}

The direct incidence matrix is a matrix that is taken into account at the moment of establishing the influences that some elements have over others. It is the first stage in the approach of the model that allows us to recover different levels of incidence between elements that have not been detected or have been initially forgotten. Let us suppose, for example, we have a third set of elements, that is, C,

$$C = \{c_k / k= 1,2,\dots,z\}$$

Set C is formed by the elements which act as effects of set B, that is,

	C_1	C_2	...	C_z
b_1	μ_{b_1, c_1}	μ_{b_1, c_2}	...	μ_{b_1, C_z}
b_2	μ_{b_2, c_1}	μ_{b_2, c_2}	...	μ_{b_2, C_z}
...
b_m	μ_{b_m, c_1}	μ_{b_m, c_2}	...	μ_{b_m, C_z}

We get two matrices of incidences that have the elements of set B in common, i.e., there are two incidence relations,

$$M \subset A \times B \text{ y } N \subset B \times C$$

The mathematical operator that establishes the incidences of A on C is the max-min composition. In fact, when three uncertain incidence relations arise,

$$M \subset A \times B, N \subset B \times C, P \subset A \times C$$

the product of the composition is,

$$M \circ N = P$$

where the symbol \circ represents precisely the max-min composition. The composition of two uncertain relationships is such that,

$$\forall (a_i, c_z) \in A \times C:$$

$$\mu (a_i, c_z)_{MON} = \bigvee_{b_j} (\mu_M(a_i, b_j) \wedge \mu_N(b_j, c_z))$$

It can be said that the incidence matrix P defines the causal relationships between the elements of the first set A and the elements of the third set C, in the intensity or degree which takes into account the elements belonging to set B.

So far we have reviewed the methodology concerning the incidence relationship taking into account three sets of elements, now we will set out the methodology that leads us to understand the cause-effect relationships that are hidden when a study of causality between different elements is performed. We begin our approach (Gil Lafuente 2005) with the existence of a direct incidence relationship, i.e., uncertain cause-effect matrix defined by two sets of elements,

$$A = \{a_i / i= 1,2,\dots,n\}, \text{ that act as causes}$$

$$B = \{b_j / j= 1,2,\dots,m\}, \text{ that act as effects}$$

And a causal relationship M defined by the matrix,

$$[M] = \{ \mu_{a_i b_j} \in [0,1] / i = 1,2,\dots, n; j=1,2,\dots,m \}$$

$\mu_{ai \text{ } bj}$ being the characteristic functions belonging to each of the elements of the matrix [M] formed by the rows corresponding to the elements of set A (causes) and the columns corresponding to the elements of the B (effects). In the incidence or causal relationships, a set of causes is connected to a set of effects. As the accumulated effects of first and second generation increase, an increase in the level of the relationship is observed. The objective usually pursued by such relationships is independent of the time factor and focuses on obtaining the accumulated effects from direct and indirect relationships (see J. Fourastié - Effects of first and second generation). It is considered that the elements of set E_1 causes an incidence, at a certain grade or level, on the elements of set E_2 , such that a_1, a_2, \dots, a_n represent the causes and b_1, b_2, \dots, b_m , the effects. A large number of phenomena are moved by the action of other phenomena, establishing an incidence relationship between them. For example, the volume of premiums placed is strengthened by the price of coverage. The technical soundness of the company is defined by the amount of claims taken against it. Therefore, the price and number of claims "influence" the level of technical soundness of the company and, hence, its solvency. The more significant the ratio of incidence is, the higher the rating assigned to each of the matrix elements will be. In our study, given that we start from the fact that the characteristic function must belong to the interval [0,1], therefore, the higher the incidence relationship, the closer to 1 will be the assigned valuation. And, the weaker the causal relationship between two elements is, the closer to 0 will be considered the corresponding valuation. Our goal is based on obtaining a new matrix of incidences that reflect not only the direct causal relationships, but also those that although not apparent, exist, and, are sometimes fundamental for interpreting phenomena. Therefore, the construction of two additional incidence relationships are necessary, which will collect the possible effects which are derived from causes relating to one another, on the one hand, and effects relating to one another on the other. These auxiliary matrices are defined as follows:

$$[A] = \{ \mu_{ai \text{ } aj} \in [0,1] / i, j = 1,2,\dots, n \}$$

$$[B] = \{ \mu_{bi \text{ } bj} \in [0,1] / i, j = 1,2,\dots, m \}$$

Matrix [A] includes incidence relationships that can occur between each of the elements that act as causes and matrix [B] does it respectively between the elements that act as effects. Both [A] and [B] coincide in the fact that both are reflexive matrices, i.e., that the incidence of a phenomenon with itself is complete or has a bearing with the utmost supposition on itself and, therefore, is,

$$\mu_{ai \text{ } aj} = 1 / i, j = 1,2,\dots, n$$

$$\mu_{bi \text{ } bj} = 1 / i, j = 1,2,\dots, m$$

In contrast, neither [A] nor [B] are symmetric matrices, that is,

$$\mu_{ai \text{ } aj} \neq \mu_{aj \text{ } ai} , i, j = 1,2,\dots, n$$

$$\mu_{b_i b_j} \neq \mu_{b_j b_i}, \quad i, j = 1, 2, \dots, m$$

Once the matrices [M], [A] and [B] have been constructed, we proceed to establish direct and indirect incidences, i.e., incidences in which some interposed cause or effect intervenes at the same time. For this, we will proceed to the max-min composition of the three matrices:

$$[A] \circ [M] \circ [B] = [M^*]$$

The order in the composition should always allow for the number of elements in the first row of the matrix to coincide with the number of elements in the column of the second matrix. The result is a new matrix [M*] identifying incidences between the causes and effects of second generation, i.e., the initial causal relationships affected by the possible interposed incidence of some cause or some effect. We would have,

$$\begin{array}{c}
 [A] \quad \circ \quad [M] \quad \circ \quad [B] = \\
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{c}
 \mathbf{a_1} \quad \mathbf{a_2} \quad \dots \quad \mathbf{a_n} \\
 \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & \mu_{a_1 a_2} & \dots & \mu_{a_1 a_n} \\ \hline \mu_{a_2 a_1} & 1 & \dots & \mu_{a_2 a_n} \\ \hline \dots & \dots & \dots & \dots \\ \hline \mu_{a_n a_1} & \mu_{a_n a_2} & \dots & 1 \\ \hline
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{c}
 \mathbf{b_1} \quad \mathbf{b_2} \quad \dots \quad \mathbf{b_m} \\
 \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & \mu_{a_1 b_2} & \dots & \mu_{a_1 b_m} \\ \hline \mu_{a_2 b_1} & 1 & \dots & \mu_{a_2 b_m} \\ \hline \dots & \dots & \dots & \dots \\ \hline \mu_{a_n b_1} & \mu_{a_n b_2} & \dots & 1 \\ \hline
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{c}
 \mathbf{b_1} \quad \mathbf{b_2} \quad \dots \quad \mathbf{b_m} \\
 \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & \mu_{b_1 b_2} & \dots & \mu_{b_1 b_m} \\ \hline \mu_{b_2 b_1} & 1 & \dots & \mu_{b_2 b_m} \\ \hline \dots & \dots & \dots & \dots \\ \hline \mu_{b_m b_1} & \mu_{b_m b_2} & \dots & 1 \\ \hline
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}
 = \\
 [M^*] \\
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{c}
 \mathbf{b_1} \quad \mathbf{b_2} \quad \dots \quad \mathbf{b_m} \\
 \begin{array}{|c|c|c|} \hline \mu_{a_1 b_1}^* & \mu_{a_1 b_2}^* & \dots & \mu_{a_1 b_m}^* \\ \hline \mu_{a_2 b_1}^* & \mu_{a_2 b_2}^* & \dots & \mu_{a_2 b_m}^* \\ \hline \dots & \dots & \dots & \dots \\ \hline \mu_{a_n b_1}^* & \mu_{a_n b_2}^* & \dots & \mu_{a_n b_m}^* \\ \hline
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}$$

Therefore, the difference between the matrix of effects of second generation and the matrix of direct incidences will allow us to find out the extent to which some causal relationships have been forgotten or obviated:

$$[Q] = [M^*] (-) [M]$$

[Q]=

	b_1	b_2	...	b_m
a_1	$\mu^*_{a_1 b_1} - \mu_{a_1 b_1}$	$\mu^*_{a_1 b_2} - \mu_{a_1 b_2}$	...	$\mu^*_{a_1 b_m} - \mu_{a_1 b_m}$
a_2	$\mu^*_{a_2 b_1} - \mu_{a_2 b_1}$	$\mu^*_{a_2 b_2} - \mu_{a_2 b_2}$	...	$\mu^*_{a_2 b_m} - \mu_{a_2 b_m}$

a_n	$\mu^*_{a_n b_1} - \mu_{a_n b_1}$	$\mu^*_{a_n b_2} - \mu_{a_n b_2}$	...	$\mu^*_{a_n b_m} - \mu_{a_n b_m}$

The higher the value of the characteristic function belonging to matrix [Q] is, the higher the degree of forgottenness in the relationship of initial incidence will be. This means that the implications derived from some incidences, not considered or taken into account in its real value, can lead to an incorrect operation or, at least, a badly estimated outcome.

This process allows us to obtain all the direct and indirect relationships without the possibility of error or omission, recovering what has been called the "forgotten effects." It is important to note that you can get similar fuzzy relationships, breaking them down into sub-relationships with the highest level of similarity, obtaining significant comparisons. Enhanced, dynamic effects of second generation can be obtained, so as to allow simple intuition, which would be important and convenient for the purpose of economic forecasting and decision making. The failure to consider the hidden or indirect causal relationships can cause irreversible errors in the estimates of the variables considered. Therefore, it will affect the efficiency of business management and decision making.

4. METHODOLOGICAL MODEL APPROACH

From the Theory of the Forgotten Effects, whose strength is to be found in the incidence or causal relationships - all the phenomena, events and facts which arise are subject to some type of cause-effect incidence. It is true that despite the advanced control systems, there arises the possibility, whether voluntary or not, to consider or forget some causal relationships that are generally neither explicit nor obvious, and are usually not perceived directly. (We try to rescue the hidden risks of climate change).

In the previous sections, we grouped a number of variables that were obtained carefully in each of the studies, literature reviews and empirical evidence. They correspond to the information provided by experts with scientific evidence and with careful and precise selection and aggregation of elements. For the calculation of hybrid convex weights (Gil Aluja 2003), the data provided in the various studies analyzed was estimated, which allowed us to obtain the uncertain estimates of each of the aggregate variables. Therefore, we have been able to get the forecast for each of the estimates without using projections or extrapolations of data. On the one hand, the variables

corresponding to the hazards and socio-economic elements are related, because as mentioned above, we cannot talk about the climate change variable, independently. On the other hand, the variables corresponding to the insurance industry, whether they are types of insurance or risk insurance to be precise, for the purpose of this exercise have been detailed in some cases, as evidenced in the existing literature consulted. (See Table 1).

Table 1. Variables Analyzed in the Study

Causes: Hazards and Socio-economic Elements					
C1	Extreme Rainfall	C9	Strong Waves - Wind Speed	C17	Scarcity of Natural Inputs - Impairment
C2	River Flooding	C10	Windstorms - Gales	C18	Water Scarcity
C3	Rise in Sea Levels	C11	Global Warming Effect	C19	Inadequacies in Coverage Prices
C4	Geographic Location / Low Altitude	C12	Extreme Temperatures	C20	Reaction of Financial Sectors to Profitable Sectors
C5	Geographic Location / High Altitude	C13	Hailstorms	C21	Weather Hazards
C6	Dyke Failures	C14	Modes and Types of Crop Cultivation	C22	Ageing Population
C7	Extreme Drought	C15	Increased Number of Crops	C23	Political Will
C8	Technical Failures - Human	C16	Forest Fires	C24	Resilience
Effects: Insurance Coverage, Insurance Risk					
E1	Rapid Changes in Demographic Structures	E12	Pisciculture	E23	Healthcare Agreements
E2	Changes in Diets	E13	Material Damages	E24	Damage to the Ecosystem - Tourism
E3	Urbanization, Industrialization	E14	Pests	E25	Changes in Activity Schedule
E4	Deterioration in Health	E15	Reduced Productivity	E26	Displacement of Existing Settlements
E5	Livestock	E16	Soil Conditions	E27	Variations in Insured Exposures
E6	Silviculture	E17	Loss of Integrity	E28	Variations in Insured Capital
E7	Tourism	E18	Global Security	E29	Risk Concentration
E8	Agriculture	E19	Changes in Global Food Market	E30	Increases in Morbidity and Mortality
E9	Industry	E20	Energy Efficiency	E31	Air Pollution
E10	Housing Stock	E21	Road Safety	E32	Changes in Life Expectancy
E11	Casco Vehicle Insurance	E22	Regulation of Prevention / Promotion	E33	Transport

Source: Own elaboration.

The development of this present research aims to highlight the incidence or causal relationships of climate change variables (including socio-economic variables) on types of insurances, and especially to highlight how specific hazards generate risk coverage relations in a direct way, and how these, in turn, are indirectly connected to other hazards or other coverage. It also seeks to establish phenomena of greater impact, for example, some types of insurance may have increased susceptibility due to climate change. Therefore, it becomes a two-way process. On the one hand, for governments in developing the management of climate change and, on the other hand, for the insurance industry with evidence of dangers that are not covered, and, therefore, a business opportunity arises.

5. RESULTS

In obtaining the causal relationships between the variables studied, hybrid convex weighting techniques from data related to climate change have been used. The rectangular matrix 24x33, resulting from the analysis of the relationships between each cause and effect, reflects the accumulated effects of first and second generation, and, indeed, it shows that all variables, without exception, have a crossed incidence, with at least an 80% multiplier effect. In other words, it is generally observed that the variables corresponding to the environment have a real direct incidence, or, through some interposed element on the same insurance risk variables.

The direct implication of these considerations leads to the need to establish decisional models that consider all the variables involved in the study, even though, apparently, the incidence relationship may not be observed in advance.

By analyzing the matrix of forgotten effects, i.e., that which provides the level of incidence among variables that have not been considered in the study, we can see, on the one hand, the elements of the environment that have been overlooked in shaping the risk estimates (despite being essential variables in the planning of economic damages in the technical risk premium and in the possibility of future coverage) and, on the other hand, the risks which further impact these environmental elements, basically in an indirect way (with relevant interposed elements) and have not been considered (or have been in a weak way), are those listed below: (6,4) the "Dyke Failures" effect in "Deterioration in Health" with 0.8; (3,6) the "Rise in Sea Levels" effect in "Silviculture" with 0.8; (6,11) the "Dyke Failures" effects in "Casco Vehicle Insurance" with 0.8; (1,17) the "Extreme Rainfall" effect in "Loss of Integrity" with 0.8; (3,18) the "Rise in Sea Levels" effect in "Global Security" with 0.8; (4,18) the "Geographic Location/Low Altitude" effect in "Global Security" with 0.8; (3,22) the "Rise in Sea Levels" effect in "Regulation of Prevention/Promotion" with 0.9; (3,23) the "Rise in Sea Levels" effect in "Healthcare Agreements" with 0.9; (24,25) the "Resilience" effect in "Schedule Changes in Activity" with 0.8; (1,31) the "Extreme Rainfall" effect in "Air Pollution" with 0.8; (3,31) the "Rise in Sea Levels" effect in "Air Pollution" with 0.9; (4,31) the "Geographic Location/Low Altitude" effect in "Air Pollution" effect with 0.8; (5,31) the "Geographic Location/High Altitude" effect in "Air Pollution" with 0.8; (14,31) the "Modes and Types of Crop Cultivation" effect in "Air Pollution" with 0.9; (19,31) the "Inadequacies in Coverage Prices" effect in "Air Pollution" with 0.8; (20,31) the "Reaction of Financial Sectors to Profitable Sectors" effect in "Air Pollution" with 0.8; (1,32) the "Extreme Rainfall" effect in "Changes in Life Expectancy" in 0.8; (19,32) the "Inadequacies in Coverage Prices" effect in "Changes in Life Expectancy" in 0.8; (18,33) the "Water Scarcity" effect in "Transport" with 0.8.

In Table 2, we can see the maximum accumulated incidence or optimum incidence of each characteristic function belonging to the matrix $[Q] = 0.9$. Like the relevant interposed relationships, in the last column, we can see the mediator elements between the relevant relationship and the corresponding effect, which has been defined as an emerging threat.

Table 2. Characteristic Function belonging to the Matrix $[Q] = 0.9$

Hazards and Socio-economic Elements	Insurance Coverage, Insurance Risk	$[Q]$	Relevant, Interposed Key Relationships	Emerging Threats
3 Rise in Sea Levels	22 Regulation of Prevention-Promotion	0.9	Rise in Sea Levels Resilience	Tourism
3 Rise in Sea Levels	23 Healthcare Agreements	0.9	Resilience	Regulation of Prevention-Promotion
3 Rise in Sea Levels	31 Air Pollution	0.9	Resilience	Industry Transport
14 Modes and Types of Crop Cultivation	31 Air Pollution	0.9	Extreme Temperatures Water Scarcity	Industry
19 Inadequacies in Coverage Rates	31 Air Pollution	0.9	Reaction of Financial Sectors to Profitable Sectors. Recovery Capabilities.	Industry Transport
20 Reaction of Financial Sectors to Profitable Sectors	31 Air Pollution	0.9	Water Scarcity Resilience	Industry Transport
24 Resilience	25 Schedule Changes in Activity	0.9	Resilience	Material Damage

Source: Own elaboration.

This means that in prospective studies it will be necessary to consider primarily these elements. Even though, apparently, they do not reflect direct incidences, they do have implications at very high levels.

6. CONCLUSIONS

The increase in large-scale climate change patterns on the planet has become associated with an increased risk in economic loss, and the academic community, government leaders and business leaders are continuing the debate. This paper contributes to the existing literature on climate change and to the incidence relationships of climate risks on existing insurance coverage. On the one hand, it analyzes the causes of climate risks on the same causes and the effects of these on the same causes, thus providing hidden risks in a system of incidence relationships, through the theory of the forgotten effects.

We confirm the impact of socio-economic variables on the quantification of the losses due to climatic phenomena. We see the strong incidence of the same actors in consolidating losses due to behavior or conduct that increase the risk, and which impact the presented losses significantly. We have a simple model that exhibits advantages over the somewhat more complex and robust models used. Despite the difficulty in obtaining information to generate important data needed to make business decisions,

valid results are obtained, especially those which take into account the information provided by the existing literature.

The results show that the phenomena of greatest impact (direct effects, or effects of first generation) correspond to the risks of rainfall and flooding, followed by drought and to a lesser extent the risks of wind. What you do notice, however, is that the influence of socio-economic factors is critical to a high degree. Without disregarding this, we must consider and highlight that the evaluations have to be carried out at the local level, and, for each of the classes of insurance. In particular, the damage does not correspond to the same level of intensity or severity, as coverage policies for each region differ to a great extent, thus hindering a generalization of the proposed model. Among the major findings that have contributed to the literature are hidden risks (indirect effects, or, of second generation) which can enhance the economic losses since they are covered by insurance companies. Such is the case of the phenomenon of extreme drought, which is affected by soil conditions, and these soil conditions, in turn, are affected by the increase in crop cultivation. Thus, having a great impact on enhancing coverage for damage, especially in home insurance, SMEs, infrastructure (urban furniture), and accidents. It is important to note that in the case of accidents one will have to promote future studies in order to validate the impact of the occurrence of damage events. It is worth mentioning that accidents are also influenced by changes in demographic structures. Among other indicators found, it is noteworthy that climatic variations and the adaptation of the actors influence economic outcomes through productive development. This, in turn, may trigger the formation of groups and the likelihood of violent conflict between countries if deterioration and the scarcity of natural resources persist, especially with regard to the dwindling supplies of freshwater.

While the empirical results are weak, they offer some support for climate change and economic growth. More research is required before continuing the discussion as well as more involvement of interdisciplinary groups to evaluate different approaches to the raised issues. It would be very helpful to improve existing research on climate variability and on the adaptation to such variability, but it would be more relevant to conclude with economic results from all of this.

REFERENCES

- Berz, G.A. (1999), "Catastrophes and climate change: concerns and possible countermeasures of the insurance industry," *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4, 283-293.
- Botzen, W.J.W., J.C.J.M. Van den Bergh and L. M. Bouwer (2010), "Climate change and increased risk for the insurance sector: a global perspective and an assessment for the Netherlands," *Natural Hazards*, 52(3), 577-598.
- Bouwer, L.M, R.P. Crompton, E. Faust, P. Hoppe and R.A. Pielke Jr (2007), "Confronting disaster losses," *Science*, 318, 753.

- Buhaug, H., N.P. Gleditsch and O.M. Theisen (2010), “Implications of Climate Change for Armed Conflict,” in R. Mearns and A. Norton (eds) *Social dimensions of climate change: Equity and vulnerability in a warming world*. World Bank, Washington, DC, 75-101.
- Burke, M.B., E. Miguel, S. Satyanath, J.A. Dikema and D.B. Lobell (2009), “Warming increases the risk of civil war in Africa,” *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106 (49), 20670-20674.
- Canós, L. and V. Liern (2008), “Soft computing-based aggregation methods for human resource management,” *European Journal of Operational Research*, 189, 669-681.
- Changnon, S.A. (2001), “Damaging thunderstorm activity in the United States,” *American Meteorological Society*, 82(4), 597-608.
- Changnon, S.A. (2003), “Shifting economic impacts from weather extremes in the United States: a result of societal changes, not global warming,” *Natural Hazards*, 29, 273-290.
- Changnon, S.A. , R.A. Pielke, D. Changnon, R. T. Sylves and R. Pulwarty (2000), “Human factors explain the increased losses from weather and climate extremes,” *American Meteorological Society*, 81, 437-482.
- Chen, H.J., S.Y. Huang and C.S. Lin (2009), “Alternative diagnosis of corporate bankruptcy: A neuro fuzzy approach,” *Expert Systems with Applications*, 36, 7710-7720.
- Crompton, R. P. and K.J. McAneney (2008), “Normalised Australian insured losses from meteorological hazards: 1967-2006,” *Environmental Science Policy*, 11(5), 371-378.
- Dlugolecki, A.F. (2006), “Thoughts about the impact of climate change on insurance claims,” in: Höpfe P, Pielke R.A. Jr, ed. *Workshop on climate change and disaster losses*, Hohenkammer, Germany.
- Epstein, P.R. and J.J. McCarty (2004), Assessing climate stability, *American Meteorological Society*, 85(12), 1863-1870.
- Gil-Aluja, J. and Gil-Lafuente, A.M. (2007), *Algoritmos para el tratamiento de fenómenos económicos complejos*, Ed. CEURA, Madrid, Spain.
- Gil-Lafuente, A.M. (2005). *Lógica difusa en el análisis financiero*. Springer, Berlin.
- Gil-Lafuente, A.M. and Merigo, J.M. (2010), “Computational intelligence in business and economics,” *World Scientific*, Singapore.
- Gil-Aluja, J. (2003), *Fuzzy sets in management under uncertainty*, Springer, Heidelberg.

