



MÉTODO MULTIVALENTE EN LA CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

Jaime Tinto Arandes

<http://orcid.org/0000-0001-8507-6837>

Economista, Doctor en ciencias económicas y empresariales. PhD.
Director del Centro de Investigación de Ciencias Sociales y
Administración de la Universidad Católica de Cuenca.
Ecuador

Email: jtinto@ucacue.edu.ec

Ana Luisa Guijarro Cordero

PhD (cursando) en Ciencias Pedagógicas.

Magister en Procesos Educativos Mediados por
Tecnología en la Universidad de Córdoba - Argentina.
Especialista en Docencia Universitaria.

Licenciada en Ciencias de la Información y Comunicación Social.
Vicerrectora Académica de la Universidad Católica de Cuenca.
Ecuador.

Email: aguijarro@ucacue.edu.ec

María Emilia Molina de T.

<https://orcid.org/0000-0002-9160-9983>
Ciencias Contables

Contabilidad Decisional, Mercadeo
Redes de Investigación y Observatorios - RIOUC
Vicerrectorado De Investigación
Universidad Católica de Cuenca
Ecuador.

Email: mmolinat@ucacue.edu.ec

RESUMEN

El presente trabajo pretende aplicar un método multivalente para la construcción de un índice sintético global del Desarrollo Sostenible, que se adapte a las dimensiones básicas de sostenibilidad (Institucional, Medio Ambiental, Económica y Social), permitiendo establecer las mediciones de las variables en todo su amplio espectro, utilizando lógica difusa para atrapar la incertidumbre en dicho campo. Para ello se utiliza, las aportaciones del Índice Sintético del Desarrollo Sostenible de González, Martín; Fernández;(2004), para definir 78 variables y agrupadas en 36 subindicadores y concentrados en 13 indicadores. Se procede a construir por medio del expertizaje y el contraexpertizaje, la agregación de la opinión de expertos de los países estudiados y se aplica el índice de máximo y mínimo nivel para determinar las distancias correspondientes por pares de países comparados. Finalmente, se construye un modelo factico difuso, partiendo de los aportes de Verdegay, Herrera, Kovacs (1992), en el cual se recoge los componentes de un índice sintético, con capacidades de intervención. En este estudio se obtuvo el valor del índice del desarrollo sostenible para 15 países de la Unión Europea (UE) reflejando la variabilidad entre los periodos de enero 2012 a septiembre 2018.

Palabras clave: desarrollo sostenible, índice, dinámica, lógica difusa.

Recibido: 01-11-2020

Aceptado: 29-01-2021

MULTIVALENT METHOD IN THE CONSTRUCTION OF INDICATORS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Jaime Tinto Arandes

<http://orcid.org/0000-0001-8507-6837>
Economist, Doctor in economic and business sciences. PhD.
Director of the Research Center for Social Sciences and
Administration of the Catholic University of Cuenca.
Ecuador
Email: jtinto@ucacue.edu.ec

Ana Luisa Guijarro Cordero

PhD (studying) in Pedagogical Sciences.
Master in Educational Processes Mediated by
Technology at the University of Córdoba - Argentina.
University Teaching Specialist.
Degree in Information Sciences and Social Communication.
Academic Vice-Rector of the Catholic University of Cuenca. Ecuador.
Email: aguijarro@ucacue.edu.ec

María Emilia Molina by T.

<https://orcid.org/0000-0002-9160-9983>
Accounting sciences
Decisional Accounting, Marketing
Research Networks and Observatories - RIOUC
Vice-Rector's Office for Research
Catholic University of Cuenca
Ecuador.
Email: mmolinat@ucacue.edu.ec

ABSTRACT

The present work tries to apply a multivalent method for the construction of a global synthetic index of Sustainable Development, which adapts to the basic dimensions of sustainability (Institutional, Environmental, Economic and Social), allowing to establish the measurements of the variables in all its broad spectrum, using fuzzy logic to trap uncertainty in that field. For this, the contributions of the Synthetic Index of Sustainable Development of González, Martín are used; Fernández; (2004), to define 78 variables and grouped into 36 sub-indicators and concentrated on 13 indicators. The aggregation of the opinion of experts from the countries studied is carried out by means of expertization and counter-expertization, and the maximum and minimum level index is applied to determine the corresponding distances by pairs of countries compared. Finally, a fuzzy factual model is constructed, based on the contributions of Verdegay, Herrera, Kovacs(1992), in which the components of a synthetic index are collected, with intervention capabilities. In this study, the value of the sustainable development index for 15 countries of the European Union (EU) was obtained, reflecting the variability between the periods from January 2012 to September 2018.

Keywords: sustainable development, index, dynamics, fuzzy logic.

1. INTRODUCCION

Frente a los intentos clásicos de abordar un índice de Desarrollo Sostenible que cuantifique el problema en sus cuatro dimensiones reales, surgen múltiples interrogantes que deben ser abordados en el tercer milenio. Desde el punto de vista, metodológico y sistémico, para la cuantificación de la sostenibilidad, se ha dispuesto del uso de datos en forma contable y estadística con mediciones tradicionales. Se propone, unificar los índices desarrollados hasta los actuales momentos mediante un sistema complejo que permita atrapar la información en forma dinámica, para comparar índices de distintos países que cumplan con las facetas de la sostenibilidad y atrapen la incertidumbre.