- Gil Lafuente, A.M. (2001), *Nuevas estrategias para el análisis financiero en la empresa*, Ariel, Barcelona.
- Gil Lafuente, A.M. (2008), *Financial analysis in uncertainty*, Springer, Heidelberg.
- Goklany, I. M. (2007), “Death and death rates due to extreme weather events: global and US trends, 1900–2004,” in *The civil society report on climate change*, International Policy Press, London.
- Hendrix, C. and S. Glaser (2007), “Trends and triggers: Climate, climate change and civil conflict in Sub-Saharan Africa,” *Political Geography*, 26(6), 695-715.
- Hoff, H., L.M. Bouwer, G.A. Berz, W. Kron and T. Loster (2003), “Risk management in water and climate: the role of insurance and other financial services,” Dialogue on water and Climate/Munich Reinsurance Company, Delft/Munich.
- Hoff, H., K. Warner and L.M. Bouwer (2005), “The role of financial services in climate adaptation in developing countries,” *Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung*, 74(2), 196-207.
- Hsuan-Chu, Lin, L. Fang-Chi, H. Tzy-Yih and L. Yu-Cheng (2009), “Fuzzy set theory in managerial contract analysis,” *Expert Systems with Applications*, 36, 4535-4540.
- IFRC (2003), *World disasters report 2002: focus on reducing risk*, International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, Geneva.
- IPCC (2007), “Climate change 2007: the physical science basis,” in Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL, ed. *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2014), “Summary for policymakers,” in Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.) *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1-32.
- Kaufmann, A. and J. Gil Aluja (1987), *Técnicas operativas de gestión para el tratamiento de la incertidumbre*, Hispano Europea, Barcelona, Spain.
- Kaufmann, A. and J. Gil Aluja (1988), *Modelos para la investigación de efectos olvidados*, Milladoiro, Vigo, Spain.

- Kaufmann, A. (1975), *Introduction to the theory of fuzzy subsets*, Academic Press, New York.
- Ki-Moon, B. (2007), “A climate culprit in Darfur,” *Washington Post*, 16 June 2007, accessed December 2014.
- Kunreuther H.C. and E.O. Michel-Kerjan (2007), “Climate change, insurability of large-scale disasters and the emerging liability challenge,” *University of Pennsylvania Law Review*, 155(6), 1795–1842.
- Li, ST. and H.F. Ho (2009), “Predicting financial activity with evolutionary fuzzy case based reasoning,” *Expert Systems with Applications*, 36, 411-422.
- Lloyds. (2011), *Lloyds 360° risk insight*, on line access.
- López, J.A.; A.M. Gil Lafuente and J.D. Barquero (2014), “Strategic management of uncertainty in the insurance industry,” *Pensee Journal*, 76, 106-118.
- Merigo, J.M. and A.M. Gil-Lafuente (2010), “New decision making techniques and their application in the selection of financial products,” *Information Sciences*, 180, 2085-2094.
- Miguel, E., S. Satyanath and E. Sergenti (2004), “Economic shocks and civil conflict: an instrumental variables approach,” *Journal of Political Economic*, 112(4), 725-753.
- Miller, S., R. Muir-Wood and A. Boissonnade (2008), An exploration of trends in normalized weather-related catastrophe losses, in Diaz, H.F. and R.J. Murnane (eds.) *Climate extremes and society*, Cambridge University Press, Cambridge, 225-347.
- Mills, E. (2007), “From risk to opportunity: insurers responses to climate change,” *Ceres Report*, Oct 2007.
- Mills, E. (2005), “Insurance in a climate of change,” *Science*, 309, 1040-1044.
- Munich Re. (2005), “Claims management following natural catastrophes: experience, analysis, action plans,” *Munich Reinsurance Group*, Munich.
- Munich Re. (2006), “Topics geo annual review natural catastrophes: 2005,” *Munich Reinsurance Group*, Munich.
- Obama, B. (2009), Nobel lecture (the Norwegian Nobel Committee, Oslo, Norway, 10 December), Available at http://nobelpeaceprize.org/en_GB/laureates/laureates-2009/obama-lecture/, accessed December 2010.
- Pérez, T, J.L. (2011), *Fundamentos del Seguro*, Umeser, Barcelona.
- Pielke, R.A., S. Agrawala, L.M. Bouwer, I. Burton, S. Changnon, M.H. Glantz, W.H. Hooke, R.J.T. Klein, K. Kunkel, D. Mileti, D. Sarewitz, E.L. Thompkins, N. Stehr,

- H. von Storch (2005), Clarifying the attribution of recent disaster losses: a response to Epstein and McCarthy, *American Meteorological Society*, 86(10), 1481-1483.
- Pielke, R.A., J. Gratz; C.W. Landsea, D. Collins, M.A. Suanders and R. Musulin (2008), "Normalized hurricane damage in the United States: 1900–2005," *Natural Hazards Review*, 9(1), 29–42.
- Sanchez-Rodriguez, R., J. Pacyna, K. O'Brien, M. Fragkias, L. Rosentrater and J. Weichselgartner (2007), "Introduction to the 'global environmental change, natural disasters, vulnerability and their implications for human security in coastal urban areas' Issue," *Magazine of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change*, 2, 4-5.
- Stern N. (2007), *The economics of climate change: the stern review*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Swiss Re. (2005), *Natural catastrophes and man-made disasters in 2004: more than 300000 fatalities, record in insured losses*, *Sigma Report 1/2005*, Swiss Re Reinsurance Company, Zurich.
- Swiss Re. (2006), *Natural catastrophes and man-made disasters 2005: high earthquake casualties, new dimension in windstorm losses*, *Sigma Report 2/2006*, Swiss Re Reinsurance Company, Zurich.
- Swiss Re. (2010), *Natural catastrophes and man-made disasters in 2009: catastrophes claim fewer victims, insured losses fall*. *Sigma Report 2/2010*, Swiss Re Reinsurance Company, Zurich.
- Swiss Re. (2011), *Natural catastrophes and man-made disasters in 2010: a year of devastating and costly events*, *Sigma Report 1/2011*, Swiss Re Reinsurance Company, Zurich.
- van den Hurk, B.; A.K. Tank, G. Lenderink, A. van Ulden, G.J. van Oldenborgh, C. Katsman, H. van den Brink, F. Keller, J. Bessembinder, G. Burgers, G. Komen, W. Hazeleger and S. Drijfhout (2006), "KNMI climate change scenarios 2006 for the Netherlands," *KNMI scientific report*, WR 2006-01.
- Vellinga, P., E. Mills, G. Berz, L.M. Bouwer, S. Huq, L.A. Kozak, J. Palutikof, B. Schanzenbächer and G. Soler (2001), "Insurance and other financial services, Chap. 8," in McCarthy J.J., O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken and K.S. White (eds.) *Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability*, Cambridge University Press, Cambridge, 417-450.

WBGU (2007), “World in transition: Climate change as a security risk,” *German Advisory Council on Global Change*.

WBGU (2014), “Climate Protection as a World Citizen Movement,”(summary for policy-makers), *German Advisory Council on Global Change*.

Weitzman, M.L. (2007), “The Stern Review of the Economics of Climate Change,” *Journal of Economic Literature*, 45(3), 703-724.

UNA APROXIMACIÓN A LA PROPUESTA DEL MODELO

“CIUDADES RESILIENTES Y OPERATIVAMENTE SEGURAS, EN UN CAMBIANTE CLIMA”

Hemos arribado a este punto con el anhelo de proporcionar pautas y conceptos teóricos que nos orienten a una aproximación para la modelización de la toma de decisiones en la gestión de riesgo del cambio climático; sin la pretensión de abarcar toda la problemática que el fenómeno involucrado ocupa, de una parte porque se ha concebido como parte de las líneas futuras de investigación del presente trabajo, de otra parte, no obedece al objetivo central de la presente tesis. Sin embargo, creemos pertinente y necesario aportar algunos lineamientos que ofrecerán nuevas formas de comprender y tratar los fenómenos sociales y de gestión más acordes con las necesidades presentes y futuras.

En el presente capítulo se plantean a manera de síntesis, unos marcos conceptuales, principios y parámetros que se consideran importantes para el desarrollo de la propuesta. Es un marco de referencia para avanzar en el desarrollo del modelo a futuro, constituye una base que intenta otorgar una primera visión a un modelaje posible para la toma de decisiones en la gestión del riesgo climático.

Partimos de definir a las ciudades como unidad de análisis (como patrón “observable posible”) ya que conforman todo un referente para el análisis de sus procesos y dinámicas. Se recurre a conceptos de debate actual, como es el caso de territorio y ciudad; la resiliencia en procesos de adaptación, abordar los procesos de gestión desde enfoque de riesgo, con teorías y metodologías de sistemas complejos en gran incertidumbre.

Se plantean retos importantes, nuevos enfoques y soluciones que se puedan generar en colaboración con las diversas disciplinas. Bajo este panorama se dejan líneas abiertas para que a futuro se puedan plantear y desarrollar trabajos de investigación con equipos interdisciplinarios (holísticos), que planteen soluciones desde diversas perspectivas a la

problemática multidimensional del cambio climático; manteniendo la base fundamental de respeto por los derechos humanos, creando escenarios preventivos y predictivos, alejándose de los análisis unidimensionales ya que pueden incrementar la problemática.

En este sentido las teorías de las ciencias sociales, como conocedoras de las dinámicas sociales, brindarán muchos aportes en el contexto urbano actual. El proyectar la gestión de los espacios urbanos públicos y privados hacia procesos de regeneración propondrá un esfuerzo colectivo y un renovado enfoque en la toma de decisiones de los actores públicos y privados.

8.1. Antecedentes

El planeta viene experimentando diversos cambios que se han masificado o acelerado en la mayoría de los últimos doscientos años. A partir de la Revolución industrial, una extraordinaria expansión de la actividad económica ha alterado el planeta. En la tabla 8.1, se puede observar de 1820 a 2008, como el producto interno bruto PIB mundial, aumentó en términos reales casi 74 veces, en tanto que la población humana aumento seis veces. Los costos de esta expansión económica y el nivel de vida promedio también aumentaron espectacularmente.

Tabla 8.1 Evolución del PIB y población mundial, 1820-2008

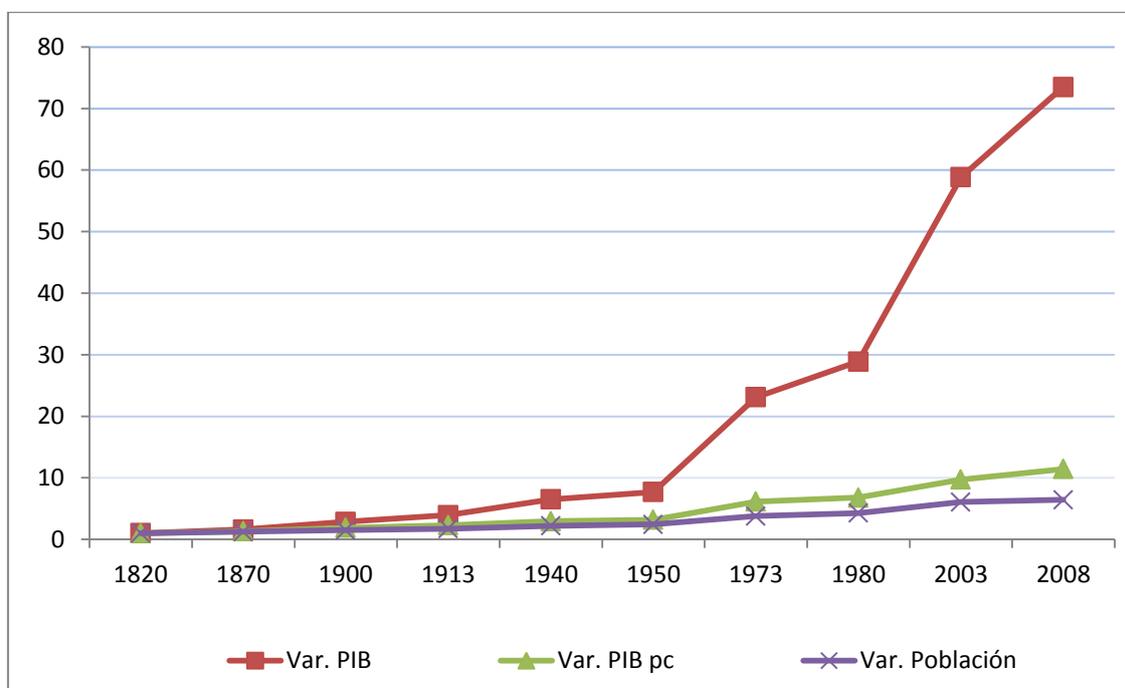
Año	PIB	Var. PIB	PIB pc	Var. PIB pc	Población	Var. Población
1820	693502		666		1041708	
1870	1109684	1.60	870	1.31	1275732	1.22
1900	1971881	2.84	1261	1.89	1563464	1.50
1913	2733190	3.94	1524	2.29	1792925	1.72
1940	4502584	6.49	1958	2.94	2299193	2.21
1950	5335860	7.69	2111	3.17	2527960	2.43
1973	16015152	23.09	4083	6.13	3922793	3.77
1980	20029995	28.88	4512	6.77	4439529	4.26
2003	40809563	58.85	6469	9.71	6308364	6.06
2008	50973935	73.50	7614	11.43	6694832	6.43

Fuente: Elaboración propia a partir de Maddison, A. (2008) *Contours of the world economy 1-2030 AD: Essays in macro-economic history*. Año base: 1820.

Los datos de Maddison, muestran como el producto interno bruto PIB per cápita mundial aumentó constantemente desde 1820 hasta nuestros días. La transición de un ingreso real cercano a \$700 por persona a \$8000 por persona, es decir un aumento real

de once veces, representa un cambio abrumador. Para los últimos treinta años, los ingresos per cápita mundiales crecieron en más del cincuenta por ciento; manteniéndose la desigualdad en su distribución pero con extraordinarios impactos.

Gráfico 8.1 Evolución del PIB y población mundial, 1820-2008



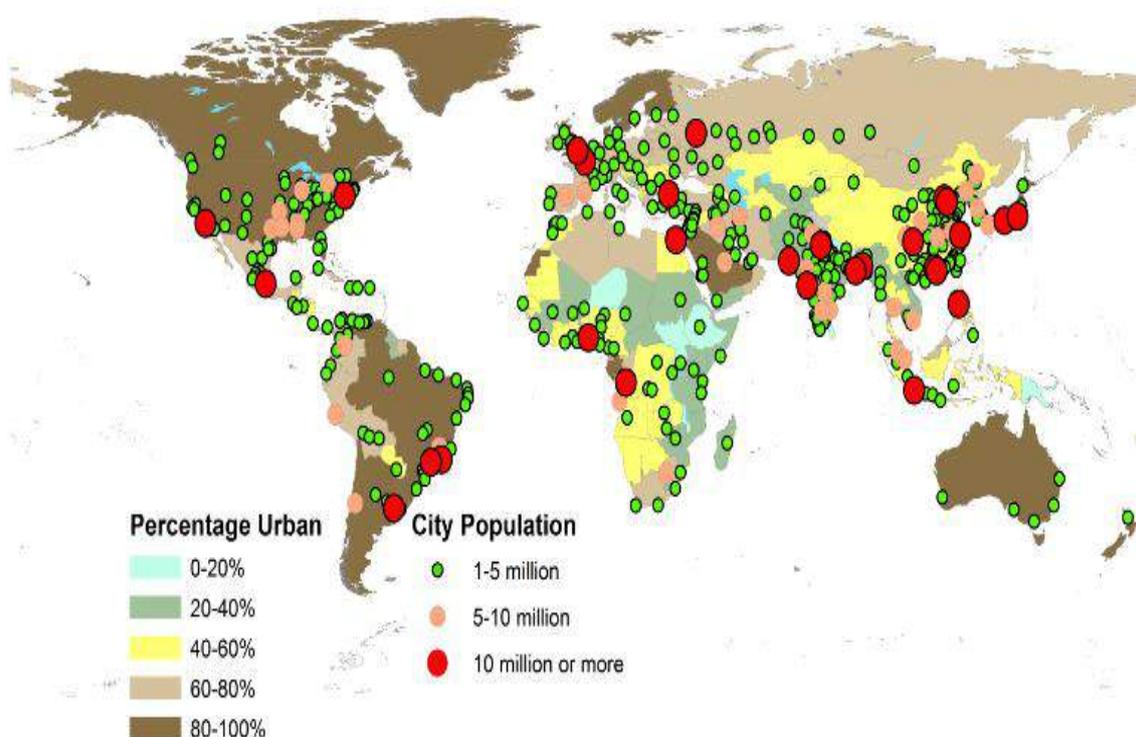
Fuente: Elaboración propia a partir de Madisson, A. (2008) *Contours of the world economy 1-2030 AD: Essays in macro –economic history*. (Índice 1820=1).

En la actualidad hay 7300 millones de personas en el mundo y con tendencia al alza según las estimaciones de los expertos, amenazando la sostenibilidad futura y los cambios ambientales globales (IPCC, 2014). Las perspectivas de la población mundial en el horizonte 2050 se estiman en 9700 millones de habitantes y para el horizonte 2100 es “prácticamente seguro” que llegue a 11200 millones de habitantes (WB, 2015; ONU, 2015; IPCC, 2014). El crecimiento humano y los diversos cambios plantean un reto para afrontar los desafíos de sostenibilidad que requiere el planeta. El desarrollo socioeconómico dependerá de una biosfera resistente.

Así como se presenta un incremento extraordinario de la población mundial, la urbanización lo viene haciendo a pasos agigantados. Los movimientos migratorios se realizan con mayor severidad hacia las áreas urbanas. Impulsados por una mejor calidad de vida, mejor ingreso, mejores comodidades, o quizás por huir de los conflictos de sus pueblos, buscando una esperanza de vida.

En el mapa 8.1, se pueden contemplar los aglomerados urbanos por continente y la población de las grandes ciudades diferencias por rangos de habitantes. Observamos como en el continente americano se encuentra por lo menos el sesenta por ciento de su población concentrado en los aglomerados urbanos. En contrario, el continente africano no llegaría al cincuenta por ciento de su población en las áreas urbanas. En cuanto a las ciudades en este continente solo se encuentran seis “mega ciudades” (representadas en el mapa con color rojo). En Europa se encuentra mayor número de aglomerados urbanos con al menos un millón de habitantes. Asia, agrupa el mayor número de aglomerados urbanos en cada una de las tres tipologías mostradas. Para este año existían veintinueve mega-ciudades que superaban los diez millones de habitantes.

Mapa 8.1 Porcentaje urbano y ubicación de los aglomerados urbanos con al menos un millón de habitantes, 2014



Nota: Las designaciones empleadas y la presentación del material en este mapa no implican la expresión de ninguna opinión por parte de la Secretaría de las Naciones Unidas sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

Fuente: United Nations. Department of Economic and Social Affairs - Population Division. 2014 Revision of World Urbanization Prospects. Acceso en línea: <http://esa.un.org/unpd/wup/Maps/>

A continuación, en la tabla 8.2, se reflejan los cambios demográficos globales en las más recientes décadas. Se ha comparado la evolución entre el año 1990 y 2013, para lo cual se han registrado las cifras de número de habitantes en los países más poblados

para dichos años-Top 10, además, se incluyen totales agregados por niveles de ingreso y agrupaciones regionales.

Se confirma que al menos el cincuenta por ciento de la población mundial corresponde a población urbana, los diez países con el mayor número de población urbana, concentran al menos el cincuenta por ciento de la población urbana mundial.

Tabla 8.2 Top 10 países más poblados, evolución de la población urbana 1990-2013

País	Población Urbana					Población en aglomeraciones urbanas de más de 1 millón		Población en la ciudad más grande	
	Miles		% de la población total		% crecimiento	% de la población total		% de la población urbana	
	1990	2013	1990	2013	2013	1990	2013	1990	2013
China	300166	721692	26	53	2.9	10	23	3	3
India	222413	409363	26	32	2.4	11	14	6	6
Estados Unidos	187966	257240	75	81	1.0	42	45	9	7
Brasil	111174	173970	74	85	1.2	35	39	13	12
Indonesia	55491	131293	31	52	2.8	10	10	15	8
Japón	95542	117777	77	92	0.5	58	65	34	32
Federación Rusa	108837	105981	73	74	0.3	17	20	8	11
Nigeria	28379	79658	30	46	4.6	12	15	17	15
Pakistán	32902	68600	31	38	3.3	17	21	22	23
Bangladesh	20996	51474	20	33	3.6	9	14	32	32
Mundial	2258138	3783510	43	53	2.1	18	22	17	16
Ingresos bajos	71133	177751	22	29	4.2	9	11	36	32
Ingresos medios	1302041	2505811	35	48	2.5	14	20	15	14
Ingreso medio bajo	566733	1079403	30	38	2.7	12	15	17	16
Ingreso medio alto	735308	1426408	40	61	2.4	16	26	14	12
Ingreso Bajo y medio	1373174	2683562	34	46	2.6	13	19	16	15
Asia oriental y Pacífico	451,599	1,021,706	28	51	2.8	..	..	9	8
Europa y Asia central	132,744	155,587	56	60	1.1	16	21	19	23
Latinoamérica & caribe	251,298	402,417	68	77	1.5	31	35	22	21
Oriente medio y África del norte	116,923	209,395	52	60	2.4	21	23	28	25
Asia sur	283,485	546,531	25	32	2.7	11	15	10	11
África Sub-sahariana	137,126	347,926	27	37	4.2	12	15	30	28
Ingreso alto	884964	1099947	75	80	0.9	..	..	19	19
Eurozona	222060	254613	71	75	0.6	18	18	16	15

Nota: Los países difieren en la forma en que clasifican a la población como "urbana" o "rural". Por lo general, una comunidad o asentamiento con una población de 2.000 o más se considera urbana, pero las definiciones nacionales se basan más comúnmente en el tamaño de la localidad. Eurostat define las zonas urbanas como grupos de celdas de la red contiguas de 1 km² con una densidad de al menos 300 habitantes por km² y una población mínima de 5.000. Además se define clúster de alta densidad como celdas del cuadrante contiguas de 1 km² con una densidad de al menos 1.500 habitantes por km² y una población mínima de 50.000. La población de una ciudad o área metropolitana depende de los límites elegidos.

Fuente: Elaboración propia a partir de *World Development Indicators 2015*, THE WORLD BANK. Actualizado: 09/09/2015. Acceso en línea <http://wdi.worldbank.org/table/3.12>

China lidera el crecimiento en cifras, seguido por India. Rusia permanece constante mientras que el mayor crecimiento relativo correspondió a Nigeria. Si analizamos por nivel de ingresos, evidenciamos que en los países de ingresos altos, la población agregada de sus áreas urbanas representa el ochenta por ciento de la población total, los países de ingresos bajos apenas registran el veintinueve por ciento.

Por región, Latinoamérica y el Caribe lideran la concentración de habitantes en zonas urbanas con el setenta y siete por ciento.

En general, el crecimiento en los aglomerados urbanos se ha extremado en las últimas décadas. Es notorio que las aglomeraciones urbanas de más de un millón de habitantes han crecido a excepción de Indonesia que permanece constante en los dos períodos analizados. Es destacable que las ciudades más grandes de cada país mantienen sus pesos relativos constantes en el período 2013 y con tendencia a la baja en lo general del comportamiento global. La ciudad más grande de cada país realmente no ha crecido en este período, el número relativo de habitantes ha disminuido comparado con el período 1990.

La tabla 8.3, nos muestra las cifras de densidad de los países más poblados del planeta. Bangladesh representa la más alta densidad poblacional, siendo al menos tres veces la densidad poblacional de India y cuatro la de Japón. Así mismo Rusia, Brasil y Estados Unidos, no superan las cuarenta personas por metro cuadrado.

Tabla 8.3 10 Países más poblados del planeta, densidad, población urbana

País	Población 2013	Área (km ²)	Densidad (Km ²)	Población urbana % 2013	INB _{PC} (PPA a \$ internacionales)
China	1357380000	9562911	145	53	12140
India	1279498874	3287260	430	32	5240
Estados Unidos	316497531	9831510	35	81	54360
Indonesia	251268276	1910930	139	52	9700
Brasil	204259377	8515770	24	85	15490
Pakistán	181192646	796100	235	38	4860
Nigeria	172816517	923770	190	46	5380
Bangladesh	157157394	148460	1207	33	3170
Federación Rusa	143506911	17098240	9	74	24070
Japón	127338621	377960	349	92	37550

Fuente: Elaboración propia a partir de *World Development Indicators 2015*, THE WORLD BANK. Actualizado: 09/09/2015. Acceso en línea <http://wdi.worldbank.org/table/SP.POP.TOTL>
<http://data.worldbank.org/indicator/AG.SRF.TOTL.K2> Area km²
<http://data.worldbank.org/indicator/EN.POP.DNST> Densidad km²
<http://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GNP.PCAP.PP.CD> INB per cápita, PPA\$

Destaca Brasil, el quinto país más grande en términos de población, con una densidad de población de 24 personas por metro cuadrado, debido a las grandes áreas de bosques que posee. Los Estados Unidos y Japón, el tercer y decimo país más grande en términos de población respectivamente, presentan los mejores resultados de calidad de vida, medido por el indicador del INB_{PC} (PPA). Los grandes centros urbanos se convierten en controladores de todas las actividades posibles y centros de conexión, además son dominio político, económico, social y cultural. Los diez países con el mayor número de población urbana, concentran al menos el cincuenta por ciento de la población urbana mundial.

Como hemos mencionado en los anteriores párrafos más del cincuenta por ciento de la población mundial, reside en las áreas urbanas. En la tabla 8.4, se presentan los veinte aglomerados urbanos más poblados del planeta, la evolución de la población en los últimos 25 años y la proyección para el año 2030.

Tabla 8.4 20 Aglomerados urbanos más grandes de 2014

Ciudad	País/Área	Población (miles)			Ranking			Tasa media anual de cambio %
		1990	2014	2030	1990	2014	2030	
Tokio	Japón	32530	37833	37190	1	1	1	0,6
Delhi	India	9726	24953	36060	12	2	2	3,2
Shanghái	China	7823	22991	30751	20	3	3	3,4
Ciudad de México	México	15642	20843	23865	4	4	10	0,8
São Paulo	Brasil	14776	20831	23444	5	5	11	1,4
Mumbai (Bombay)	India	12436	20741	27797	6	6	4	1,6
Quinqui M.M.A. (Osaka)	Japón	18389	20123	19976	2	7	13	0,8
Beijing	China	6788	19520	27706	23	8	5	4,6
New York-Newark	USA	16086	18591	19885	3	9	14	0,2
Al-Qahirah (Cairo)	Egipto	9892	18419	24502	11	10	8	2,1
Dhaka	Bangladesh	6621	16982	27374	24	11	6	3,6
Karachi	Pakistán	7147	16126	24838	22	12	7	3,3
Buenos Aires	Argentina	10513	15024	16956	10	13	18	1,3
Kolkata (Calcuta)	India	10890	14766	19092	7	14	15	0,8
Estambul	Turquía	6552	13954	16694	25	15	20	2,2
Chongqing	China	4011	12916	17380	43	16	17	3,4
Rio de Janeiro	Brasil	9697	12825	14174	13	17	23	0,8
Manila	Filipinas	7973	12764	16756	19	18	19	1,7
Lagos	Nigeria	4764	12614	24239	33	19	9	3,9
Los Angeles-Long Beach-Santa Ana	USA	10883	12308	13257	8	20	26	0,2

Fuente: United Nations. Department of Economic and Social Affairs- Population Division. *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision*. Acceso en línea: agosto 2015, p. 26 <http://esa.un.org/unpd/wup/Highlights/WUP2014-Highlights.pdf>

En 2014, existían veintinueve mega-ciudades con población mayor a diez millones de habitantes, representan por lo menos el diez por ciento del total de la población urbana mundial. En este año, Tokio supera los 30 millones de habitantes; seis ciudades se encuentran en el rango superior a 20 millones y trece por arriba de los diez millones.

El crecimiento más acelerado se proyecta al horizonte 2030, para Shanghái, Beijing, Dhaka y Chongqing (presentan las tasas media anuales de cambio más altas de la clasificación realizada). En su conjunto los aglomerados urbanos de China e India presentan mayor crecimiento. El continente asiático reúne a doce de los veinte aglomerados urbanos más grandes del mundo, seis se encuentran en el continente americano y dos en África.

La tendencia de los países desarrollados a horizonte 2030 es más o menos estable – la tendencia es a reducir el crecimiento demográfico natural, no ocurriendo lo mismo para los países en desarrollo para los que las proyecciones apuntan a un mayor incremento.

La urbanización de las ciudades ha supuesto grandes cambios en su composición y desarrollo y un elevado protagonismo a esfera mundial. Los patrones de producción y consumo se han modificado de manera importante, atentando la sostenibilidad del planeta.

Las emisiones de CO₂ en su gran parte, proceden de los usos urbanos. La responsabilidad de los países, poblaciones y en general de los diferentes ciudadanos en el aporte a la problemática de emisiones es totalmente desigual. La tabla 8.5 nos muestra las emisiones per cápita de dióxido de carbono proveniente de la quema de combustibles fósiles y de la fabricación de cemento para los diez países más poblados del planeta.

Se visualiza grandes desigualdades entre los países analizados, EE UU, es quien presenta las mayores emisiones por habitante, multiplicando las de Bangladés -que presenta el menor valor-, por lo menos en cuarenta veces , a las emisiones de Pakistán en veinte y las de India en diez veces.

El segundo y tercer valor más altos de emisiones por habitante, se ubican en el extremo inferior de los diez países más poblados; para los dos países con la mayor población, es decir los ubicados en el extremo superior (posición uno y dos) presentan valores mucho más bajos, manteniendo una amplia brecha de desigualdad.

Los valore más altos son bien ejemplificados en la tabla por los países más ricos, EE UU, Japón, Rusia.

En el debate actual persiste la carga de responsabilidad de las emisiones hacia los países industrializados, muchos de los movimientos ecologistas sostienen que estos países han contraído una deuda ecológica con el resto del mundo.

Tabla 8.5 10 Países más poblados del planeta, emisiones, preparación y vulnerabilidad

País	Emisiones CO2 (TM per cápita)	ND-GAIN Índice ²⁹	Ranking ND-GAIN Índice	Preparación ³⁰	Vulnerabilidad	Vulnerabilidad: hábitat humano ³¹	Vulnerabilidad: Exposición ³²
	2011	2013	2013	2013	2013	2013	2013
China	6,7	58,6	51	0,503	0,332	0,271	0,439
India	1,7	46,1	120	0,389	0,468	0,369	0,553
Estados Unidos	17	76,5	9	0,799	0,269	0,235	0,452
Indonesia	2,3	48,4	104	0,418	0,45	0,457	0,59
Brasil	2,2	54,1	78	0,411	0,328	0,437	0,499
Pakistán	0,9	44,1	123	0,349	0,467	0,292	0,499
Nigeria	0,5	39,4	142	0,3	0,511	0,561	0,487
Bangladés	0,4	40,4	139	0,347	0,539	0,443	0,553
Rusia	12,6	65,9	29	0,562	0,243	0,344	0,364
Japón	9,3	73,3	15	0,801	0,335	0,435	0,516

Notas: En la clasificación por ND-GAIN Índice, las puntuaciones más altas son mejores. En la clasificación por preparación, las puntuaciones más altas son mejores. En la clasificación por vulnerabilidad, las puntuaciones más bajas son mejores. (La clasificación de los países en la tabla obedece al parámetro de población). TM: Toneladas métricas.

Fuente: Elaboración propia a partir *Notre Dame Global Adaptation Index- ND-GAIN*

<http://index.gain.org/> <http://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC> emisiones CO2

Cinco de los diez países más poblados se encuentran en el ranking 100 del ND-GAIN índice, este índice indica el grado de preparación de un país para hacer frente a los cambios globales provocados por los hacinamientos, limitación de recursos y las alteraciones climáticas. La posición es liderada por un país que no se encuentra

²⁹ El Índice País ND-GAIN, es un proyecto de la Universidad de Notre Dame, Índice de Adaptación Global (ND-GAIN), resume la vulnerabilidad del país al cambio climático y otros desafíos globales en combinación con su disposición a mejorar la capacidad de recuperación.

³⁰ La Preparación mide la capacidad de un país para aprovechar las inversiones y convertirlas a acciones de adaptación. Considera tres componentes de preparación económica, preparación para la gobernanza y preparación social.

³¹ La puntuación del hábitat humano capta la vulnerabilidad de las condiciones humanas de vida para el cambio climático, teniendo en cuenta los fenómenos meteorológicos extremos, el desarrollo urbano, la demografía, y la infraestructura de transporte de un país. Los indicadores incluyen: el cambio proyectado de peligro ola de calor, el cambio previsto de riesgo de inundación, la concentración urbana, tasa de dependencia de la edad, la calidad de la infraestructura de transporte y el comercio, y caminos pavimentados.

³² Exposición es un componente de la vulnerabilidad independiente del contexto socioeconómico. Corresponde a la naturaleza y el grado en que un sistema está expuesto al cambio climático significativo. .

contemplado en la muestra, para éste análisis teniendo en cuenta los países más poblados, encontramos a EE UU liderando el grupo, su índice esta en relación de 3 a 1. (76,5), ocupando la posición nueve del ranking global. Se percibe de nuevo a los países ricos liderando, como era de esperarse, ya que cuentan con mejores infraestructuras y servicios que les proporciona mayor capacidad de recuperación. En tanto los países de Asia y África presentan alta vulnerabilidad y baja preparación, traduciéndose en peligro para invertir allí. Resulta interesante ver que Pakistán, presenta un indicador de hábitat humano bajo (baja vulnerabilidad), debido en parte a los bajos niveles de urbanización que presenta; sin embargo, India con una tasa de urbanización más baja tiene más alta vulnerabilidad.

8.2. Gestión de futuros riesgos y creación de resiliencia

En la gestión de los riesgos del cambio climático se requiere de la adopción de decisiones de adaptación y mitigación que tendrán consecuencias en las generaciones, las economías y el medio ambiente del futuro. La adaptación, es importante para la creación de resiliencia y la realización de ajustes en virtud de los impactos del cambio climático. Igualmente, se consideran los límites a la adaptación, las trayectorias resilientes al clima y el papel de la transformación.

Para la adaptación eficaz, se considera los siguientes principios³³:

La adaptación es específica del lugar y el contexto, y no existe ningún método único para reducir los riesgos que resulte adecuado para todas las situaciones (nivel de confianza alto). Las estrategias eficaces de reducción del riesgo y adaptación consideran la dinámica de la vulnerabilidad y la exposición y sus relaciones con los procesos socioeconómicos, el desarrollo sostenible y el cambio climático.

La planificación y realización de la adaptación se puede mejorar mediante medidas complementarias a todos los niveles, desde el personal al gubernamental (nivel de confianza alto). Los gobiernos nacionales pueden coordinar los esfuerzos de adaptación de los gobiernos locales y subnacionales, por ejemplo protegiendo los grupos vulnerables, apoyando la diversificación económica y proporcionando información, políticas y marcos jurídicos, y coordinar el apoyo financiero (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). Cada vez es mayor el reconocimiento de que gozan los gobiernos locales y el sector privado como actores fundamentales para progresar en la adaptación, habida

³³ IPCC (2014).

cuenta de los papeles que desempeñan en la adaptación a mayor escala de las comunidades, los hogares y la sociedad civil, y para gestionar la información y la financiación conexas al riesgo (evidencia media, nivel de acuerdo alto).

Una primera medida de adaptación al cambio climático futuro consiste en reducir la vulnerabilidad y exposición a la variabilidad climática actual (nivel de confianza alto). Las estrategias comprenden medidas junto a cobeneficios para otros objetivos. Las estrategias y medidas existentes pueden hacer que aumente la resiliencia en una gama de posibles climas futuros y contribuir al mismo tiempo a que mejoren la salud humana, los medios de subsistencia, el bienestar social y económico y la calidad del medio ambiente. La incorporación de la adaptación en la planificación y la toma de decisiones pueden promover sinergias con el desarrollo y la reducción de riesgos de desastre.

La planificación y realización de la adaptación a todos los niveles de gobernanza depende de los valores sociales, los objetivos y las percepciones del riesgo (nivel de confianza alto). El reconocimiento de los diversos intereses, circunstancias, contextos socioculturales y expectativas puede favorecer los procesos de toma de decisiones. Los sistemas y prácticas relacionados con los conocimientos indígenas, locales y tradicionales, en particular la visión holística que tienen los pueblos indígenas de la comunidad y el medio ambiente, son un recurso fundamental para la adaptación al cambio climático, pero no se han utilizado coherentemente en los esfuerzos de adaptación actuales. La integración de esas formas de conocimientos en las prácticas existentes hace que aumente la eficacia de la adaptación.

El apoyo de las decisiones es más eficaz cuando es sensible al contexto y a la diversidad de los tipos de decisiones, a la adopción y defensa de sus procesos (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). Las organizaciones que hacen de puente entre la ciencia y la toma de decisiones, en particular los servicios climáticos, desempeñan un importante papel en la comunicación, transferencia y evolución de los conocimientos climáticos, incluyendo la traducción, la colaboración y el intercambio de conocimientos (evidencia media, nivel de acuerdo alto).

Los instrumentos económicos existentes y los que se van creando pueden fomentar la adaptación al ofrecer incentivos a la anticipación y amortiguación de los impactos (nivel de confianza medio). Entre dichos instrumentos cabe destacar las asociaciones de financiación público privadas, préstamos, pagos por los servicios ambientales, mejor establecimiento de tarifas por los recursos, tasas y subsidios, normas y reglamentaciones, y mecanismos de reparto y transferencia del riesgo. Los mecanismos

de financiación del riesgo en los sectores público y privado, como los consorcios de seguros y riesgos, pueden contribuir a que aumente la resiliencia, pero sin prestar atención a los principales problemas de concepción, también pueden constituir desincentivos, provocar el fallo del mercado y hacer que disminuya la equidad. Los gobiernos a menudo desempeñan papeles fundamentales en su calidad de reguladores, proveedores o aseguradores de último recurso.

Las limitaciones pueden interactuar para obstaculizar la planificación y realización de la adaptación (nivel de confianza alto). Las limitaciones comunes a la realización se derivan de los siguientes factores: escasos recursos financieros y humanos; limitada integración o coordinación de la gobernanza; incertidumbres acerca de los impactos proyectados; diferentes percepciones de los riesgos; valores en competencia; ausencia de líderes y defensores clave de la adaptación; y herramientas limitadas de control de la eficacia de la adaptación. Otra limitación es la insuficiente investigación, vigilancia y observación y la insuficiente financiación para su mantenimiento. La subestimación de la complejidad de la adaptación como proceso social puede crear expectativas irreales sobre el logro de los resultados de adaptación buscados.

Una pobre planificación, un excesivo hincapié en la obtención de resultados a corto plazo o una insuficiente anticipación de las consecuencias podrían dar lugar a una adaptación incorrecta (evidencia media, nivel de acuerdo alto). La adaptación incorrecta puede hacer que aumente la vulnerabilidad o la exposición del grupo destinatario de la adaptación en el futuro, o bien la vulnerabilidad de otras personas, lugares o sectores. Algunas respuestas a corto plazo ante los crecientes riesgos conexos al cambio climático también podrían limitar las opciones futuras. Por ejemplo, una mayor protección de los activos expuestos puede estar bloqueada por su dependencia de otras medidas de protección.

Una evidencia limitada indica que existe una brecha entre las necesidades globales de adaptación y los fondos disponibles para la adaptación (nivel de confianza medio). Existe la necesidad de contar con una mejor evaluación de los costos, financiación e inversión globales de la adaptación. Los estudios estiman que el costo global de la adaptación se caracteriza por la deficiencia de datos, métodos y cobertura (nivel de confianza alto).

Existen importantes cobeneficios, sinergias y contrapartidas entre la mitigación y la adaptación y entre las distintas respuestas de adaptación; ocurren interacciones tanto dentro de las regiones como entre ellas (nivel de confianza muy alto). Los crecientes

esfuerzos desplegados en pro de la mitigación del cambio climático y la adaptación a él van aparejados a una creciente complejidad de las interacciones, especialmente en las intersecciones entre los sectores del agua, la energía, el uso del suelo y la biodiversidad, pero aún siguen siendo reducidas las herramientas disponibles para comprender y manejar tales interacciones. Cabe destacar entre los ejemplos de medidas que generan cobeneficios los siguientes: i) fuentes energéticas más eficientes y más limpias, que redunden en menores emisiones de contaminantes atmosféricos que alteran el clima y dañan la salud; ii) menor consumo de energía y agua en las zonas urbanas, con ciudades cada vez más ecológicas y mediante el reciclaje del agua; iii) agricultura y silvicultura sostenibles; y iv) protección de los ecosistemas para que proporcionen servicios de almacenamiento de carbono y otros servicios ecosistémicos.

Trayectorias resilientes al clima y transformación:

Las trayectorias resilientes al clima son trayectorias de desarrollo sostenible que combinan adaptación y mitigación con miras a reducir el cambio climático y sus impactos. Comprenden procesos iterativos para garantizar la aplicación y el mantenimiento de la gestión eficaz del riesgo.

Las perspectivas de trayectorias de desarrollo sostenibles resilientes al clima están fundamentalmente relacionadas con los logros mundiales en la mitigación del cambio climático (nivel de confianza alto). Habida cuenta de que la mitigación reduce la tasa y la magnitud del calentamiento, también incrementa el plazo de que se dispone para la adaptación a un nivel particular de cambio climático, potencialmente en varios decenios. De demorarse las medidas de mitigación podrían verse limitadas las posibilidades de trayectorias resilientes al clima en el futuro.

A mayor tasa y magnitud del cambio climático, mayor es la probabilidad de sobrepasar los límites a la adaptación (nivel de confianza alto). La adaptación llega a su límite cuando no son posibles o en ese momento no son accesibles medidas de adaptación destinadas a evitar riesgos intolerables para los objetivos de un agente o las necesidades de un sistema. Puede que no coincidan los juicios de valor en cuanto a lo que constituye un riesgo intolerable. Aparecen límites a la adaptación por la interacción entre el cambio climático y las carencias biofísicas y/o socioeconómicas. Con el tiempo, pueden menguar las posibilidades de obtener beneficios de las sinergias positivas entre la adaptación y la mitigación, especialmente si se sobrepasan los límites a la adaptación. Hay partes del planeta donde la insuficiencia de respuesta ante los nuevos impactos ya está socavando la base del desarrollo sostenible.

Las transformaciones en las decisiones y medidas de orden económico, social, tecnológico y político pueden posibilitar las trayectorias resilientes al clima (nivel de confianza alto). Ahora se puede tratar de aplicar estrategias y medidas que logren progresos hacia las trayectorias de desarrollo sostenible resilientes al clima, y que al mismo tiempo contribuyan a mejorar los medios de subsistencia, el bienestar social y económico y la gestión ambiental responsable. A nivel nacional, se considera que la transformación es más eficaz cuando refleja las propias visiones y enfoques de un país para lograr el desarrollo sostenible en conformidad con sus circunstancias y prioridades nacionales. Se considera que las transformaciones hacia la sostenibilidad se benefician del aprendizaje iterativo, los procesos deliberativos y la innovación.

Los espacios de oportunidad y trayectorias resilientes al clima, pueden ser:

a.) Factores de estrés: afectan a la resiliencia desde muchas direcciones, y que se representan de forma sencilla como factores de estrés biofísicos y sociales. Aquí encontramos el cambio climático, la variabilidad climática, el cambio de uso del suelo, la degradación de los ecosistemas, la pobreza y desigualdad y los factores culturales.

b.) Espacio de oportunidad: se refiere a puntos de decisión y trayectorias que conducen a una gama futuros posibles con diferentes niveles de resiliencia y riesgo.

c.) Proceso de gestión: es el conjunto de puntos de decisión que toman o no de medidas aplicadas al cambio climático en todo el espacio de oportunidad.

d.) Trayectorias resilientes al clima dentro del espacio de oportunidad conducen a un mundo más resiliente a través del aprendizaje adaptativo, la acumulación de conocimientos científicos, medidas eficaces de adaptación y mitigación, y otras opciones que reducen los riesgos.

e.) Menor resiliencia: las trayectorias que inducen una menor resiliencia pueden deberse a una mitigación insuficiente, a una adaptación incorrecta, o a la falta de comprensión y utilización de los conocimientos, y a otras medidas que reducen la resiliencia; y pueden ser irreversibles en lo que respecta a los futuros posibles.

Como se observó en la tabla 8.5, donde se ilustraron los diez países más poblados de la tierra, mostrando el nivel de preparación que cada uno mantiene de acuerdo a los diversos parámetros que la entidad que realiza la valoración incluye en su metodología; se pierde la perspectiva de ciudad ya que muestra un solo un ranking, con un valor global de posición, no se puede saber de ciudades específicas y sus equipamiento para hacer frente al cambio climático.

Los países desarrollados en su conjunto tienen mucha más infraestructura para adaptarse a un planeta que se calienta. El gobierno puede obligar a las personas a movilizarse en casos de presentarse alguna actividad alarmante de peligro o amenaza de riesgo, para salvaguardar la vida de los habitantes de las zonas que puedan verse afectadas, igualmente pueden permitirse la construcción de infraestructuras para la ciudad y centros de tránsito más cerca en los centros de gobierno principales.

8.3. Esquemas decisionales

El cambio ambiental global plantea desafíos importantes en la elaboración de decisiones. Desde un enfoque ético, la distribución equitativa de las ventajas y cargas del cambio climático y la elaboración de políticas oportunas y justas, plantean importantes retos para la sostenibilidad.

Los procesos decisionales solían plantearse a niveles locales de decisión por ejemplo la problemática de epidemias por afecciones ambientales, ahora estos niveles han pasado a otros niveles y bajo otras escalas espacio-temporales, como el cambio climático. Estos problemas son sistémicos lo que requieren una mayor comprensión.