Se buscó construir a través de la teoría de la incertidumbre un índice global de Desarrollo Sostenible mediante la fuzzificación de las variables, permitiendo la construcción de indicadores y sub indicadores que agrupen, mediante un sistema complejo, la medición del Desarrollo Sostenible. Elementos de fuzzificación han sido utilizados con mucho éxito por Lechón, Cabestre y Santamaría (1997) aplicando inteligencia artificial en la generación de resultados que direccionen patrones de comportamiento.

Para ello, partimos de la idea de Galileo Galilei: “Medir lo que es mensurable e intentar hacer mensurable lo que todavía no lo es”, pues, no todo lo que tiene interés en la vida económica puede ser medido, sino que, sólo ciertas partes de los fenómenos, hechos y relaciones son actualmente susceptibles de medición (es decir de asignación numérica objetiva), y queda una importante labor a realizar hasta que se consiga ampliar el campo numerable a todos los aspectos de la humanidad. Esto se describe en Schein (2004) donde hace aplicaciones al mundo empresarial.

Partiendo del Principio del Tercio Excluido: “una proposición no puede ser a la vez verdadera y falsa, sino que es siempre o verdadera o falsa”, pero en la realidad existen entre la verdad y la falsedad una infinidad de matices. Conceptos similares son aplicados en inteligencia artificial por Brockett,; Cooper, Golden, y Pitaktong, (1994) destacando la importancia de este principio.

El sistema binario surgió por la necesidad de buscar una comunicación fluida y simple.

Esto lo vemos con la irrupción de los ordenadores. Con el 0 y el 1 es posible expresar cualquier número, concepto, operación.

Los matemáticos denominaron a esta álgebra booleana en honor a quien formuló las reglas binarias del pensamiento.

Se toma el Principio de la Simultaneidad Gradual, formulado por Gil Aluja (1988) donde nos dice que:” Cualquier proposición puede ser verdadera y falsa al mismo tiempo, siempre y cuando le demos un grado a la verdad y un grado a la falsedad”. Con ello se desprende

que cualquier proposición $A \in [0,1]$, es decir a todos los posibles valores entre el valor 0 y el valor 1.

Propósito del artículo

Lo que se pretende en el artículo es construir a través de la teoría de la incertidumbre un índice global de Desarrollo Sostenible mediante la fuzzificación de las variables, como instrumento innovador, a través de:

- La identificación de la importancia de variables no medidas por los métodos tradicionales en forma dinámica
- La determinación del nivel de precisión del instrumento de medición construido
- Mostrar los distintos comportamientos y características de las variables en estudio
- Y calculando las distancias entre los distintos índices globales

2. METODOLOGÍA

Tipo de Investigación: Exploratoria, explicativa

Técnica de investigación: Partiendo de los datos publicados se aplica la metodología. Se realiza encuestas a expertos. La información que se utiliza es cuantitativa y cualitativa

Se pretende desarrollar una metodología para la construcción de indicadores para el Desarrollo Sostenible mediante herramientas fuzzy, a través de las técnicas del expertizaje y del contraexpertizaje en las variables distintas de comportamiento entre regiones y países que permitan la correcta comparación.

En la metodología se busca lograr dentro del Desarrollo Sostenible:

- Calculo real con todas sus imperfecciones
- Los nuevos matices dentro del Desarrollo Sostenible
- Técnicas emergentes para detectar la medición del Desarrollo Sostenible
- Calcular las distancias entre los distintos índices globales de desarrollo sostenible entre países

Instrumentos:

Instrumentos fuzzy a utilizar:

Escala Endecadaria es un instrumento utilizado para la recolección de la información

Escala Endecadaria:

0:	Falso
0.1:	Prácticamente falso
0.2:	Casi falso
0.3:	Cercano a falso
0.4:	Más falso que verdadero

0.5:	Tan falso como verdadero
0.6:	Más verdadero que falso
0.7:	Cercano a verdadero
0.8:	Casi verdadero
0.9:	Prácticamente verdadero
1:	Verdadero

Desarrollo de la Metodología

Aplicamos esta metodología para el cálculo del Índice Global de Desarrollo Sostenible, mediante bandas que permitan atrapar el dato obtenido en un periodo de tiempo, para intentar hacer predicciones y así obtener una nueva forma de medición de este fenómeno.

Dicha metodología ha sido utilizada en estudios importantes sobre medición de la pobreza Tinto y Hurtado(2009) y estudios de índices integrales de la calidad de vida Tinto, Hurtado y Saccidi Zepa (2011).

Utilizamos el expertizaje y el contraexpertizaje como herramientas de la lógica difusa. Con ello desarrollamos los siguientes pasos:

1.- Partimos de las aportaciones del índice sintético del Desarrollo Sostenible, González; Martín, (2004), y definimos 78 variables, agrupadas en 36 subindicadores y concentrados en 13 indicadores.