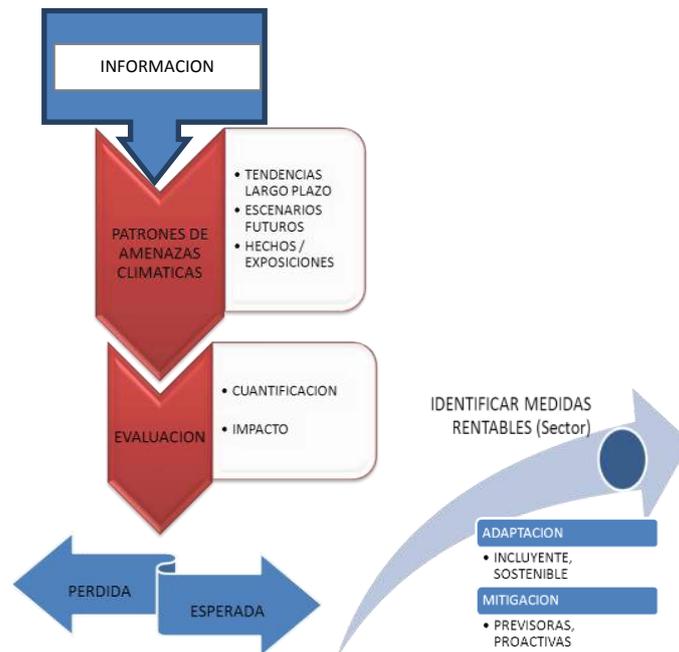
Los decisores deberán plantearse mecanismos que puedan hacer que las sociedades dispongan y participen en las decisiones locales para afrontar los cambios que se les presente. La elaboración de nuevos conocimientos en la ciencia y la política deberán contemplarse en los procedimientos. De tal forma que facilite los procesos adecuados a cada problemática en particular. El liderazgo es una variable esencial en estos procesos para hacerlos más participativos e inclusivos.

La sociedad civil tendrá un papel determinante en la gestión de los bienes comunes. Desde esta perspectiva se pueden equilibrar los perjuicios y beneficios ambientales, así mismo legitiman y hacen eficaces las decisiones.

Todas las decisiones requieren de una acción organizada de las comunidades y de todos los grupos sociales. Su participación en la elaboración de políticas deberá ser más frecuente. Yace otro problema es cómo vamos a estimular las transformaciones sociales en el largo plazo.

Se presentan tres prototipos de sistemas decisionales, que pueden valorarse a la luz de las diferentes variables que se apliquen en el desarrollo del modelo. No han sido desarrollados, las variables se presentan para dar un “panorama posible”.

Figura 8.1 Estructura del modelo de evaluación



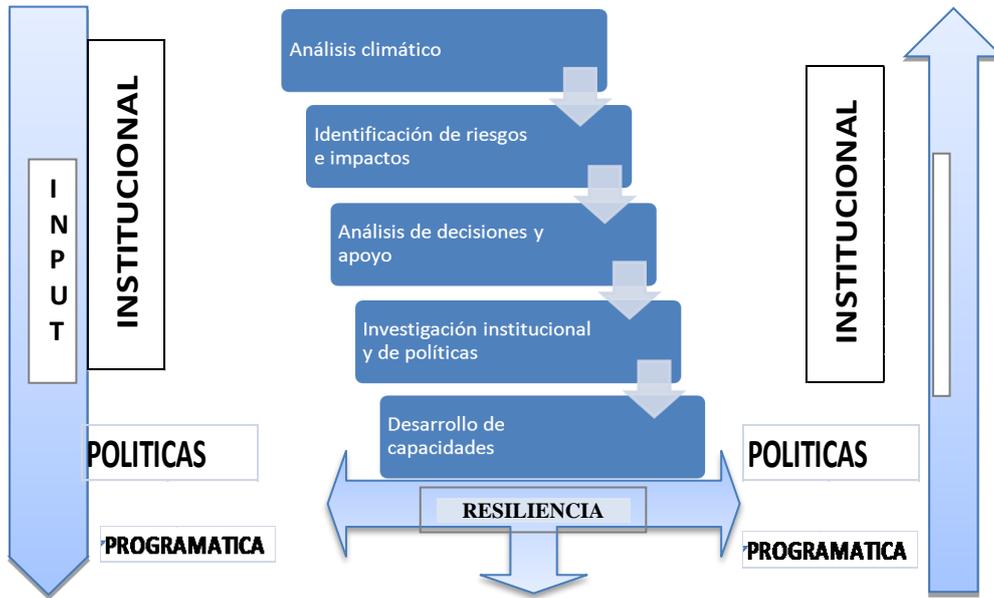
Fuente: Elaboración propia

En la figura 8.1, se presenta el modelo de evaluación, considerando este proceso importante en la etapa inicial para cuantificar los impactos e identificar las medidas en los sectores. Su base corresponde la información que se pueda obtener de diversas fuentes de datos (macro o micro), estas serán valoradas por patrones de información climática definidos y que harán parte del mapa d riesgos climáticos. Dicha evaluación podrá valorarse desde el concepto de pérdida/daño es decir desde la perspectiva de los riesgos.

La figura 8.2, presenta una estructura desde el enfoque de gestión de riesgo, contemplando las diversas etapas del proceso, desde el análisis climático hasta el desarrollo de capacidades, esto contempla doble vía para la entrada y salida de la información, dicha información se obtiene de forma programática y desde políticas concretas de manera institucional, igualmente las medidas tendrán que seguir esta misma trayectoria, sin embargo en la base del esquema se muestra la resiliencia como proceso que genera adaptabilidad y desarrollo de capacidades.

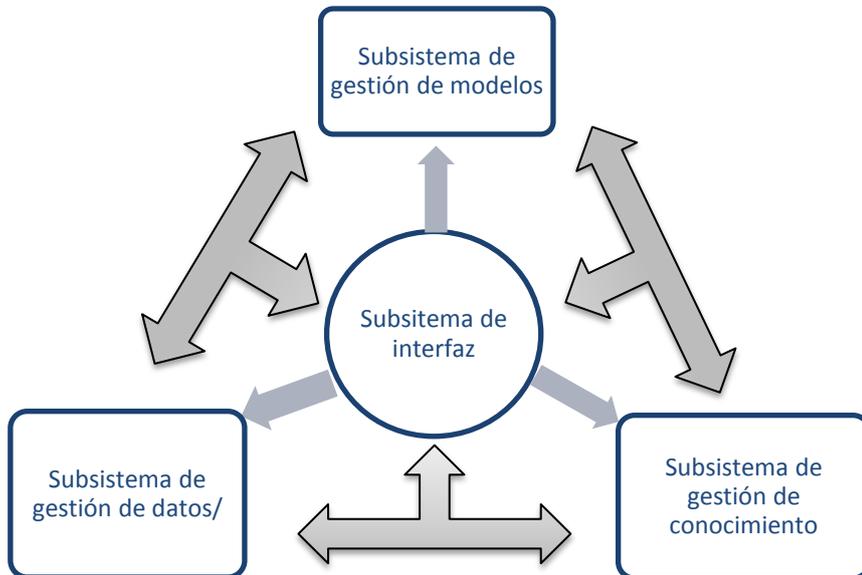
La figura 8.3, es el sistema complejo decisional, incluye tres subsistemas que se encuentran interconectados a un centro de decisión que corresponde al subsistema interfaz, los vínculos entre cada subsistema solo podrán darse por las interacciones que realicen de manera central, es decir donde un proceso logra concretar y accionar la sinergia para lograr un dialogo comprensivo.

Figura 8.2 Estructura de enfoque de gestión del cambio climático



Fuente: Elaboración propia

Figura 8.3 Estructura de sistema decisional



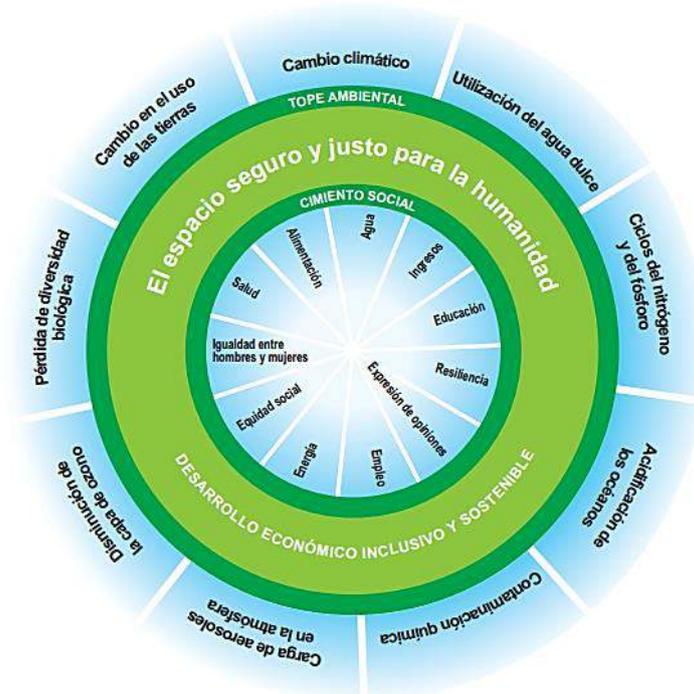
Fuente: Elaboración propia

8.4. Elementos conceptuales

De manera general se presentan algunos conceptos que hemos estimado importantes para el tratamiento de la problemática de cambio climático y la propuesta de las ciudades como unidad de análisis en el planteamiento del modelo. Evocando la cumbre de Rio de 1992, razón tenía en afirmar Maurice Strong, en su discurso de clausura que la batalla de la sostenibilidad se ganaría o se perdería en las ciudades, afirmación ésta muy vigente en el contexto actual.

Como hemos visto en los antecedentes y sintetizando, más de la mitad de la población mundial habita en las ciudades. Las estimaciones proyectan en un horizonte 2050 que estos aumentos se presentaran en países de mediano y bajos ingresos, por consiguiente países con mayor vulnerabilidad, que tienen una menor capacidad de respuesta ante alguna amenaza. Ahora tenemos un planeta con 7,3 millones de habitantes, que ha intensificado el crecimiento de la población humana desde el inicio de la Revolución Industrial, con una renta mensual que supera los 8 mil dólares.

Figura 8.4 Límites planetarios y sociales



Fuente: CISS (2014), *Informe mundial sobre ciencias sociales 2013*. Resumen, basado en el artículo de Rockström et al. (2009), "A safe operating space for humanity".

Este planeta tierra, provee de recursos y servicios, recursos como tierra, agua, energía; pero qué sucede, que estos recursos son limitados – al igual que la vida, pero la humanidad está ejerciendo presión sobre los límites físicos del planeta, afectando la sostenibilidad y la seguridad de supervivencia. En la comunidad científica es bien conocido el concepto de “límites planetarios” (Rockström et al. 2009) y la conocida “rosquilla” que presentamos en la figura 8.4.

La respuesta a los cambios globales, requiere de un espacio seguro para la humanidad. Allí deberán estar direccionadas las medidas de sostenibilidad que se propongan. El espacio se encuentra definido por los límites planetarios y sociales, donde la humanidad puede operar con tranquilidad sin poner en peligro la seguridad y el bienestar de la humanidad y de las generaciones futuras.

Estos espacios operativos seguros y justos, son los que se deberán buscar para los grandes aglomerados urbanos; un mundo cada vez más global e interconectado, con mayor complejidad, con espacios más extendidos; requiere de modelos más amplios que puedan brindar mayor conocimiento y nuevas metodologías que nos acerquen a la realidad de las nuevas urbes a dimensión planetaria.

Sería interesante desarrollar los límites operativos de los servicios eco sistémicos en las ciudades (apoyo, aprovisionamiento, regulación, cultural).

En la “rosquilla” se observa los nueve límites planetarios, para los diversos fenómenos que se encuentran amenazados, estos fenómenos se presentan en sentido de las manecillas del reloj, encontrando uno tras otro a medida que se avanza en el círculo. El cambio climático aparece preciso a lo que corresponde las doce del reloj.

La resiliencia se presenta como una teoría integradora en las ciencias, (binomio hombre-naturaleza) teniendo en cuenta la complejidad que hemos manifestado en líneas precedentes que presenta el cambio climático. Muchas investigaciones se han llevado acabo teniendo en cuenta este concepto, en las ciencias sociales el concepto se ha aplicado hace más de cinco décadas especialmente en la psicología. Su origen se remonta a estudios de resistencia de los materiales en el siglo XIX. En ecología se encuentra el destacado trabajo de CS Holling (1973). El concepto presenta diversos significados.

La resiliencia ha cobrado gran importancia en la gestión. El concepto se ha integrado por los gobiernos y las instituciones en sus programas de gestión. En la crisis hemos visto como instituciones han mantenido y asegurado su continuidad.

La población urbana crece a una velocidad menor que el proceso de expansión urbana. Estos procesos abarcan y trascienden los ámbitos locales y regionales, generando problemáticas más complejas. Los eventos extremos globales se incrementan con mayor severidad y frecuencia, no solo los directos del cambio climático, también sucede con los eventos que surgen de estas perturbaciones. El diseño de medidas de mitigación y adaptación se ha centrado en estrategias de mitigación (principalmente temas de eficiencia), que en las estrategias de adaptación o de generación de capacidades en las comunidades urbanas. (Lampis, Rubiano, 2012)

En los procesos de gestión el término se ha vinculado en la gestión del riesgo, invocando al primer principio de equilibrio (sistemas lineales) que tienen los sistemas cuando cesa una perturbación. Para el caso de las ciudades, es aplicable el principio que nos permite entender como los ecosistemas se ajustan a cambios rápidos e impredecibles.

Desde el concepto de resiliencia socio-ecológica, se encuentra el concepto de socio-ecosistema que permite la resiliencia de los sistemas complejos adaptativos (Grimm et al., 2013).

El cambio climático es el principal problema de la acción colectiva, en palabras de Elonor Strom. El enfoque policéntrico es primordial, para hacer frente al problema, los beneficios pueden generar externalidades desastrosas para otros. Por ejemplo fumar, puede ser un beneficio propio, pero es un mal para la comunidad. Las acciones locales y regionales, proporcionan avances para acciones positivas al cambio climático. Las personas están iniciando las calificaciones de las acciones en pro del cambio climático; se pueden desarrollar iniciativas en cada comunidad, la espera a que grandes decisores realicen sus tareas no puede seguir siendo. El llamado es a la movilidad, generar acciones desde un nivel local que aporte grandes y valiosas diferencias. (Russell y Hardin, Strom).

El desarrollo urbano es un gran desafío para nuestros tiempos. Platón decía que las ciudades no debían crecer más allá del umbral. Para Aristóteles, la ciudad la formaban personas. Charles Dickens, dice de las ciudades, es un lugar de oportunidades y conflictos; Jane Jacobs, dice, lugar de intercambio y convivencia. Las ciudades futuras requerirán de respuestas acorde con los riesgos futuros y los límites del planeta; continuaran su proceso constante de cambio, serán construidas desde enfoques de diversidad, con mejoras en espacios públicos y con concreción de cohesión social, mucho más humanas, convivenciales, con grandes desafíos éticos y sociales. Una

ciudad que no está construida, será una obra in-terminada, porque la ciudad además está hecha por personas que dinamizan y dotan de vida los espacios vitales de desarrollo.

Desde la teoría de la complejidad se pueden abordar las problemáticas planteadas, los algoritmos para el tratamiento de fenómenos complejos pueden resultar muy útiles en el desarrollo del modelo.

En un contexto de cambios como los que ahora vivimos quién es capaz de adivinar el devenir de los acontecimientos. El uso de nociones de pretopología y topología pueden ayudar a enfocar las estructuras de pensamiento económico que están sustentadas por la idea geométrica.

OTRAS CONTRIBUCIONES

CAPÍTULO DE LIBRO

CONGRESOS: PRESENTACIÓN, PONENCIA

Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 675

Anna Maria Gil-Lafuente
Constantin Zopounidis *Editors*

Decision Making and Knowledge Decision Support Systems

VIII International Conference of RACEF,
Barcelona, Spain, November 2013 and
International Conference MS 2013,
Chania Crete, Greece, November 2013

 Springer

The Forgotten Effects Model on Selection Policies to Climate Change Adaptation

Anna Maria Gil-Lafuente and Jaime Alexander López-Guaque

Abstract The impacts of climate change have become a growing question for the various players in the field. Adapting to such impacts is seen as an uncertain and complex phenomenon the more one gets involved in each of the key processes. Therefore, the degree of involvement or impact will have a larger or lesser effect, on an uncertain scale, in a given a period of time, and under homogenous conditions. Several elements of success in the decision-making are analyzed and discussed. Such elements, with different weightings, are implicit in the decision-making processes. From the forgotten effects theory, we can establish the accumulated effects of first and second generation in order to determine multiplier or enhancer effects—where our efforts will be focused. This will allow a longer scope for decisions to be made and strategies to be formulated as well as for the valuation of various groups and scales in which adaptations will be evaluated.

Keywords Climate change • Adaptation • Forgotten effects model • Decision making

A.M. Gil-Lafuente (✉)

Faculty of Economics and Business, University of Barcelona, Barcelona, Spain

e-mail: amgil@ub.edu

J.A. López-Guaque

Faculty of Economics and Business, University of Barcelona, Diagonal, 690, Barcelona 08034,

Spain

A.M. Gil-Lafuente and C. Zopounidis (eds.), *Decision Making and Knowledge Decision* 67

Support Systems, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 675,

DOI 10.1007/978-3-319-03907-7_8, © Springer International Publishing Switzerland 2015

Congreso: XXVI Annual Conference of the European Academy of Management and Business Economies - AEDEM

Título: *Relación de Causalidad del Cambio Climático Sobre los Ramos de Seguros de mayor Sensibilidad: Efectos Olvidados.*

Autores: López Guauque Jaime A., Gil-Lafuente Anna M.

Lugar y fecha: Barcelona, España. 5-7 de junio de 2012

"THE CAUSAL RELATIONSHIP BETWEEN CLIMATE CHANGE AND THE MOST SUSCEPTIBLE TYPES OF INSURANCE: THE FORGOTTEN EFFECTS MODEL"

Anna Maria Gil Lafuente¹, Jaime Alexander López Guauque²

^{1,2}University of Barcelona, Barcelona, Spain

¹amgil@ub.edu, ²jlopezgu16@alumnes.ub.edu

ABSTRACT

Big changes in various ecosystems around the world, coupled with a high level of human responsibility on the part of both senior political leaders and the population as a whole, are unleashing an uncertain climate change scenario, in which the academic community, scientists and researchers play an important role in pursuing alternatives that may provide solid information, given that the literature to-date has not provided conclusive information that can be used to predict future events. From empirical evidence, one can conclude that economic losses from weather events could increase significantly with considerable implications for the insurance industry. The ability to understand the existing scope of the impact of climate change, to redesign existing practices and adapt them to the management of risk as well as identifying business opportunities will be a key for the sector in the implementation of strategies for climate risk management in the future. It also opens up a great opportunity to support the academic community in research on climate change, promotion and development of new technologies. The promotion of public debate will be one of the challenges for companies in the sector.

This document brings together a comprehensive review of how climate affects different types of insurance by analyzing the relationship of direct and indirect incidents through the forgotten Effects model for each of the variables obtained in the exploratory research undertaken. Empirical evidence is given for the phenomena most vulnerable to climate change and the types of insurance that are most susceptible. The results show the business opportunities for the types of insurance that have limited, or no coverage. A number of hidden risks of climate change are also provided

KEY WORDS: Climate change, forgotten effects theory, insurance industry, weather phenomena, causal relationships.

Congreso: VII Congreso Internacional de Normatividad Legal, Gestión, Calidad y Competitividad Organizacional.

Organizado por: Ilustre Academia Iberoamericana de Doctores

Título: *Riesgos Potenciadores de los Efectos Severos del Cambio Climático sobre las Pérdidas por Daños.*

Autores: López Guauque Jaime A., Gil-Lafuente Anna M.

Lugar y fecha: Morelia, Michoacán, 25-26 de octubre de 2012

“RIESGOS POTENCIADORES DE LOS EFECTOS SEVEROS DEL CAMBIO CLIMATICO SOBRE LAS PERDIDAS POR DAÑOS”

Anna Maria Gil Lafuente¹, Jaime Alexander López Guauque²

^{1,2}*Universidad de Barcelona, Barcelona, España*

¹*amgil@ub.edu, ²jlopezgu16@alumnes.ub.edu*

RESUMEN:

Grandes cambios en el ámbito mundial, desencadenan un escenario incierto de cambio climático; donde la comunidad académica, científicos-investigadores, juegan un papel importante en la consecución de alternativas que generen información sólida, ya que la literatura existente no ha entregado información concluyente que pueda generalizarse y proyectarse para eventos futuros, quizás por la misma incertidumbre que se tiene de la severidad con que ocurrirán los fenómenos climáticos. Las evidencias empíricas, concluyen que las pérdidas económicas por eventos climáticos podrían aumentar de forma significativa, con considerables repercusiones para la industria aseguradora. La capacidad de entender las proyecciones existentes del impacto del cambio climático, rediseñando las prácticas existentes, adaptándolas a la gestión de riesgo y detectando las oportunidades de negocio serán tareas primordiales para el sector en la implementación de las estrategias de gestión del riesgo climático. Así mismo, se abre una gran oportunidad para que se apoye a la comunidad académica en las investigaciones que se llevan sobre el cambio climático, la promoción y desarrollo de nuevas tecnologías y el fomento del debate público, entre otras, será retos para las empresas del sector.

El presente documento reúne una amplia revisión de literatura de los fenómenos climáticos que afectan los ramos de seguros, analizando las relaciones de incidencias directas e indirectas, para cada una de las variables obtenidas en la investigación exploratoria que se siguió. Se deja evidencia empírica de los riesgos potenciadores sobre las pérdidas por daños.

PALABARAS CLAVE: Cambio climático, industria de seguros, fenómenos meteorológicos, relaciones de causalidad, pérdidas por daños.

Congreso: XIII International Conference on Modeling and Simulation.

Organizado por: A.M.S.E

Título: *The Forgotten Effects Model on Selection Policies to Climate Change Adaptation.*

Autores: López Guauque Jaime A., Gil-Lafuente Anna M.

Lugar y fecha: Chania, Greece, 7 - 8 de noviembre de 2013

The forgotten effects model on selection policies to climate change adaptation

JAIME ALEXANDER LOPEZ GUAUQUE
ANNA MARIA GIL LAFUENTE

*Faculty of Economics and Business, University of Barcelona, Diagonal, 690.
Barcelona, 08034, Spain.*

The impacts of climate change have become a growing question for the various players in the field. Adapting to such impacts is seen as an uncertain and complex phenomenon the more one gets involved in each of the key processes. Therefore, the degree of involvement or impact will have a larger or lesser effect, on an uncertain scale, in a given a period of time, and under homogenous conditions. Several elements of success in the decision-making are analyzed and discussed. Such elements, with different weightings, are implicit in the decision-making processes. From the forgotten effects theory, we can establish the accumulated effects of first and second generation in order to determine multiplier or enhancer effects - where our efforts will be focused. This will allow a longer scope for decisions to be made and strategies to be formulated as well as for the valuation of various groups and scales in which adaptations will be evaluated.

Keywords: Climate change, adaptation, forgotten effects model, decision making.

Congreso: XVIII Sigef Congress “Scientific methods for the treatment of uncertainty in social sciences.

Organizado por: SIGEF International Association for Fuzzy-Set Management and Economy. Universitat de Girona-Departament d’Empresa.

Título: *Investigación en Lógica Fuzzy: Medio Siglo de Evolución y Cambios.*

Autores: López-Guauque Jaime A., Gil-Lafuente Anna M.

Lugar y fecha: Girona, España, 6 -8 de julio de 2015

INVESTIGACION EN LOGICA FUZZY: MEDIO SIGLO DE EVOLUCIÓN Y CAMBIOS

Jaime A. López-Guauque, Anna M. Gil-Lafuente

Facultad de Economía y Empresa. Universitat de Barcelona

e-mail: jlopezgu16@alumnes.ub.edu, amgil@ub.edu

Av. Diagonal 690, 08034 Barcelona, España. Tel: 934021962

Resumen

Este artículo presenta un estudio bibliométrico y una revisión exhaustiva de la literatura existente en el campo de la lógica fuzzy. La información se ha compilado y clasificado a partir de la base de datos "Web of Science", atendiendo al enfoque metodológico propuesto. El estudio abarca el período comprendido entre 1964 y 2014. Se destaca la importancia de la evaluación de la producción y el rendimiento de la investigación en este campo. El análisis cubre diversos niveles, investigador, revista, país, región, instituciones, área temática. Se realizó un análisis de citas temático para identificar la evolución del campo en el período analizado. Algunas métricas e indicadores son discutidos y aplicados. Se presenta una visión global del campo de estudio, que permite identificar las investigaciones más influyentes en el campo. Se presenta una comparativa de la actividad científica de la lógica fuzzy, en los ámbitos nacional, regional y mundial. Los resultados ponen de manifiesto un aumento de las contribuciones al campo procedentes de todo el mundo; se presentan evidencias de cambios y tendencias en los dominios de las contribuciones científicas. El aumento de las contribuciones europeas y asiáticas, destacan en el conjunto global. Se presenta una tipología de atributos de la investigación fuzzy. Los resultados también muestran las tendencias futuras en este campo y proporcionan información importante para investigadores y decisores.

Palabras claves: Bibliometría, investigación lógica fuzzy, cienciometría, análisis de citas, Web of Science.

JEL: C89, I20, O57, Y10.

Conclusiones

Las tormentas con sus truenos, relámpagos y tristezas, son necesarias, porque sacuden el alma dentro del trigo, nos enriquecen tanto como la felicidad y la alegría.

(OSHO, "The perfect master", vol 2 pp.307-311)

A lo largo de este trabajo donde se han analizado y propuesto modelos para la toma de decisiones en el marco de la gestión de riesgo del cambio climático a nivel global, se ha llegado a las siguientes conclusiones generales.

La teoría de los subconjuntos borrosos es plenamente aplicable en las ciencias sociales. Esta teoría se encuentra vigente con una gran capacidad y potencial para el desarrollo de aplicaciones que brindan grandes beneficios y avances importantes en la aplicación a procesos complejos de la problemática social actual.

La modelización de eventos sociales complejos puede y corresponde tratarlos desde la simplicidad, manteniendo las valoraciones científicas que se determinen.

La problemática del cambio climático deberá abordarse desde distintas dimensiones y disciplinas, salvaguardando los principios de derechos humanos. La problemática del cambio climático no afecta en exclusiva a los sistemas naturales, corresponde a un problema multidimensional, por lo que las acciones y soluciones deberán tratarse de la misma manera.

Se puede comprobar y evidenciar que el cambio climático observado es una problemática real. Ya no puede verse en un horizonte posible; las evidencias estiman que sus niveles de impacto son cada vez mayores y que las actividades humanas son las que mayor incidencia ejercen para que éste se produzca.

Se pudo evidenciar y concluir que los estudios referentes a la ciencia del clima y especialmente al cambio climático tienen altos niveles de producción científica. El número de publicaciones ha aumentado a partir del año 1992, disparándose a partir del año 2005. Dado lo anterior la problemática para una adecuada toma de decisiones debería abordarse desde la gestión de los niveles de información científica con las que se cuenta. Esto, unido con la revolución de la información, se estima como una oportunidad que informará de las decisiones a los gobiernos, naciones, empresas, comunidades y personas.

La ciencia del clima exige cada vez mayor compromiso por parte de todos los actores. Se necesita un consenso global que aúne los esfuerzos de las diversas naciones

para hacer frente al panorama de insostenibilidad que se proyecta para los próximos escenarios, esto es para 2020, 2050, 2100. Se puede argumentar que estos cambios deben contener iniciativas que sean locales pero con un enfoque global, cada localidad deberá evaluar y plantear soluciones desde sus propias problemáticas. Una acción inmediata importante es la consecución de soluciones que puedan retardar la aparición de procesos caóticos en los procesos de cambio o hacer que sus impactos sean más leves.

Se ha comprobado que cada región y localidad presenta sus propios factores de riesgo. Los riesgos cada vez más, están personalizándose y acercándose a las regiones. Además, se han convertido en un factor diferenciador que les provee de características únicas, dotándoles de identidad propia. No es posible seguir en el groso error de determinar espacios planos donde todos las personas y los factores interactúan en procesos estáticos, con dinámicas que estén actuando bajo mismas condiciones “iguales”; la individualidad resurge como elemento identificador de los espacios donde se desarrollan las dinámicas sociales, haciendo de factor diferenciador y otorgando el valor correspondiente para que éstas puedan analizarse.

La adaptación al cambio climático es una oportunidad para que estados y naciones logren acuerdos que en el futuro se traduzcan en proyectos modelo, dignos de ser replicados y adaptados a las realidades de cada localidad.

La incertidumbre puede gestionarse desde un nivel estratégico, mediante una adecuada gestión de riesgos, tomando alta importancia la etapa de planeación.

La gestión estratégica de las políticas del cambio climático en un planeta resiliente contribuye a la evaluación de los impactos y además provee de argumentos para que los diferenciales de las promesas planteadas en los objetivos sean menores a los que se tiene en la práctica.

El sector de seguros se convierte en una fuente para tratar y gestionar el riesgo climático (Finanzas del clima,... fondos,... micro seguros...) Existe la seguridad que las compañías de seguros tendrán que conocer los impactos de estos riesgos para las sociedades, se estima que son éstas donde se concretará el mayor conocimiento de estos riesgos y sus posibles impactos. Las compañías aseguradoras son el gran experto para la gestión del riesgo climático. Allí se consolidarán los procesos de conocimiento, coberturas, financiación; también serán los encargados de participar de los acuerdos regionales para las coberturas que éstos demanden. Proveerán de información

importante para que las políticas y estrategias medioambientales se pronuncien. Será fundamental y decisivo en los procesos que direccionen a acuerdos universales.

Las entidades de seguros podrían actuar de manera eficaz como vehículo entre la comunidad científica y el sector real. Las sinergias que se pueda generar contribuirán a la gestión y a afrontar los eventos extremos de forma estratégica, promoverán la gestión sostenible de los recursos.

La acción colectiva de las comunidades frente a los riesgos, permite que la capacidad de recuperación de los sistemas socio ecológico se mantenga, al tiempo que legitima el proceso de toma de decisiones.

La resiliencia aparece como herramienta y proceso para la adaptación; se sugiere como una de las herramientas que deberían seguir los gobiernos para afrontar las futuras estimaciones respecto al cambio climático. Sin embargo deberá adecuarse las propiedades teóricas frente a la perspectiva en la que se involucre para soportar el modelo.

Los elementos que con seguridad tendrán que gestionarse con mayor eficacia en el futuro son el agua, la energía y la alimentación, triada de elementos que marcarán un antes y un después en la medida que se disponga de inversión en la ciencia para gestionarlos y preservarlos de forma eficaz.

Se plantean las ciudades como elemento de análisis para el desarrollo de los modelos de gestión y de adaptación. En las ciudades se encuentra la mayor cantidad de población y es donde surgen todos los procesos de dinámica social y ecosistémicos que pueden valorarse y proyectarse. Estos también permiten una evaluación real de las problemáticas.

La adaptación como proceso resiliente tendrá que darse con tal flexibilidad, que aporte al desarrollo de la sociedad y al desarrollo sostenido de los pueblos que van cambiando a gran velocidad. Así como las personas, los pueblos, los factores y en sí todo es dinámico, los procesos tendrán que contener tal flexibilidad que puedan ser reorientados y modificados en sus propias estructuras sin afectar las interacciones con el fin de asegurar una adaptación eficaz.

El planteamiento metodológico del modelo de efectos olvidados, destaca el valor del modelo propuesto y aplicado; confirmando su contribución al perfeccionamiento de las estrategias de gestión de riesgos y a la optimización de la toma de decisiones.

Reflexiones

Quien sobrevive no es el más fuerte ni el más inteligente, sino el que se adapta mejor al cambio. (Darwin, C)

La compleja ciencia del cambio climático y sus potenciales peligros no han sido dominados por nadie. El clima presenta un componente variable y aleatorio, un régimen de incertidumbres climáticas sin precedentes. Si las proyecciones en un futuro cercano no suceden, podrían generar desconfianza y pesimismo en las poblaciones, aun así, los peligros latentes continúan ahí. Lo crucial es que el cambio climático va a tener altas repercusiones en nuestro planeta por lo que se necesita la ayuda cooperativa de todas las personas.

El ser humano tiene y ha demostrado a lo largo de la historia las capacidades para contrarrestar estos tipos de eventos. Lo que inicio como una crisis ecológica se ha convertido en caos humano de proporciones cada vez mayores, por ejemplo las guerras, el hambre, las pandemias. Lo imprevisible de los actos humanos puede desembocar en macabros episodios.

Con una expectativa colmada de anhelos esperanzadores, con total responsabilidad para administrar y gestionar los ambiciosos planes de eficiencia; apoyo las diversas medidas de energías limpias y aquellas que incentiven la creatividad y fomenten la innovación para dar luz para encontrar el bienestar sostenido y la seguridad para todos. Abogo por que se recupere la confianza en todas las instituciones, la considero esencial para el logro de las diversas medidas que se puedan planear y/o adoptar.

Considerando la recta final, sigo buscando soluciones y aportes, aunque ahora sé que son posibles, frente a esto me surgen miles de interrogantes y apreciaciones que transmito en las líneas siguientes para que usted lector participe al igual de las conclusiones, esperando le permitan continuar en la búsqueda.

- Es adecuado el nivel de calentamiento que se prevé por la comunidad científica?
- El aumento de la población en el largo plazo elevará los sistemas de alarma y acelerará los procesos del cambio climático?
- Es posible un sistema de gobernanza global vinculante....?
- La incertidumbre se puede controlar con procesos complejos, se puede recurrir a modelos sencillos aplicándolos a procesos de gran complejidad, operan mejor, que resultados nos pueden variar....?

- Es posible disminuir las desigualdades de la teoría a la práctica; cómo hacemos efectiva la teoría en las acciones sociales, bajo que esquema puede darse este tránsito de lo teórico a la acción. Que papel desempeñan los centros de conocimiento, los sectores productivos, los gobiernos... puede gestionarse en diversas dimensiones?

- Las “Smart”... es cuestión de moda, se trata de una innovadora estrategia de marca?

- Los modelos lógicos muestran resultados a menos costos. Es viable la modelización bajo otras ópticas.

- Hasta qué punto las decisiones demasiado informadas pueden degenerar las acciones. Se necesita tanto nivel técnico para el estudio del cambio climático? el conocimiento local o “ancestral” como puede abordarse para que se vincule a la comunidad científica?

- Como ha sucedido con el agua-un recurso esencial, y con todos los recursos naturales; con el tiempo se irán estipulando tarifas y precios que los capitalizan y los convierten en poco accesibles para las personas más vulnerables o con bajos recursos económicos, obstaculizando el progreso y desarrollo de la subsistencia en la tierra. El agua debería estar disponible a toda la humanidad, pero la realidad es que se ha encarecido su consumo. Se ha convertido en un bien costoso y hasta “suntuoso”, con el agravante que a horizonte futuro se percibe como “posiblemente” más escaso y costoso. Vemos como con la energía solar y el uso que de ésta energía limpia se quiera hacer; ya se han iniciado trámites de privatización, hemos arribado a niveles en donde los recursos “comunes” pierdan su concepto y se convierten en bienes para el usufructo de unos pocos, más aún sin ningún proceso por el cual se deba cobrar.

En esta misma dinámica se podría pensar cuánto tendremos que pagar para obtener un aire adecuado, con cero emisiones. Cuánto nos costará respirar en nuestro propio espacio?

Nos abocamos a un profundo e insostenible modelo de capitalismo imperfecto a niveles de anarquismo total; quien da el derecho a unos pocos para gestionar mal, llamada de esta manera, todos los recursos que la tierra o el planeta nos ha proveído durante más de 8000 millones de años. Cómo los estados se pueden hacer propietarios de estos recursos a so pena de usufructuarse, castigando e infringiendo los derechos universales.

Que ley universal –en la esperanza que alguna vez exista- podrá detener el atentado a la sostenibilidad de nuestro planeta? Acaso es necesario una “ley divina”, como se ha asumido la titularidad del derecho, y qué pasará con los derechos de los animales y las plantas, éstos los tendrán algún día?,....

Bibliografía

- Altman D. (2011), *Futuros imperfectos. Las 12 tendencias asombrosas que remodelarán la economía global*. Ediciones Urano: Barcelona. (Traducción de M.I. Merino) Título original: *Outrageous fortunes – The twelve surprising trends that will reshape the global economy*.
- Andriantiatsaholainaina LA, Kouikoglou VS, Phillis YA (2004), “Evaluación de estrategias para el desarrollo sostenible: el razonamiento lógica difusa y análisis de sensibilidad”, *Economía Ecológica* 48 (2), 149-172.
- Arrow, K. y L. Hurwicz (1977), “An optimality criterion for decisions-making under ignorance”. En Arrow, K. y L. Hurwicz (eds.) *Studies in Resource Allocation*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Azqueta, D. (2002), *Introducción a la economía ambiental*. McGraw Hill: Madrid.
- Ban Ki-moon (2007), “A climate culprit in Darfur”. *Washington Post*, 15 June 2007.
- Barton, T. L., W. G. Shenkir, P. Walker. (2002) *Making Enterprise Risk Management Pay Off: How Leading Companies Implement Risk Management*. Prentice Hall.
- Berz, G.A. (1999), “Catastrophes and climate change: concerns and possible countermeasures of the insurance industry,” *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4, 283-293.
- Beck, Ulrich (2006), *La sociedad del riesgo: Hacia una nueva modernidad*. Paidós, Barcelona.
- Biggs, R; Schluter, M; Biggs, D; Bohensky, EL; Burnsilver, S; Cundill, G; Dakos, V; Daw, TM; Evans, LS; Kotschy, K; Leitch, AM; Meek, C; Quinlan, A; Raudsepp-Hearne, C; Robards, MD; Schoon, ML; Schultz, L. y West, PC (2012), “Toward principles for enhancing the resilience of ecosystem services”. *Annual Review of Environment and Resources*, 37: 421-448.
- Biermann, F. (2012), “Planetary boundaries and earth system governance: Exploring the links”. *Ecological Economics*, 81:4–9.
- Böhringer, Ch. y M. Finus (2005), “The Kyoto Protocol: Success or Failure?”. En D. Helm, (ed.) *Climate-change Policy*. Oxford University Press, Oxford, Nueva York.
- Botzen, W.J.W., J.C.J.M. Van den Bergh (2009), “Bounded rationality, climate risks and insurance: is there a market for natural disasters?” *Land Economics*, 85 (2) p. 265-278.
- Botzen, W.J.W., J.C.J.M. Van den Bergh y L. M. Bouwer (2010), “Climate change and increased risk for the insurance sector: a global perspective and an assessment for the Netherlands,” *Natural Hazards*, 52(3), 577-598.
- Bouwer, L.M, R.P. Crompton, E. Faust, P. Hoppe y R.A. Pielke Jr (2007), “Confronting disaster losses,” *Science*, 318, 753.
- Boyd, E. and C. Folke (eds) (2012), *Adapting Institutions: Governance, Complexity and Social-Ecological Resilience*. Cambridge University Press.
- Bromley, D. W. (ed.) (1995), *The Handbook of Environmental Economics*. Cambridge, Estados Unidos: Blackwel.
- Buhaug, H., N.P. Gleditsch y O.M. Theisen (2010), “Implications of Climate Change for Armed Conflict,” in R. Mearns and A. Norton (eds.) *Social dimensions of climate change: Equity and vulnerability in a warming world*. World Bank, Washington, DC, 75-101.
- Burke, M.B., E. Miguel, S. Satyanath, J.A. Dikema y D.B. Lobell (2009), “Warming increases the risk of civil war in Africa,” *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106 (49), 20670-20674.

- Canós, L. y V. Liern (2008), "Soft computing-based aggregation methods for human resource management", *European Journal of Operational Research*, 189: 669-681.
- Carrillo, M.S., A. Sánchez y L. Seco (eds.) (2005), *Risk management in finance*. Fundación BBVA, ed.: Bilbao.
- Changnon, S.A. (2001), "Damaging thunderstorm activity in the United States," *American Meteorological Society*, 82(4), 597-608.
- Changnon, S.A. (2003), "Shifting economic impacts from weather extremes in the United States: a result of societal changes, not global warming," *Natural Hazards*, 29, 273-290.
- Changnon, S.A. , R.A. Pielke, D. Changnon, R. T. Sylves and R. Pulwarty (2000), "Human factors explain the increased losses from weather and climate extremes," *American Meteorological Society*, 81, 437-482.
- Chapin, F. S., G.P. Kofina S, and C. Folke (eds) (2009), *Principles of Ecosystem Stewardship: Resilience-Based Natural Resource Management in a Changing World*. Springer-Verlag.
- Chen, H.J., S.Y. Huang y C.S. Lin (2009), "Alternative diagnosis of corporate bankruptcy: A neuro fuzzy approach," *Expert Systems with Applications*, 36, 7710-7720.
- Cline, W.R. (1992), *Economics of Global Warming*. Institute for International Economics: Washington.
- Cohen, Marshal (2006), *Comportamiento de los consumidores*. Ed. McGrawHill.
- Colding, J. (2007), "Ecological land-use Complementation for building resilience in urban ecosystems". *Landscape and Urban Planning*, 81: 46-55.
- Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (2006), *Convergencia internacional de medidas y normas de capital*. Marco revisado. Versión integral. Banco de Pagos Internacionales.
- Cook, J. (2010), "Guia científica ante el escepticismo sobre el calentamiento global". Disponible en línea: <http://www.skepticalscience.com/The-Scientific-Guide-to-Global-Warming-Skepticism.html>
- Coomer, J. (1979), "The Nature of the Quest for a Sustainable Society" En J. Coomer, ed. *Quest for a Sustainable Society*. Oxford: Pergamon Press.
- Costanza, R. et al. (1997), "The value of the world's ecosystem services and natural capital". *Nature*, 387, p. 253-260.
- Crompton, R. P. y K.J. McAneney (2008), "Normalised Australian insured losses from meteorological hazards: 1967-2006," *Environmental Science Policy*, 11(5), 371-378.
- Deléage, J.P. (1993), *Historia de la ecología. Una ciencia del hombre y la naturaleza*. Icara Editorial, Barcelona. Título original de la obra: *Histoire de l'écologie*, traducción del francés de M. Latorre.
- Diamond, J. (2011), *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed*.
- Dlugolecki, A.F. (2006), "Thoughts about the impact of climate change on insurance claims," En Höpfe P, Pielke R.A. Jr, ed. *Workshop on climate change and disaster losses, Hohenkammer*, Germany.
- Doherty, N. A. (2000) *Integrated risk management: Techniques and strategies for managing corporate risk*. New York: McGraw-Hill, 2nd Edition.
- Donnelly, J.H.; J. L. Gibson, J.M. Ivancevich (2006), *Organizaciones: Comportamiento, estructura, procesos*. Octava Edición. McGraw Hill, México.
- Embrechts, P.; C. Klüppelberg y T. Mikosch (2003), *Modelling Extremal Events*. Springer: Berlin.
- Epstein, P.R. y J.J. McCarty (2004), Assessing climate stability, *American Meteorological Society*, 85 (12), 1863-1870.

- Esty, D.C.; Levy, M.; Srebotnjak, T.; Sherbinin, A. (2005), “2005 índice de sostenibilidad ambiental: Evaluación comparativa de la administración ambiental nacional,” *Yale Center for Environmental Law & Policy*, New Haven, CT.
- Foley, D. (2007), *The economic fundamentals of global warming*. New School for Social Research: Nueva York.
- Folke, C., J. Å., Rockström, J., Olsson, P., Carpenter, S., Chapin, F., Crépin, A.S., Daily, G., Danell, K., Ebbesson, J., Elmqvist, T., Galaz, V., Moberg, F., Nilsson, M., Österblom, H., Ostrom, E., Persson, Å., Peterson, G., Polasky, S., Steffen, W., Walker, B., Westley, F. (2011), “Reconnecting to the Biosphere”. *Ambio* 40:719-738.
- Folke, C., SR. Carpintero, B. Walker, M. Scheffer, T. Chapin, J. Rockström (2010), “Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecol. Soc.*, 15, 20.
- Galaz, V. (2014), *Global Environmental Governance, Technology and Politics: The Anthropocene Gap*. Preface. Edward Elgar Publishing Limited, Cheltenham, UK.
- Galaz, V., Biermann, F., Crona, B., Loorbach, D., Folke, C., Olsson, P., Nilsson, M., Allouche, J., Persson, Å., Reischl, G. (2012), “Planetary boundaries”—exploring the challenges for global environmental governance. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 4:80–87.
- Gerland, P., Raftery, A. E., Ševčíková, H., Li, N., Gu, D., Spoorenberg, T. ... y Wilmoth, J. (2014), “World population stabilization unlikely this century”, *Science*, 346(6206), 234-237.
- Gilboa, Itzhak (2009), *Theory of decision under uncertainty*. Cambridge University Press: USA.
- Gil Aluja, J. (1999), *Elementos para una teoría de la decisión en la incertidumbre*. Ed. Milladoiro. Santiago de Compostela. Título original en inglés: *Elements for a theory of decision in uncertainty*.
- Gil Aluja, J.(2002), *Introducción de la teoría de la incertidumbre en la gestión de la empresa*. Ed. Milladoiro, Vigo.
- Gil-Aluja, J. (2003), *Fuzzy sets in management under uncertainty*, Springer, Heidelberg.
- Gil Aluja, J. (2004), *Fuzzy sets in the management of uncertainty*, Volume 145. Ed. Springer. Germany.
- Gil Aluja, J. (2005), La matemática borrosa en economía y gestión de empresa. “Sociedad, ciencia, tecnología y matemáticas”, Curso interuniversitario.
- Gil Aluja, J. y Gil Lafuente A.M. (2007), *Algoritmos para el tratamiento de fenómenos económicos complejos. Bases, desarrollos y aplicaciones*, Ed. Ceura, Madrid.
- Gil Aluja, J.; Gil Lafuente, A.M.; Klimova, A. (2009). “M-Attributes algorithm for the selection of a company to be affected by a public offering”. *International Journal of Uncertainty Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 17 (3), 333-343.
- Gil-Aluja, J. y A.M. Gil-Lafuente (2011). “Using homogeneous groupings in portfolio management”. *Expert Systems with Applications* 38, 10950-10958.
- Gil Lafuente, A.M. (1993), *Fundamentos de análisis financiero*. Ed. Ariel, Barcelona.
- Gil Lafuente, A.M. (1993), *El análisis financiero en la incertidumbre*, Ed. Ariel, Barcelona.
- Gil Lafuente, A.M. (1996), “Determination of the possible strategies for the reduction of the indebtedness of the company”, *Fuzzy Economic Review*, 1 (1).
- Gil Lafuente, A.M. (2000), “Survival and breakdown in uncertainty”, *Modelling, Measurement and Control D*, 21 (4).
- Gil Lafuente, A.M. (2001), *Nuevas estrategias para el análisis financiero en la empresa*. Ed. Ariel, Barcelona.
- Gil Lafuente, A.M.(2005), *Fuzzy logic in financial analysis*, Volume 175. Ed. Springer, Netherlands.
- Gil-Lafuente, A.M (2005), *Lógica difusa en el análisis financiero*, Berlin: Springer.

- Gil Lafuente, A.M. y J. Gil Lafuente (2007), *Modelos y algoritmos para el tratamiento de la creatividad en la gestión empresarial*. Editorial Milladoiro. España.
- Gil Lafuente, A.M. (2008), *Financial analysis in uncertainty*. Springer, Heidelberg.
- Gil Lafuente, A.M. y L. Barcellos (2010), “An application of the methodology of the forgotten affects: the factors that contribute to sustainable growth of the company”, *Cuadernos del CIMBAGE*, 12: 23-52.
- Gil-Lafuente, A.M. y J.M. Merigo (2010), “Computational intelligence in business and economics”. *World Scientific*, Singapore.
- Gil Lafuente, A.M.; Luis Bassa, C. (2011). “The forgotten effects model in a CRM strategy”. *Fuzzy Economic Review*, 16 (1).
- Gil-Lafuente, A. M., y Lopez Guauque, J. A. (2013), “Algorithms for the evaluation and selection of adaptation strategies to climate change”. *Journal of Computational Optimization in Economics and Finance*, 5 (3), 219-230.
- Gil Lafuente, A.M.; Maqueda Lafuente, J.; Gil Lafuente, J; Guzmán Parra, V. (2013), “Key factors for entrepreneurial success”, *Management Decision*, 51 (10), pp. 1932-1944.
- Gil Lafuente, A.M.; Gil Aluja, J; Barcellos de Paula, L. (2013). “Determining the composition of a portfolio management from a groupings model”. *International Journal of Uncertainty Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 21 (4), pp. 561-578.
- Gil Lafuente, A.M.; Boria Reverter, S; Vizuete Luciano, E. García González, A.; Crespí Vallbona, M. (2013). “Corporate social responsible costs in the environmental area”. *Intangible Capital*, 9 (2), 459-476.
- Gil Lafuente, A.M.; Barcellos de Paula, L. (2013), “Algorithm applied in the identification of stakeholders”. *Kybernetes*, 42 (5), pp. 674-685.
- Gil Lafuente, A.M.; Merigó, José M. (2013). “Induced 2-tuple linguistic generalized aggregation operators and their application in decision-making”. *Information Sciences*, 236, pp. 1-16.
- Gil Lafuente, A.M.; Merigó, José M.; Xu, Y.J. (2013). “Decision making with induced aggregation operators and the adequacy coefficient”. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 1, 185-202.
- Gil Lafuente, A.M.; Merigó, José M. (2013). “A Method for Decision Making Based on Generalized Aggregation Operators”. *International Journal of Intelligent Systems*, 28 (5), pp. 453-473.
- Gil Lafuente, A.M.; Vizuete Luciano, E.; Boria Reverter, J.; García, A. (2013), “Forgotten effects of corporate social and environmental responsibility: a case study of catalonian economy”. *Kybernetes*, 42 (5), pp. 736-753.
- Gil Lafuente, A. M.; Klimova, A. (2014), “Approximation to the theory of affinities to manage the problems of the grouping process”, *Computer Science and Information Systems*, 11 (2), pp. 779-796.
- Gil Lafuente, A.M.; Merigó, J.M.; Vizuete, E. (2014), “Analysis of Luxury Resort Hotels by Using the Fuzzy Ahp and the Fuzzy Delphi Method”, *Economic Research*, 27 (1), pp. 244-266.
- Gil-Lafuente, A. M.; Martorell, O.; Mulet, C.; Socías, A. (2014), “The growth strategies in the hospitality industry from the perspective of the forgotten effects”, *Computational and Mathematical Organization Theory*, 20 (2), pp. 195-210.
- Gil-Lafuente, A. M., y López-Guauque, J. A. (2015), “The Forgotten Effects Model on Selection Policies to Climate Change Adaptation”. En Gil-Lafuente, AM y C. Zopounidis, eds. *Decision Making and Knowledge Decision Support Systems* (pp. 67-78). Springer International Publishing.
- Gil, A.M.; Merigó, J.M.; Yager, R. (2015), “An overview of fuzzy research with bibliometric indicators”, *Applied Soft Computing*, 27, 420-433.
- Global Environment Facility–GEF, Strategic Priority on Adaptation (varios). <http://www.thegef.org>

- Goklany, I. M. (2007), "Death and death rates due to extreme weather events: global and US trends, 1900–2004," in *The civil society report on climate change*, International Policy Press, London.
- Goleman, D., P. Kaufman, y M. Ray (2000), *El espíritu creativo*. Ed. Vergara. Buenos Aires, Argentina.
- González, A. y R. Orsi (2015), *La economía a la intemperie. Quiebra política en el mundo contemporáneo*. Ediciones Deusto: España.
- González V. L. (2005), "El principio de precaución: incertidumbre científica, riesgos hipotéticos y decisión política", *Revista Aranzadi de Derecho Ambiental*, 7, p. 97 a 113
- Granger M.M. y M. Henrion, with a chapter Small, Mitchell (1990), *Uncertainty a guide to dealing with uncertainty in quantitative risk and policy analysis*. Ed. Cambridge University Press, New York, USA.
- Gray J. (2008), *Perros de paja*. Paidós: Barcelona.
- Griffin, J. M. (ed.) (2003), *Global Climate Change. The Science, Economics and Politics*. Cheltenham, Reino Unido, Massachusetts, Estados Unidos, Edward Elgar.
- Griggs, D., Stafford-Smith, M., Gaffney, O., Rockström, J., Öhman, M.C., Shyamsundar, P., Steffen, W., Glaser, G., Kanie, N., Noble, I. (2013), "Sustainable development for people and planet". *Nature* 495: 305-307.
- Guha-Sapir, D.; R. Below; Ph. Hoyois - EM-DAT: The CRED/OFDA International Disaster Database –www.emdat.be – Université Catholique de Louvain, Brussels, Belgium. Consultado en línea en agosto 2015.
- Guerry, A. D. et al. (2015) "Natural capital and ecosystem services informing decisions: From promise to practice", *PNAS*, 112(24), 7348-7355.
<http://www.pnas.org/content/112/24/7348.full> (Consultado julio 2015)
- Hales, D. y Prescott-Allen, R., (2002), *Flying Blind: Assessing Progress toward Sustainability*. In: Esty, D.C. and Ivanova, M.H. (eds), *Global environmental governance: options and opportunities*. Yale Center for Environmental Law and Policy.
- Hansen, J., M. Sato, and R. Ruedy (2012), "Perception of climate change". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109 (37): 2415-2423.
- Hardin, Garret (1968), "The tragedy of the commons", *Science* 162, p. 1243-1248.
- Hardin, Russell (1997), *Economic theories of the State*, In *Perspectives on public choice: A handbook*, ed. Dennis C. Mueller, Cambridge University Press.
- Heal, G. M. y B. Kristom (2002), "Uncertainty and climatic change". *Environmental and Resource Economics*, 22: 3-39.
- Hendrix, C. y S. Glaser (2007), "Trends and triggers: Climate, climate change and civil conflict in Sub-Saharan Africa," *Political Geography*, 26(6), 695-715.
- Hendrix, C.S. y M. Noland (2014), *Confronting the curse. The economics and geopolitics of natural resource governance*. Peterson Institute for International Economics: Washington, DC.
- Hoff, H., L.M. Bouwer, G.A. Berz, W. Kron y T. Loster (2003), "Risk management in water and climate: the role of insurance and other financial services," *Dialogue on water and Climate/Munich Reinsurance Company*, Delft/Munich.
- Hoff, H.; K. Warner y L.M. Bouwer (2005), "The role of financial services in climate adaptation in developing countries, *Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung*, 74(2), 196-207.
- Hope, Ch. (2005), "Integrated assessment models". En D. Helm (ed.) *Climate Change Policy*. Oxford University Press: Oxford.
- Howell, L. (2013), "Resilience: What it is and why it's needed", *Resilience Journal*, 3. PwC.

- www.pwc.com/resilience
- Hsuan-Chu, Lin, L. Fang-Chi, H. Tzy-Yih y L. Yu-Cheng (2009), "Fuzzy set theory in managerial contract analysis," *Expert Systems with Applications*, 36, 4535-4540.
- IFRC (2003), *World disasters report 2002: focus on reducing risk*, International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, Geneva.
- IPCC (2007), "Climate change 2007: the physical science basis," in Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL, ed. *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2013), Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: *Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- IPCC (2014), "Summary for policymakers," in Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.) *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1-32.
- IUCN/UNEP/WWF, (1991). *Caring for the Earth: A strategy for Sustainable Living*. IUCN/UNEP/WWF, Gland, Switzerland.
- Janssen, R. y G. Munda (1999), "Multi-criteria methods for quantitative, qualitative and fuzzy evaluation problems". En J.C.J.M. Van den Bergh (ed.) *Handbook of Environmental and Resource Economics*, Cheltenham. Reino Unido. Northampton, Estados Unidos: Edward Elgar,
- Kaufmann, A. (1975), *Introduction to the theory of fuzzy subsets*, Academic Press, New York.
- Kaufmann, A. y J. Gil Aluja (1986), *Introducción a la teoría de los subconjuntos borrosos en la gestión empresarial*, Santiago de Compostela: Ed. Milladoiro.
- Kaufmann, A. y J. Gil Aluja (1987), *Técnicas operativas de gestión para el tratamiento de la incertidumbre*, Hispano Europea, Barcelona, Spain.
- Kaufmann, A. y J. Gil Aluja (1988), *Modelos para la investigación de efectos olvidados*, Ed. Milladoiro, Santiago de Compostela, España.
- Kaufmann, A. y J. Gil Aluja (1990), *Las matemáticas del azar y de la incertidumbre. Elementos básicos para su aplicación en economía*. Ed. Centro de estudios Ramón Areces. Madrid, España.
- Kaufmann, A. y J. Gil Aluja (1991), *Nuevas técnicas para la dirección estratégica*. Ed. Publicaciones Universidad de Barcelona. Barcelona.
- Kaufmann, A. y J. Gil Aluja (1992), *Técnicas de gestión de empresa. Previsiones, decisiones y estrategias*. Ed. Pirámide, Madrid.
- Kaufmann, A. y J. Gil Aluja (1993), *Técnicas especiales para la gestión de expertos*. Ed. Milladoiro, Santiago de Compostela, España.
- Kaufmann, A. y J. Gil Aluja (1995), *Grafos neuronales para la economía y la gestión de empresas*, Madrid: Pirámide.
- Keropyan, A.; Gil Lafuente, A.M. (2013), "A personal selection model using galois group theory", *Kybernetes*, 42 (5), pp. 711-719.

- Ki-Moon, B. (2007), "A climate culprit in Darfur". *Washington Post*, 16 June 2007, accessed December 2014.
- Kolstad, Ch. (2000), *Economía ambiental*. Oxford University Press: Oxford.
- Kouloumpis VD, Kouikoglou VS, Phillis YA (2008), Evaluación de la sostenibilidad de las naciones y la toma de decisiones relacionada utilizando la lógica difusa, *Sistemas IEEE Diario 2* (2), 224-236.
- Kunreuter, H.C. y Michel-Kerjan, EO. (2006), Climate change, insurability of large-scale disasters and the emerging liability challenge. Paper prepared for the University of Pennsylvania Law Conference on Climate Change, 16,17 November 2006, Philadelphia, PA, USA. Available at:
www.climateandinsurance.org/news/ClimateChangePaperforPennLawReview.pdf
- Kunreuther H.C. y E.O. Michel-Kerjan (2007), "Climate change, insurability of large-scale disasters and the emerging liability challenge," *University of Pennsylvania Law Review*, 155(6), 1795–1842.
- León, Orfelio (2000), *Tomar Decisiones difíciles*. Ed. McGraw Hill, Madrid.
- Li, S.T. y H.F. Ho (2009), "Predicting financial activity with evolutionary fuzzy case based reasoning", *Expert Systems with Applications*, 36: 411-422.
- Lim, Bo y E. Sapanger-Siegried (2004), "Adaptation policy frameworks for climate change: Developing strategies, policies and measures", *Cambridge University Press*. USA.
- Lin, H.C.; FC. Lin, TY. Hsiao Lin y YC. Lin (2009), "Fuzzy set theory in managerial contract analysis", *Expert Systems with Applications*, 36: 4535-4540.
- Liu KFR (2007), Evaluación de la sostenibilidad del medio ambiente: Una integración de criterios múltiples de toma de decisiones y en la lógica difusa, *Gestión Ambiental 39* (5), 721-736.
- Liverman, D.M.; Hanson, M.E.; Brown, B.J. y Merideth Jr, R.W. (1988), "Global Sustainability: Toward measurement." *Environmental Management 12* (1988) (2), pp 133-143.
- Lloyds (2011), *Lloyds 360° risk insight*. Acceso en línea enero, 2012.
- López, J.A.; A.M. Gil Lafuente y J.D. Barquero (2014), "Strategic management of uncertainty in the insurance industry," *Pensee Journal*, 76, 106-118.
- Lovelock, J. (1990), "Hands up for the Gaïa hypothesis", *Nature*, 344, p. 100-102.
- Lovelock, J. (2011), *La tierra se agota. El último aviso para salvar nuestro planeta*. Editorial Planeta, España.
- McGray, H.; A. Hammil and R. Bradley (2007), "Weathering the Storm: Options for Framing Adaptation and Development", *World Resources Institute*. Washington DC
<http://www.gsdr.org/go/display&type=Document&id=3912>
- Meadows, D.H.; Meadows, D.L., Randers, J. y Behrens, W.W., (1972), *The limits to Growth*, Universe Books, New York.
- Mebratu, D., (1998), Sustainability and sustainable development: Historical and conceptual review. *Environmental Impact Assessment Review 18* (6)1998, pp 493-520.
- Merigó, J.M.; Gil Lafuente, A.M. (2007), "Unification point in methods for the selection of financial products", *Fuzzy Economic Review*, 12 (1).
- Merigó, J.M. y A.M. Gil-Lafuente (2008), "The generalized adequacy coefficient and its application in strategic decision making", *Fuzzy Economic Review 13*, 2: 17-36.
- Merigó, J.M. y AM. Gil-Lafuente (2009), "The induced generalized OWA operator", *Information Sciences*, 179, 6: 729-741.
- Merigó, J.M. y AM. Gil-Lafuente (2010), "New decision making techniques and their application in the selection of financial products", *Information Sciences*, 180: 2085-2094.

- Merigó, J.M.; AM. Gil-Lafuente y L. Barcellos (2010), "Uncertain induced generalized aggregation operators and its application in the theory of expertons", *Fuzzy Economic Review*, 15: 25-42.
- Merigó, J.M., A.M. Gil-Lafuente, L. Zhou, H. Chen (2011), "Generalization of the linguistic aggregation operator and its application in decision making". *Journal of Systems Engineering and Electronics* 22 (4), 593-603.
- Merigó, J.M., A. M. Gil-Lafuente, J. Gil-Aluja (2011), "Soft Computing Techniques for Decision Making with Induced Aggregation Operators". *Information* 14 (6), 2019-2039.
- Merigó, J.M. y A.M. Gil-Lafuente (2011), "OWA operators in human resource management". *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research* 45 (2), 153-168.
- Merigó, J.M., A.M. Gil-Lafuente, J. Gil-Aluja (2011), "Decision making with the induced generalized adequacy coefficient". *Applied and Computational Mathematics* 10 (2), 321-339.
- Merigó, J.M. y A.M. Gil-Lafuente (2011), "Decision-making in sport management based on the OWA operator". *Expert Systems with Applications* 38, 10408-10413.
- Merigó, J.M. y A.M. Gil-Lafuente (2011), "Fuzzy induced generalized aggregation operators and its application in multi-person decision making". *Expert Systems with Applications* 38, 9761-9772.
- Merigó, J.M. y A. M. Gil-Lafuente (2012). "A method for decision making with the OWA operator". *Computer Science and Information Systems* 9, 357-380.
- Merigó, J.M., A.M. Gil-Lafuente, L.-G. Zhou, H.-Y. Chen (2012). "Induced and linguistic generalized aggregation operators and their application in linguistic group decision making". *Group Decision and Negotiation* 21, 531-549.
- Merigó, J.M., A. M. Gil-Lafuente, O. Martorell (2012). "Uncertain induced aggregation operators and its applications in tourism management". *Expert Systems with Applications* 39, 869-880.
- Merigó, J.; Engemann, K.; Gil-Lafuente, A.M. (2015), "Intelligent systems in business and economics", *Cybernetics and Systems*, 46: 145-149.
- Miguel, E., S. Satyanath y E. Sergenti (2004), "Economic shocks and civil conflict: an instrumental variables approach," *Journal of Political Economic*, 112(4), 725-753.
- Miller, S., R. Muir-Wood y A. Boissonnade (2008), An exploration of trends in normalized weather-related catastrophe losses, in Diaz, H.F. an R.J. Murnane (eds.) *Climate extremes and society*, Cambridge University Press, Cambridge, 225-347.
- Mills, E. et al. (2005), "Insurance in a climate of change," *Science*, 309, 1040-1044.
- Mills, E. (2007), "From risk to opportunity: insurer responses to climate change", *Ceres Report*, November.
- Mohn, Reinhard (1996), *Al Éxito por la Cooperación*. Ed. Plaza & Janés, Barcelona.
- Muller, Richard A. (2009), *Física para futuros presidentes*, Antoni Bosch, España, p.265-365.
- Mun, K. M. y Morgan, G.E. (2003) "Bank foreign exchange and interest rate risk management: Simultaneous versus separate hedging strategies." *Journal of Financial Intermediation*, 12, p. 277-297.
- Munda, G. (2008), *Social-Multicriteria evaluation for a sustainable economy*. Springer: Berlin.
- Munich Re (2006), "Topics geo annual review natural catastrophes 2005". *Munich Reinsurance Group*, Munich.
- Munich Re. (2005), "Claims management following natural catastrophes: experience, analysis, action plans," *Munich Reinsurance Group*, Munich.
- Nordhaus, W. D. y Zili Yang (1996), "A regional dynamic general-equilibrium model of alternative climate-change strategies". *The American Economic Review*, vol. 86, 4: 741-765.
- O'Riordan, T. y J. Cameron (ed.) (1994), *Interpreting the Precautionary Principle*. Earthscan: Londres.

- Obama, B. (2009), Nobel lecture (the Norwegian Nobel Committee, Oslo, Norway, 10 December), Available at http://nobelpeaceprize.org/en_GB/laureates/laureates-2009/obama-lecture/, accessed December 2010.
- OCDE (1991) *Indicadores ambientales: un conjunto preliminar*, la OCDE, París.
- Olson, Mancur (1965), *The logic of the collective action: Public goods and the theory of groups*, Cambridge, Harvard University Press.
- Ostrom, Elinor (1990), *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. New York, Cambridge University Press.
- Ostrom, E., J. Burger, C. B. Field, R. B. Norgaard, D. Policansky (1999), "Revisiting the commons: Local lessons." *Science* 284, 278–282.
- Pearce, A.R. (not dated). *Defining sustainability: a content analysis comparison of definitions from the literature*, Georgia Tech Research Institute, Atlanta GA, USA.
- Pérez, T, J.L. (2011), *Fundamentos del Seguro*, Umeser, Barcelona.
- Petr, M., Boerboom, L. G. J., Ray, D., y van der Veen, A. (2015), "New climate change information modifies frames and decisions of decision makers: an exploratory study in forest planning". *Regional Environmental Change*, 1-10.
- Pezzey, J., (1989), *Definitions of sustainability*. Working Paper No. 9, Institute of Behavioral Sciences, University of Colorado.
- Phillis YA, Andriantiatsaholainaina LA (2001) Sostenibilidad: Un concepto mal definido y su evaluación utilizando la lógica difusa, *Economía Ecológica* 37 (3), 435-456.
- Phillis YA, Kouikoglou VS (2009), *Medición de Fuzzy de la sostenibilidad*, Nova Science Publishers, Nueva York.
- Pichat, E. (1969), "Algorithm for finding the maximal elements of a finite universal algebra". *Inform processing* 68 Publ. North Holland.
- Pielke, R.A., S. Agrawala, L.M. Bouwer, I. Burton, S. Changnon, M.H. Glantz, W.H. Hooke, R.J.T. Klein, K. Kunkel, D. Mileti, D. Sarewitz, E.L. Thompkins, N. Stehr, H. von Storch (2005), Clarifying the attribution of recent disaster losses: a response to Epstein and McCarthy, *American Meteorological Society*, 86(10), 1481-1483.
- Pielke, RA; Prins, G; Rayner, S; Sarewitz, D (2007) "Climate change 2007: Lifting the taboo on adaptation". *Nature*, 445, p. 597-598.
- Pielke, R.A., J. Gratz; C.W. Landsea, D. Collins, M.A. Suanders y R. Musulin (2008), "Normalized hurricane damage in the United States: 1900–2005," *Natural Hazards Review*, 9(1), 29–42.
- Prescott-Allen R (2001), *El bienestar de las naciones*, Island Press, Washington, DC.
- Prutsch, A.; T. Grothmann, I. Schauser, S. Otto y S. McCallum (2010), *Guiding principles for adaptation to climate change in Europe*. November. (ETC/ACC): http://acm.eionet.europa.eu/docs/ETCACC_TP_2010_6_guiding_principles_cc_adaptation.pdf
- Quintanilla, I. (2002), *Psicología del consumidor*. Ed. Pearson, Madrid.
- Reddy, G.R.K. y S. Pal Singh (2015), *Smart and Human. Building cities of wisdom*. HarperCollins Publishers, India.
- Rees WE (1992), "Huella ecológica y la capacidad de carga apropiada: ¿Qué economía urbana deja fuera," *Medio Ambiente y Urbanización* 4 (2), 121-130.
- Rigo, Antònia. (2002), *Cómo presentar una tesis y trabajos de investigación*, Eumo, Vic, España.
- Roca, J.J.; V. Alcántara; I. Arto; E. Padilla y M. Serrano (2013), *La responsabilidad de la economía española en el calentamiento global*. Fuhem Ecosocial. Catarata, Madrid
- Rockström, J. et al. (2009). *Supplementary Materials to Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity*.

- <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/appendix1.pdf>
- Rockström, J., Falkenmark, M., Karlberg, L., Hoff, H., Rost, S., Gerten, D. (2009), "Future water availability for global food production: The potential of green water for increasing resilience to global change". *Water Resources Research* 45, W00A12.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, III, F.S., Lambin, E., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H., Nykvist, B., De Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B.H., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, C., Foley, J. (2009), "Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity". *Ecology and Society*, 14.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, III, F.S., Lambin, E., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H., Nykvist, B., De Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B.H., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, C., Foley, J. (2009), "A safe operating space for humanity". *Nature*, 461: 472-475
- Rockström, J. M. Falkenmark, C. Folke, M. Lannerstad, J. Barron, E. Enfors, L. Gordon, J. Heinke, H. Hoff and C. Pahl-Wostl (2014), *Water Resilience for Human Prosperity*. Cambridge University Press.
- Ross, S.; R. Westerfield y B. Jordan (2003), *Fundamentals of corporate finance standard edition*. Ed. McGrawHill, USA.
- Sanchez-Rodriguez, R., J. Pacyna, K. O'Brien, M. Fragkias, L. Rosentrater y J. Weichselgartner (2007), "Introduction to the 'global environmental change, natural disasters, vulnerability and their implications for human security in coastal urban areas' Issue," *Magazine of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change*, 2, 4-5.
- Sassen, Saskia (2010), *Territorio, autoridad y derechos: De los ensamblajes medievales a los ensamblajes globales*. Katz: España.
- Sassen, Saskia (2015), *Expulsiones. Brutalidad y complejidad en la economía global*. Katz: España.
- Schrand, C. M. y Unal, H (1998) "Hedging and Coordinated Risk Management: Evidence from Thrift Conversions." *Journal of Finance*, 53, p. 979-1013.
- Stern N. (2007), *The economics of climate change: the stern review*, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Swiss Re. (2005), *Natural catastrophes and man-made disasters in 2004: more than 300000 fatalities, record in insured losses*, *Sigma Report 1/2005*, Swiss Re Reinsurance Company, Zurich.
- Swiss Re. (2006), *Natural catastrophes and man-made disasters 2005: high earthquake casualties, new dimension in windstorm losses*, *Sigma Report 2/2006*, Swiss Re Reinsurance Company, Zurich.
- Swiss Re. (2010), *Natural catastrophes and man-made disasters in 2009: catastrophes claim fewer victims, insured losses fall*. *Sigma Report 2/2010*, Swiss Re Reinsurance Company, Zurich.
- Swiss Re. (2011), *Natural catastrophes and man-made disasters in 2010: a year of devastating and costly events*, *Sigma Report 1/2011*, Swiss Re Reinsurance Company, Zurich.
- Swiss Re (2012), *Natural catastrophes and man-made disasters in 2011: Historic losses surface from record earthquakes and floods*. *Sigma 2/2012*. Swiss Re Reinsurance Company, Zurich.
- Swiss Re (2013), *Natural catastrophes and man-made disasters in 2012: A year of extreme weather events in the US*. *Sigma 2/2013*. Swiss Re Reinsurance Company, Zurich.

- Tàbara, J.D. dir. (2008), *Percepció pública i política del canvi climàtic a Catalunya*. Documents de recerca, 14. Generalitat de Catalunya.
- United Nations (2014), *Prototype Global Sustainable Development Report - Executive Summary*. Online edition. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Division for Sustainable Development.
- Van den Bergh, J.C.J.M. (ed.) (1999), *Handbook of environmental and resource economics*, Cheltenham, Reino Unido. Edward Elgar: Northampton, Estados Unidos.
- Van de Kerk G, Manuel A (2008) "Índice integral para una sociedad sostenible: El SSI - El Índice de la Sociedad Sustentable," *Economía Ecológica* 66 (2-3), 228-242.
- Van den Hurk, B.; A.K. Tank, G. Lenderink, A. van Ulden, G.J. van Oldenborgh, C. Katsman, H. van den Brink, F. Keller, J. Bessembinder, G. Burgers, G. Komen, W. Hazeleger y S. Drijfhout (2006), "KNMI climate change scenarios 2006 for the Netherlands," *KNMI scientific report*, WR 2006-01.
- Van den Hurk, B.; Tank, A.K.; Lenderink, G.; van Ulden, A.; van Oldenborgh, G.J.; Katsman, C.; van den Brink, H.; Keller, F.; Bessembinder, J.; Burgers, G.; Komen, G.; Hazeleger, W. y S. Drijfhout, (2006), "KNMI climate change scenarios 2006 for the Netherlands", *KNMI scientific report*, WR.
- Vellinga, P., E. Mills, G. Berz, L.M. Bouwer, S. Huq, L.A. Kozak, J. Palutikof, B. Schanzenbacher and G. Soler (2001), "Insurance and other financial services, Chap. 8," in McCarthy J.J., O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken and K.S. White (eds.) *Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability*, Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, 417-450.
- Vegara, J.M.; I. Busom; M. Colldeforns; A. Guerra y F. Sancho (2009), *El cambio climático: análisis y política económica. Una introducción*. Colección estudios económicos No. 36, la Caixa, Barcelona.
- WBGU (2007), "World in transition: Climate change as a security risk," *German Advisory Council on Global Change*.
- WBGU (2014), "Climate Protection as a World Citizen Movement," (summary for policy-makers), *German Advisory Council on Global Change*.
- WCED (1987), *Our Common Future*, chair: Gro Harlem Brundtland. World Commission on Environment and Development, Oxford University Press.
- Wear S. (2009), *El calentamiento global. Historia de un descubrimiento científico*. Laetoli.
- WEF- World Economic Forum (2015), *Global Risks 2015, 10th Edition*. Geneva. Disponible en línea www.weforum.org/risks.
- Weitzman, M.L. (2007), "The Stern Review of the Economics of Climate Change," *Journal of Economic Literature*, 45(3), 703-724.
- Yamin, F. y J. Depledge (2004), *The International Climate Change Regime*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Zadeh, L.A. (1965), "Fuzzy sets", *Inform. and Control* 8: 338-353.
- Zhou, L.G., H.-Y. Chen, J. M. Merigó, A. M. Gil-Lafuente (2012). "Uncertain generalized aggregation operators". *Expert Systems with Applications* 39, 1105-1117.
- Zimmermann, H.J. (1978), *Results of empirical studies in fuzzy set theory*. Ed. Plenum press, New York.

Páginas Web

General

Eurostat: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/themes>

OECDstat: <http://www.oecd.org/statistics/>

UN data: <http://data.un.org/DataMartInfo.aspx>

World development indicators: <http://databank.worldbank.org/data/home.aspx>

World Factbook: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/rankorderguide.html>

C40: <http://www.c40.org/>

Economía

Economy Watch: <http://www.economywatch.com/economic-statistics/>

IMF: <http://www.imf.org/external/data.htm>

Educación

Unesco: <http://www.uis.unesco.org/Pages/default.aspx>

Empleo

ILO: <http://www.ilo.org/global/statistics-and-databases/lang-en/index.htm>

Energía

IEA: <http://www.iea.org/stats/index.asp>

Finanzas

Green Climate Fund: <http://www.gcfund.org/>

Finanzas carbono: <http://finanzascarbono.org/>

Medio Ambiente

EPI: <http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/epi-environmental-performance-index-pilot-trend-2012>

Alimentación

FAOstat: <http://faostat.fao.org/>

Huella

Global Footprint Network: <http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/>

Genero

Gender Gap data: <http://reports.weforum.org/global-gender-gap-report-2012/#=>

Salud

World Health Organization, WHO: <http://www.who.int/research/en/>

Desarrollo Humano

UNDP: <http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2011/>

Naturaleza

IUCN – Red list of Threatened Species: <http://www.iucnredlist.org/>

UNEP – WCMC, World Conservation Monitoring Centre: http://www.unep-wcmc.org/world-database-on-protected-areas-wdpa_76.html

Agricultura Orgánica

FiBL – Forschungs Institut für Biologische Landbau: <http://www.fibl.org/>

Organic World: <http://www.organic-world.net/statistics-data-tables-excel.html>

Población

UN Population Division: <http://www.un.org/esa/population/>

Agua y Sanidad

Aquastat: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/dbase/index.stm>

WHO – Unicef Joint Monitoring Programme: <http://www.wssinfo.org/data-estimates/table/>

Otras bases de datos internacionales que se pueden encontrar:

<http://unstats.un.org/unsd/environment/interlinks.htm>

Más información

<http://gsociology.icaap.org/>

<http://www.communityindicators.net/>

Educación en materia de sostenibilidad

<http://www.oneworldcentre.org.au/>

Bases de datos

AQUASTAT (Sistema Global de Información sobre Agua y Agricultura de la FAO)
<http://www.fao.org/ag/agl/aglw/aquastat/dbase/indexesp.stm>

BADECON (Base de Estadísticas e Indicadores Económicos de la CEPAL)
<http://websie.eclac.cl/sisgen/ConsultaIntegrada.asp?idAplicacion=6>

BADEIMA (Base de Estadísticas e Indicadores de Medio Ambiente de la CEPAL)
<http://websie.eclac.cl/sisgen/ConsultaIntegrada.asp?idAplicacion=2>

BADEINSO (Base de Estadísticas e Indicadores Sociales de la CEPAL)
<http://websie.eclac.cl/sisgen/ConsultaIntegrada.asp?idAplicacion=1>

CEPALSTAT (Base de Estadísticas de Indicadores Sociales, Económicos y Medioambientales de la CEPAL) <http://websie.eclac.cl/sisgen/ConsultaIntegrada.asp>

CDIAC (Carbon Dioxide Information Analysis Center) <http://cdiac.ornl.gov/>

CELADE (Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía - División de Población de la CEPAL)
http://www.cepal.cl/celade/proyecciones/basedatos_BD.htm

CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters) <http://emdat.be/>

CRIDLAC (Centro Regional de Información sobre Desastres (CRID)) <http://www.cridlac.org/>

FAOSTAT (Bases de datos estadísticos de la FAO) <http://faostat.fao.org/>

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México)
<http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx>

MPA Global (Base Mundial de Datos de Áreas Marinas Protegidas)
<http://www.mpaglobal.org/home.html>

Naciones Unidas, División de Población <http://www.un.org/esa/population/unpop.htm>

Naciones Unidas, Indicadores de los Objetivos de Desarrollo del Milenio.
<http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Host.aspx?Content=Data/Trends.htm>

OLADE (Organización Latinoamericana de Energía) <http://www.olade.org.ec/>

OMS/UNICEF (Organización Mundial de la Salud/Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia)

Programa Conjunto de Monitoreo del Abastecimiento de Agua y del Saneamiento
<http://www.wssinfo.org/en/welcome.html>

SIEE (Sistema de Información Económica Energética) de la Organización Latinoamericana de Energía

UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales)
<http://www.iucnredlist.org/static/stats>

UN-Hábitat (Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos)
http://ww2.unhabitat.org/programmes/guo/urban_indicators.asp

WDPA (Base de datos mundiales sobre zonas protegidas) del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) <http://sea.unep-wcmc.org/wdbpa/>

World Resource Institute: <http://www.wri.org/>

Abreviaturas y acrónimos

CDIAC – Carbon Dioxide Information Analysis Center
CIA – Central Intelligence Agency
EF – Ecological Footprint
EPI – Environmental Performance Index
EU – European Union
FAO – Food and Agriculture Organization
FiBL – Forschungsinstitut für biologischen Landbau
GDI – Gender related Development Index
GHG – Greenhouse Gases
GDP –Gross Domestic Product
Gha – global hectares
GNI – Gross National Income
HALE – Health Adjusted Life Expectancy
HDR – Human Development Report
IEA – International Energy Agency
ILO – International Labour Organization
IMF – International Monetary Fund
ISEW – Index for Sustainable Economic Welfare
MDG – Millennium Development Goals
MRYA – Most recent year available
RCP – Representative Concentration Pathways
RCW – renewable combustibles and waste
SRES – Special Report Emission Scenarios
SSF – Sustainable Society Foundation
SSI – Sustainable Society Index
TPES – Total Primary Energy Supply
UN – United Nations
UNEP – United Nations Environment Programme
Unesco – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change

UNICEF – United Nations International Children’s Emergency Fund

WCMC – World Conservation Monitoring Centre

WHO – World Health Organization

WMO – World Meteorological Organization

WWF – World Wildlife Fund / World Wild Fund for Nature

AR1 - Informe de Evaluación del IPCC, publicado en 1990.

AR2 - Informe de Evaluación del IPCC, publicado en 1995.

AR3 - Informe de Evaluación del IPCC, publicado en 2001.

AR4 - Cuarto informe de Evaluación del IPCC, publicado en 2007.

AR5 - Quinto Informe de Evaluación del IPCC, publicado en 2014.

CO₂ eq - CO₂ equivalente.

GEI - Gases de Efecto Invernadero. Los incluidos en el Protocolo de Kioto son los siguientes:

- Dióxido de carbono (CO₂). • Hidrofluorocarbonos (HFC).
- Metano (CH₄). • Perfluorocarbonos (PFC).
- Óxido nitroso (N₂O). • Hexafluoruro de azufre (SF₆).

GT2 – Grupo de trabajo 2 del IPCC (WG2 del IPCC)

IPCC - Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (de sus siglas en inglés).

PgC - 1 Petagramo de carbono = 1 PgC = 10¹⁵ gramos de carbono = 1 Gigatonelada de carbono = 1 GtC. 1 GtC corresponde a 3.67 GtCO₂.

pH - Es una medida adimensional de la acidez del agua (o de cualquier solución) que viene dada por la concentración de hidrogeniones (H⁺). El pH se mide en una escala logarítmica: $\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$. Una reducción de una unidad en el pH corresponde a multiplicar por 10 la concentración de iones H⁺.

ppm - Partes por millón (unidad de medida de la concentración de un gas en la atmósfera).

Glosario³⁴

Acceso a los alimentos

Uno de los tres componentes que sustentan la seguridad alimentaria, siendo los otros dos la disponibilidad y la utilización. El acceso a los alimentos depende de: i) la disponibilidad de alimentos (esto es, las personas disponen de ingresos u otros recursos para intercambiarlos por alimentos); ii) la asignación satisfactoria en el hogar o la sociedad; y iii) la preferencia (esto es, lo que las personas quieren comer, influida por las normas socioculturales).

Acidificación del océano

Disminución del pH del océano durante un período prolongado, normalmente decenios o períodos más largos, causado primordialmente por la incorporación de dióxido de carbono de la atmósfera, pero también por otras adiciones químicas o sustracciones del océano. La acidificación del océano antropógena hace referencia a la proporción de la disminución del pH causada por la actividad humana.

Actividad solar

Término general que describe una variedad de fenómenos magnéticos en el Sol como manchas solares, fáculas (zonas brillantes) y erupciones solares (emisión de partículas de alta energía). Varía en escalas temporales desde los minutos hasta los millones de años

Adaptación

Proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos.

Adaptación progresiva

Acciones de adaptación con el objetivo central de mantener la esencia y la integridad de un sistema o proceso a una escala determinada.

Adaptación transformacional

Adaptación que cambia los atributos fundamentales de un sistema en respuesta al clima y a sus efectos.

Aerosol

Minúsculas partículas, sólidas o líquidas que se encuentran suspendidas en el aire y que pueden incidir sobre las características del clima. Su origen puede ser natural y humano.

Albedo

³⁴ Apartado basado en contenidos del Quinto Informe de Evaluación del IPCC, Grupo de Trabajo I, II. Oficina española de Cambio Climático:

<http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/publicaciones/publicaciones/>.

Para ampliar información véase, IPCC, 2013: Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: *Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.

Fracción de radiación solar reflejada por una superficie u objeto, frecuentemente expresada en términos porcentuales. El albedo de los suelos puede adoptar valores altos, como en las superficies cubiertas de nieve, o bajos, como en las superficies cubiertas de vegetación y los océanos. El albedo de la Tierra varía principalmente en función de la nubosidad, de la nieve, del hielo, de la superficie foliar y de la cubierta del suelo.

Almacenamiento terrestre de agua

Agua almacenada en tierra no contenida en glaciares ni mantos de hielo (esto es, agua almacenada en ríos, lagos, humedales, la zona vadosa, acuíferos, reservorios, nieve y permafrost). Los cambios en el almacenamiento terrestre de agua impulsados por el clima y las actividades humanas contribuyen al cambio del nivel del mar

Altimetría

Técnica para medir la altura de la superficie de la Tierra con respecto al geocentro de la Tierra con arreglo a un marco de referencia terrestre definido para todo el planeta (nivel del mar geocéntrico).

Anomalía climática medieval

Es un intervalo de tiempo con condiciones relativamente cálidas y con presencia de otras anomalías climáticas, tales como una mayor ocurrencia de sequías, que tuvieron lugar en algunas regiones continentales. Aunque el intervalo no está claramente definido, la mayoría de las definiciones lo sitúan entre los años 900 y 1400 d.C.

Antropogénico

Término utilizado para hacer referencia a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas a diferencia de los que tienen causas naturales, sin influencia humana.

Atmósfera

Envoltura gaseosa que rodea la Tierra. La atmósfera seca está compuesta casi enteramente por nitrógeno (coeficiente de mezcla volumétrico: 78,1%) y oxígeno (coeficiente de mezcla volumétrico: 20,9%), más cierto número de gases traza, como argón (coeficiente de mezcla volumétrico: 0,93%), helio y ciertos gases de efecto invernadero radiactivamente activos como dióxido de carbono (coeficiente de mezcla volumétrico: 0,035%) y ozono. Además, la atmósfera contiene vapor de agua, que es también un gas de efecto invernadero, en cantidades muy variables aunque, por lo general, con un coeficiente de mezcla volumétrico de 1%. La atmósfera contiene también nubes y aerosoles.

Balance de masa (de glaciares o mantos de hielo)

En una formación de hielo, diferencia entre el insumo de masa (acumulación) y la pérdida de masa (ablación y desprendimiento de icebergs) durante un determinado período de tiempo, generalmente un año o una estación. El balance de masa puntual hace referencia al balance de masa en un lugar particular sobre el glaciar o el manto de hielo. El balance de masa superficial es la diferencia entre la acumulación en la superficie y la ablación de superficie.

Balance energético

Diferencia entre los valores totales de energía entrante y saliente. Si el balance es positivo, se produce un calentamiento; si es negativo, sobreviene un enfriamiento. Promediado a nivel global y durante largos períodos de tiempo, este balance ha de ser

igual a cero. Como el sistema climático obtiene virtualmente toda su energía del Sol, un balance nulo implica que a nivel global, la cantidad de radiación solar absorbida, esto es, la radiación solar entrante debe ser, en promedio, igual a la suma de la radiación solar reflejada en la parte superior de la atmósfera más la radiación saliente de onda larga emitida por el sistema climático.

Base/referencia

Estado respecto del cual se mide un cambio. Un período de referencia es el período relativo al cual se computan las anomalías. La concentración de referencia de los gases traza se mide en lugares que no estén influidos por emisiones antropógenas locales.

Bentónico

Adjetivo derivado de bentos, comunidad formada por los organismos que habitan el fondo de los ecosistemas marinos y acuáticos continentales.

Bioma

Elemento regional de la biosfera claramente diferenciado, constituido generalmente por cierto número de ecosistemas (por ejemplo, bosques, ríos, estanques y pantanos de una región). Los biomas están caracterizados por determinadas comunidades vegetales y animales típicas.

Biomasa

Masa total de organismos vivos presentes en un área o volumen dados. El material vegetal muerto se puede incluir como biomasa muerta. Quema de biomasa es la quema de vegetación viva y muerta.

Biosfera (terrestre y marina)

Parte del sistema Tierra que abarca todos los ecosistemas y organismos vivos de la atmósfera y de la tierra (biosfera terrestre) o de la atmósfera y los océanos (biosfera marina), incluida la materia orgánica muerta resultante de ellos, en particular los restos, la materia orgánica del suelo y los detritus oceánicos.

Bosque

Tipo de vegetación en que predominan los árboles. Las definiciones de bosque en distintos lugares del mundo son muy diversas, en consonancia con la diversidad de condiciones biogeofísicas y de estructuras sociales y económicas. Este término y otros de parecida índole, como forestación, reforestación y deforestación, se examinan en el Informe del IPCC sobre uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (IPCC, 2000).

13C

Isótopo de carbono estable de peso atómico aproximadamente igual a 13. La medición del cociente $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ en las moléculas de dióxido de carbono se utiliza para inferir la importancia de diferentes procesos del ciclo de carbono y procesos climáticos y el tamaño del reservorio de carbono terrestre.

14C

Isótopo de carbono inestable de peso atómico aproximadamente igual a 14 y período de semidesintegración aproximadamente igual a 5 700 años. Suele utilizarse para realizar dataciones de hasta 40 000 años. Su variación a lo largo del tiempo resulta afectada por los campos magnéticos del Sol y de la Tierra, que influyen en su producción mediante los rayos cósmicos.

Cambio climático abrupto

Cambio a gran escala en el sistema climático que tiene lugar en algunos decenios o en un lapso menor, persiste (o se prevé que persista) durante al menos algunos decenios y provoca importantes perturbaciones en los sistemas humanos y naturales.

Cambio climático asegurado

Debido a la inercia térmica del océano y a ciertos procesos lentos de la criosfera y de las superficies terrestres, el clima seguiría cambiando aunque la composición de la atmósfera mantuviera fijos sus valores actuales. Los cambios en la composición de la atmósfera ya experimentados conllevan un cambio climático asegurado, que continuará en tanto persista el desequilibrio radiativo y hasta que todos los componentes del sistema climático se ajusten a un nuevo estado. Los cambios de temperatura sobrevenidos una vez que la composición de la atmósfera se ha estabilizado se denominan variación asegurada de temperatura a composición constante o simplemente calentamiento asegurado. El cambio climático asegurado conlleva también otros cambios, por ejemplo del ciclo hidrológico, de los fenómenos meteorológicos extremos, de los fenómenos climáticos extremos y del nivel del mar. Con emisiones constantes aseguradas se llegaría a un cambio climático asegurado resultante de mantener constantes las emisiones de origen antropógeno, y con emisiones nulas aseguradas se llegaría a un cambio climático asegurado resultante de fijar a cero las emisiones. Véase también Cambio climático.

Cambio climático

Variación del estado del clima, identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. La CMNUCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales.

Caos

Un sistema dinámico (por ejemplo, el sistema climático) regido por ecuaciones determinísticas no lineales (véase No linealidad) puede presentar un comportamiento errático o caótico en virtud del cual variaciones muy pequeñas del estado inicial del sistema producen grandes cambios, aparentemente impredecibles, en su evolución a lo largo del tiempo. Este tipo de comportamiento caótico puede limitar la predictibilidad del estado de los sistemas dinámicos no lineales para momentos específicos del futuro, aunque los cambios en sus estadísticas sigan siendo predecibles en razón de las variaciones en los parámetros del sistema o en las condiciones de contorno.

Capa de ozono

La estratosfera contiene una capa en que la concentración de ozono es máxima, denominada capa de ozono. Esta capa abarca aproximadamente desde los 12 km hasta los 40 km por encima de la superficie terrestre. La concentración de ozono alcanza un valor máximo entre los 20 km y los 25 km aproximadamente. Esta capa ha sido mermada por efecto de las emisiones humanas de compuestos de cloro y de bromo. Todos los años, durante la primavera del hemisferio sur, la capa de ozono acusa una merma muy pronunciada sobre el Antártico, causada por diversos compuestos de cloro y bromo de origen antropógeno, en función de las condiciones meteorológicas existentes en esa región. Este fenómeno se denomina agujero de ozono.

Capa límite atmosférica

Capa atmosférica adyacente a la superficie de la Tierra que resulta afectada por el rozamiento con esta y, posiblemente, por el transporte de calor y otras variables a lo largo de esa superficie (AMS, 2000). Los 100 m inferiores de la capa límite (alrededor del 10% del espesor de la capa límite), en los que predomina la generación mecánica de turbulencia, se denominan capa límite superficial o capa superficial

Carbón vegetal

Material resultante de la carbonización de biomasa, que suele conservar parte de la textura microscópica característica del tejido vegetal. Químicamente, está constituido principalmente por carbono con una estructura gráfica desordenada, y contiene cantidades menores de oxígeno e hidrógeno.

Carbono negro (CN)

Elemento de un aerosol definido a efectos prácticos en términos de absorción de luz, de reactividad química y/o de estabilidad térmica. A veces se conoce como hollín.

Ciclo del carbono

Término empleado para describir el flujo de carbono a través de la atmósfera, los océanos, la biosfera terrestre y la litosfera.

Ciclo hidrológico

Ciclo en virtud del cual el agua se evapora de los océanos y de la superficie de la tierra, es transportada sobre la Tierra por la circulación atmosférica en forma de vapor de agua, se condensa para formar nubes, se precipita en forma de lluvia o nieve sobre el océano y la tierra, donde puede ser interceptada por los árboles y la vegetación, genera escorrentía en la superficie terrestre, se infiltra en los suelos, recarga las aguas subterráneas, afluye a las corrientes fluviales y, en la etapa final, desemboca en los océanos, en los que se evapora nuevamente. Los distintos sistemas que intervienen en el ciclo hidrológico suelen denominarse sistemas hidrológicos.

Ciclo solar (11 años)

Modulación cuasi regular de la actividad solar, de amplitud variable, que abarca períodos de entre 8 y 14 años.

Cinta transportadora oceánica o Circulación termohalina

Movimiento de agua de gran escala en dirección norte-sur. En el Atlántico esta circulación traslada agua relativamente caliente, cercana a la superficie, hacia el norte y, en profundidad, agua relativamente fría hacia el sur. La corriente del Golfo es parte de esta cinta atlántica.

Circulación general

Movimientos del océano y de la atmósfera en gran escala como consecuencia del diferente grado de calentamiento ocasionado por la rotación de la Tierra, que tienden a restablecer el balance energético del sistema mediante el transporte de calor y de cantidad de movimiento.

Clima

El clima se suele definir en sentido restringido como el estado promedio del tiempo y, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante períodos que pueden abarcar desde meses hasta millares o millones de años. El período de promedio habitual es de 30 años, según la definición de la Organización Meteorológica Mundial. Las magnitudes son casi siempre variables de superficie (por ejemplo, temperatura, precipitación o viento). En un sentido más amplio, el clima es el estado del sistema climático en términos tanto clásicos como estadísticos.

Confianza

Validez de un resultado basada en el tipo, cantidad, calidad y consistencia de las evidencias y en su grado de acuerdo. El nivel de confianza se expresa cualitativamente en el informe con cinco calificadores: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

CO2 equivalente

Medida normalizada del efecto del conjunto de todos los gases de efecto invernadero (GEI) en el clima. Se define como la concentración de CO₂ que produciría el mismo nivel de forzamiento radiactivo que una mezcla dada de CO₂ y otros GEI. Resulta de transformar el efecto de cada GEI en la cantidad de CO₂ que tendría un efecto equivalente, e integrarlo en una sola figura.

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)

Fue adoptada en Nueva York el 9 de mayo de 1992 y rubricada ese mismo año en la Cumbre para la Tierra, celebrada en Río de Janeiro, por más de 150 países más la Comunidad Europea. Su objetivo último es “la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático”. Contiene cláusulas que comprometen a todas las Partes. En virtud de la Convención, las Partes incluidas en el anexo I (todos los países de la OCDE y países de economía en transición) se proponen retornar, para el año 2000, a los niveles de emisión de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal que existían en 1990. La Convención entró en vigor en marzo de 1994. En 1997 la CMNUCC incorporó el Protocolo de Kioto.

Criosfera

Todas las regiones situadas encima y debajo de la superficie terrestre y oceánica en las que el agua se halla en estado sólido, como en los hielos marinos, los hielos lacustres, los hielos fluviales, la capa de nieve, los glaciares y los mantos de hielo, así como el terreno congelado (incluido el permafrost).

Cuaternario

Último de los tres sistemas que componen la Era Cenozoica (65 millones de años hasta el momento presente), que abarca desde hace 2,59 millones de años hasta el momento presente y comprende las épocas Pleistoceno y Holoceno.

Deforestación

Conversión de una extensión boscosa en no boscosa. En relación con el término bosque y otros de índole similar, como forestación, reforestación y deforestación, puede consultarse el Informe Especial del IPCC sobre uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (IPCC, 2000).

Días cálidos/noches cálidas

Días en que la temperatura máxima, o noches en que la temperatura mínima, es mayor que la correspondiente al percentil 90°, definiéndose en general las distribuciones de temperaturas con respecto al período de referencia de 1961-1990.

Días fríos/noches frías

Días en que la temperatura máxima, o noches en que la temperatura mínima, es menor que la correspondiente al percentil 10°, definiéndose en general las distribuciones de temperaturas con respecto al período de referencia de 1961-1990.

Dispersión entre los modelos

Gama o campo de variación de los resultados derivados de los modelos climáticos, como los reunidos para el quinto Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5). No ofrece necesariamente una estimación exhaustiva y formal de la incertidumbre en los retrocesos, forzamientos o proyecciones, incluso cuando se expresan numéricamente, por ejemplo al calcular una desviación típica de las respuestas de los modelos. Para calcular la incertidumbre, se debe combinar la información procedente de las observaciones, de las limitaciones físicas y del criterio experto, recurriendo a un marco estadístico.

Dryas reciente

Período de la desglaciación, comprendido entre hace 12 850 y 11 650 años (antes de 1950), caracterizado por un retorno episódico a condiciones más frías en muchos lugares, especialmente en torno al Atlántico Norte.

Ecosistema

Unidad funcional que consta de organismos vivos, su entorno no vivo y las interacciones entre ellos. Los componentes incluidos en un ecosistema concreto y sus límites espaciales dependen del propósito para el que se defina el ecosistema: en algunos casos están relativamente diferenciados mientras que en otros son difusos. Los límites de los ecosistemas pueden variar con el tiempo. Los ecosistemas se organizan dentro de otros ecosistemas, y la escala a la que se manifiestan puede ser desde muy pequeña hasta el conjunto de la biosfera. En la era actual, la mayoría de los ecosistemas o bien contienen seres humanos como organismos fundamentales, o bien están influidos por los efectos de las actividades humanas en su entorno.

Edad de hielo

La edad de hielo o período glacial se caracteriza por una reducción prolongada de la temperatura del clima de la Tierra, que ocasiona un aumento de los mantos de hielo y los glaciares.

Efecto invernadero

Es el efecto de la radiación infrarroja debido a todos los gases y substancias presentes en la atmósfera capaces de absorber y emitir en la frecuencia infrarroja del espectro de radiación. Los denominados gases de efecto invernadero, las nubes y -en menor cuantía- los aerosoles absorben la radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra y por

otras partes de la atmósfera. Todas estas sustancias emiten radiación en todas las direcciones pero la cantidad neta emitida al espacio es normalmente menor que la que se emitiría en ausencia de estas sustancias absorbentes de radiación infrarroja debido a la disminución de la temperatura con la altitud en la troposfera y la consiguiente reducción de las emisiones.

Un aumento en la concentración de los gases de efecto invernadero aumenta la magnitud de este efecto contribuyendo a un calentamiento de la temperatura del aire en la superficie y en la troposfera.

Eficacia

Valor que cuantifica la efectividad con que un forzamiento radiativo inducido por un determinado mecanismo antropógeno o natural altera la temperatura media global en superficie en condiciones de equilibrio, tomando como referencia el forzamiento radiativo equivalente producido por el dióxido de carbono. Por definición, el aumento de dióxido de carbono posee una eficacia igual a 1,0. Las variaciones en la eficacia del clima pueden deberse a ajustes rápidos ante el forzamiento aplicado, que difieren para distintos forzamientos.

Ensemble

Es una colección de simulaciones realizadas con modelos que caracterizan una predicción o proyección climática. Constituye una forma de explorar las incertidumbres asociadas con los errores en los modelos o en las condiciones iniciales.

Episodio extremo

Un suceso meteorológico extremo es un suceso que es raro para un lugar determinado y una época del año. La definición de raro puede variar pero, en general, se refiere a un suceso que está por debajo/encima del percentil 10/90 de la correspondiente función de densidad de probabilidad estimada a partir de las observaciones. Cuando un suceso meteorológico extremo persiste durante un cierto tiempo puede clasificarse como suceso extremo climático, especialmente si da lugar a un valor promedio o total que a su vez es extremo.

Escalas espaciales y temporales

El clima puede variar en escalas espaciales y temporales muy diversas. Las escalas espaciales abarcan desde extensiones locales (inferiores a 100 000 km²) hasta regionales (entre 100 000 y 10 millones de km²) o continentales (de 10 a 100 millones de km²). Las escalas temporales abarcan desde períodos estacionales hasta geológicos (de hasta centenares de millones de años).

Escenario

Descripción plausible de un futuro verosímil, basada en un conjunto consistente y coherente de supuestos sobre las fuerzas motrices (por ejemplo el ritmo de la evolución tecnológica y los precios) y sobre las relaciones más importantes. Obsérvese que los escenarios no son ni predicciones ni pronósticos, pero son útiles ya que ofrecen un panorama de las consecuencias de la evolución de distintas situaciones y medidas.

Estratosfera

Región de la atmósfera abundantemente estratificada, situada sobre la troposfera, que abarca desde los 10 km (9 km en latitudes altas y 16 km en los trópicos, en promedio) hasta los 50 km de altitud.

Eutrofización

Enriquecimiento excesivo del agua por nutrientes como el nitrógeno y el fósforo. Es una de las principales causas de pérdida de calidad del agua. Los dos síntomas más agudos de eutrofización son la hipoxia (o agotamiento del oxígeno) y la proliferación de algas dañinas.

Exposición

La presencia de personas; medios de subsistencia; especies o ecosistemas; funciones, servicios y recursos ambientales; infraestructura; o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente.

Fenología

Relación entre los fenómenos biológicos que se repiten periódicamente (por ejemplo, las etapas de desarrollo y la migración) y los cambios climáticos y estacionales.

Fenómeno meteorológico extremo

Fenómeno meteorológico raro en determinado lugar y época del año. Aunque las definiciones de raro son diversas, la rareza normal de un fenómeno meteorológico extremo sería igual o superior a los percentiles 10° o 90° de la estimación de la función de densidad de probabilidad observada. Por definición, las características de un fenómeno meteorológico extremo pueden variar de un lugar a otro en sentido absoluto. Un comportamiento extremo del tiempo puede clasificarse como fenómeno meteorológico extremo cuando persiste durante cierto tiempo (por ejemplo, una estación), especialmente si sus valores promediados o totales son extremos (por ejemplo, sequía o precipitación intensa a lo largo de una temporada).

Forzadores climáticos de corto plazo

Indica compuestos cuyo impacto en el clima ocurre en primer lugar en el primer decenio tras su emisión. Este conjunto de compuestos está integrado principalmente por los períodos de vida cortos de la atmósfera, a diferencia de los gases de efecto invernadero homogéneamente mezclados, y a veces se han denominado forzadores climáticos de vida corta o contaminantes climáticos de vida corta. Sin embargo, la propiedad común que tiene mayor interés para las evaluaciones climáticas es la escala de tiempo a la que se siente su impacto en el clima. Entre este conjunto de compuestos cabe destacar el metano, también un gas de efecto invernadero homogéneamente mezclado, así como el ozono y los aerosoles, o sus precursores, y algunas sustancias halogenadas que no son gases de efecto invernadero homogéneamente mezclados. Estos compuestos no se acumulan en la atmósfera a escalas temporales de entre decenas y cientos de años y, por tanto, su efecto en el clima se siente predominantemente poco después de su emisión.

Forzamiento externo

Agente de forzamiento ajeno al sistema climático que induce un cambio en este. Son forzamientos externos las erupciones volcánicas, las variaciones solares, los cambios antropógenos de la composición de la atmósfera y los cambios de uso del suelo. El forzamiento orbital es también un forzamiento externo, puesto que la insolación se modifica con la excentricidad de los parámetros orbitales, la inclinación y la precesión de los equinoccios.

Forzamiento radiativo

Cambio (en relación con el año 1750, que es tomado como momento en que se inicia la revolución industrial) en la diferencia entre la cantidad de calor que entra en la atmósfera y la que sale de ella. Un forzamiento positivo tiende a calentar el planeta, mientras que uno negativo tiende a enfriarlo.

Fotosíntesis

Proceso en virtud del cual las plantas incorporan dióxido de carbono del aire (o bicarbonato, en un medio acuático) para formar hidratos de carbono, liberando oxígeno. La fotosíntesis se manifiesta mediante diferentes decursos, que exhiben respuestas diferentes a las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera.

Gas de efecto invernadero (GEI)

Componente gaseoso de la atmósfera, natural o antropógeno, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes. Esta propiedad ocasiona el efecto invernadero. El vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃) son los gases de efecto invernadero primarios de la atmósfera terrestre. Además, la atmósfera contiene cierto número de gases de efecto invernadero enteramente antropógeno, como los halocarbonos u otras sustancias que contienen cloro y bromo, y contemplados en el Protocolo de Montreal. Además del CO₂, N₂O y CH₄, el Protocolo de Kioto contempla los gases de efecto invernadero hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC).

Geoingeniería

Vasto conjunto de métodos y tecnologías que tienen por objeto alterar deliberadamente el sistema climático a fin de aliviar los impactos del cambio climático.

Glaciar

Masa permanente de hielo sobre tierra originada por nieve comprimida; muestra evidencias del flujo pasado y presente (mediante deformación interna y/o deslizamiento de su base) y está constreñido por el estrés interno y por el rozamiento de su base y de sus lados. Los glaciares se mantienen por la acumulación de nieve en grandes altitudes, compensada por la fusión en altitudes bajas y por la descarga vertida al mar.

Hidrosfera

Componente del sistema climático que incluye las superficies en estado líquido y las aguas subterráneas, y que abarca océanos, mares, ríos, lagos de agua dulce, aguas freáticas, etc.

Holoceno

Última de las dos épocas del sistema Cuaternario, que abarca desde hace 11 650 años hasta el presente (definido como 1950). Se conoce asimismo como etapa isotópica marina 1 o interglacial actual.

Huella

Patrón espacial y/o temporal de respuesta del clima a un forzamiento dado. Los patrones espaciales de respuesta del nivel del mar a la fusión de los glaciares o los mantos de hielo (u otros cambios en la carga en la superficie) también se denominan huellas. Las huellas se utilizan para detectar tales respuestas en las observaciones y suelen estimarse mediante simulaciones de modelos climáticos forzados.

Impactos (consecuencias, resultados)

Efectos en los sistemas naturales y humanos. En el AR5, el término impactos se emplea principalmente para describir los efectos sobre los sistemas naturales y humanos de fenómenos meteorológicos y climáticos extremos y del cambio climático. Los impactos generalmente se refieren a efectos en las vidas, medios de subsistencia, estados de salud, ecosistemas, bienes económicos, sociales y culturales; servicios (incluidos los ambientales) e infraestructuras debido a la interacción de los cambios climáticos o fenómenos climáticos peligrosos que ocurren en un lapso de tiempo específico y a la vulnerabilidad de las sociedades o los sistemas expuestos a ellos. Los impactos también se denominan consecuencias y resultados. Los impactos del cambio climático sobre los sistemas geofísicos, incluidas las inundaciones, las sequías y la elevación del nivel del mar, son un subconjunto de los impactos denominados impactos físicos.

Incertidumbre

Estado de conocimiento incompleto que puede deberse a una falta de información o a un desacuerdo con respecto a lo que es conocido o incluso cognoscible. Puede reflejar diversos tipos de situaciones, desde la imprecisión en los datos hasta una definición ambigua de un concepto o término, o una proyección incierta de la conducta humana. Por ello, la incertidumbre puede representarse mediante valores cuantitativos o mediante asertos cualitativos.

Mitigación (del cambio climático)

Intervención humana encaminada a reducir las fuentes o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero.

Pequeña Edad de Hielo

Intervalo de tiempo que tuvo lugar en el último milenio caracterizado por la ocurrencia tanto en el hemisferio norte como en el sur de un cierto número de expansiones generalizadas de los glaciares de montaña con retrocesos moderados entre ellas. Aunque el intervalo difiere entre las regiones y no está claramente definido, la mayoría de las definiciones lo sitúan entre los años 1400 y 1900 d.C.

Peligro

Acaecimiento potencial de un suceso o tendencia físico de origen natural o humano, o un impacto físico, que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, prestaciones de servicios, ecosistemas y recursos ambientales. En el presente informe, el término peligro se refiere generalmente a sucesos o tendencias físicos relacionados con el clima o los impactos físicos de este.

Período de retorno

Estimación del intervalo de tiempo medio transcurrido entre distintos sucesos de un fenómeno (por ejemplo una inundación o lluvias extremas) de (o mayores/menores de) un tamaño o intensidad definidos.

Permafrost

Terreno (suelo o roca incluyendo hielo y material orgánico) que permanece por debajo de 0°C al menos durante dos años consecutivos.

Potencial de Calentamiento Global

Es un índice que, basándose en las propiedades radiativas de los gases de efecto invernadero bien mezclados, mide el forzamiento radiativo de un pulso de emisión de una unidad de masa de un gas de efecto invernadero, relativo al CO₂, en la atmósfera actual integrada sobre un horizonte temporal.

Representa el efecto combinado del tiempo que dicho gas está en la atmósfera y su efectividad en absorber la radiación infrarroja. El protocolo de Kioto toma como referencia temporal 100 años.

Proyección climática

Es la respuesta simulada –generalmente mediante el uso de modelos climáticos- del sistema climático a un escenario de emisiones o concentraciones futuras de gases de efecto invernadero y aerosoles. Las proyecciones climáticas se distinguen de las predicciones por su dependencia del escenario de emisión o concentración considerado. Las proyecciones están por lo tanto condicionadas a las suposiciones relativas a los escenarios que pueden o no tener lugar.

Resiliencia

Capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un suceso, tendencia o perturbación peligrosa respondiendo o reorganizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación.

Retroalimentación

Se dice que se produce una retroalimentación en el sistema climático cuando el resultado de un proceso inicial desencadena cambios en un segundo proceso que, a su vez, influyen en el primero. Una retroalimentación positiva es aquella en la cual el proceso original se intensifica como resultado de la interacción, mientras que en una negativa el proceso original se reduce.

Riesgo

Potencial de consecuencias en que algo de valor está en peligro con un desenlace incierto, reconociendo la diversidad de valores. A menudo el riesgo se representa como la probabilidad de acaecimiento de sucesos o tendencias peligrosos multiplicada por los impactos en caso de que ocurran tales sucesos o tendencias. Los riesgos resultan de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y el peligro. En el IE5, el término riesgo se utiliza principalmente en referencia a los riesgos de impactos del cambio climático.

Seguridad alimentaria

Situación predominante en la que las personas tienen acceso seguro a cantidades suficientes de alimentos inocuos y nutritivos para su crecimiento y desarrollo normal y para una vida activa y sana. Véase también Acceso a los alimentos.

Sistema climático

Es el sistema altamente complejo que consta de los siguientes cinco componentes principales: atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera y de las interacciones que hay entre ellos. El sistema climático evoluciona con el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna y de forzamientos externos tales como las erupciones volcánicas, las variaciones solares y forzamientos antropogénicos como el cambio de composición de la atmósfera y el cambio de uso de suelo.

Tasa de superación

Porcentaje de días en los que se supera un cierto umbral para una variable determinada definido en un periodo de tiempo de referencia. En este contexto se refiere a la variable temperatura máxima y al percentil 10% (90%) para los días fríos (cálidos) en periodo de referencia 1961-1990.

Transformación

Cambio en los atributos fundamentales de los sistemas naturales y humanos. En el IE5, la transformación podría reflejar paradigmas, objetivos o valores reforzados, alterados o armonizados dirigidos a promover la adaptación en pro del desarrollo sostenible, en particular la reducción de la pobreza.

Troposfera

Parte inferior de la atmósfera, comprendida entre la superficie y unos 10 km de altitud en latitudes medias (variando, en promedio, entre 9 km en latitudes altas y 16 km en los trópicos), donde se encuentran las nubes y se producen los fenómenos meteorológicos. En la troposfera, las temperaturas suelen disminuir con la altura.

Variabilidad climática

La variabilidad climática se refiere a las variaciones en el estado medio y otros estadísticos (p.e., desviación estándar, ocurrencia de extremos, etc.) del clima en todas las escalas espaciales y temporales más allá de los sucesos individuales asociados con el tiempo. La variabilidad se produce por procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o por variaciones en los forzamientos externos naturales o antropogénicos (variabilidad externa). Un ejemplo de variabilidad interna es El Niño-Oscilación del Sur (ENSO, de sus siglas en inglés) o la Oscilación del Atlántico norte (NAO, de sus siglas en inglés). Un ejemplo de variabilidad externa es el ciclo solar de aproximadamente 11 años.

Vulnerabilidad

Propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación.

Vulnerabilidad contextual (vulnerabilidad de partida)

Incapacidad actual para afrontar las presiones externas o los cambios, como las condiciones de clima cambiante. La vulnerabilidad contextual es una característica de los sistemas sociales y ecológicos generada por múltiples factores y procesos.

Vulnerabilidad resultante (vulnerabilidad final)

Vulnerabilidad en el punto final de una secuencia de análisis que comienza con las proyecciones de futuras tendencias de las emisiones, continúa con la elaboración de escenarios climáticos y concluye con estudios de impacto biofísico y la identificación de las opciones de adaptación. Toda consecuencia residual que queda después de haber realizado la adaptación define los niveles de vulnerabilidad.

 ...sé que las ventanas se pueden abrir
Cambiar el aire depende de ti ...

... vale más poder brillar
Que solo buscar ver el sol !
(D. Torres, "Color esperanza")