2.- Describimos las variables en el ámbito económico, social, institucional y medioambiental.

3.-Tomamos los valores observados de 78 variables en 15 economías.

4.-Se calculan las variables tipificadas, donde:

$$Z_{si} = \frac{X - X_i}{S_i}$$

Si Z_{si} = Valor de la variable tipificada
 X^* = Media de la distribución
 X_i = Valor que alcanza la variable
 S_i = Desviación típica de la distribución

5.- Calculamos la media simple de los Z-Score

6.- Se transforma la variable en valores de la variable tipificada (fuzzilizando los datos) para compararse.

Para ello los z-score de cada indicador se convierte en un percentil normal estandarizado, con valores teóricos comprendidos entre la escala del 0 al 1.

$$v(\epsilon) = \epsilon [0,1]$$

7.- Se calcula el valor del índice sintético, de desarrollo sostenible, tomando en cuenta la ponderación para cada una de las dimensiones del componente del índice.

8.- Se procede al cálculo del expertizaje y contraexpertizaje.

Expertizaje

Consiste en hacer la valuación de la opinión de los expertos que construyen el índice, en función de las dimensiones y la variación bianual. Para ello recurrimos a las técnicas utilizadas por Spradley y McCurdy (1975) donde se recoge la interpretación de las personas en base a su experiencia.

Construcción del Índice Sintético de Desarrollo Sostenible

Para conocer entre que valores se puede situar el índice sintético de Desarrollo Sostenible para los siguientes periodos, se procede de la siguiente forma:

- Procedemos a pedir la opinión de 5 expertos del tema, sobre la posibilidad de crecimiento o decrecimiento de la evolución del índice respecto a los siguientes periodos.
- Se agrupa la opinión en el cuadro que se presenta:

Tabla 1. Opinión de los expertos sobre crecimiento o decrecimiento de la evolución del índice

Experto	Valor (min)	Valor (máx.)
1	30.6	31.7
2	31.8	34.3
3	28.5	32.7
4	27.5	33.1
5	29.4	34.2

Fuente: Elaboración propia

- Tomamos el menor y el mayor valor obteniendo la siguiente banda: [27.5 , 34.3]
- Se procede a evaluar la banda de acuerdo a la siguiente escala:

0:	Falso
0.1:	Prácticamente falso
0.2:	Casi falso
0.3:	Cercano a falso
0.4:	Más falso que verdadero
0.5:	Tan falso como verdadero
0.6:	Más verdadero que falso
0.7:	Cercano a verdadero
0.8:	Casi verdadero
0.9:	Prácticamente verdadero
1:	Verdadero

- Se agrupa las opiniones en el siguiente cuadro:

Tabla 2. Opiniones de los expertos según escala endecadaria

Experto	Valor (min)	Valor (máx.)
1	0.4	0.8
2	0.3	0.9
3	0.5	0.7
4	0.4	0.9
5	0.3	0.9

Fuente: Elaboración propia

- Se agrupa las frecuencias de las opiniones, en el siguiente expertón:

Tabla 3. Expertón de frecuencias de las opiniones de los expertos

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

Fuente: Elaboración propia

- Luego procedemos a normalizar la serie:

Tabla 4. Normalización del expertón

0	
.1	
.2	
.3	0.4
.4	0.4

.5	0.2
.6	
.7	0.2
.8	0.2
.9	0.6
1	

Fuente: Elaboración propia

- Estimamos las frecuencias acumuladas:

Tabla 5. Frecuencias acumuladas en el expertón

0	1
.1	1
.2	1
.3	1
.4	0.6
.5	0.2
.6	0
.7	0
.8	0
.9	0
1	0

Fuente: Elaboración propia

- Calculo de la media:

Tabla 6. Cálculo de la media del expertón

0	1	1
.1	1	1
.2	1	1
.3	1	1
.4	0.6	1
.5	0.2	1
.6	0	1
.7	0	1
.8	0	0.8
.9	0	0.6
1	0	0

Banda: [0.38, 0.84]

Fuente: Elaboración propia

Contraexpertizaje:

Consiste en volver a realizar la valuación de la opinión de los expertos que construyen el índice, en función de las dimensiones y la variación bianual, para reducir la incertidumbre y llegar a datos más precisos. Dicha metodología ha sido utilizada en gestión empresarial por Casanovas y Fernández (2003), permitiendo disminuir la incertidumbre en los intervalos representados. Del mismo modo García y Dolan (1997) utilizan dichas técnicas en problemas de valoración empresarial.

Por ejemplo:

Para reducir la banda propuesta del índice sintético de Desarrollo Sostenible tendremos: El nuevo grupo de expertos opinara sobre la banda [27.5; 34.3] utilizando la siguiente escala semántica:

- 0: El valor de 27.5 es el correcto
- 0.1: Prácticamente 27.5
- 0.2: Casi 27.5
- 0.3: Cercano a 27.5
- 0.4: Más cerca de 27.5 que de 34.3
- 0.5: Tan cerca de 27.5 como de 34.3

- 0.6: Más cerca de 34.3 que de 27.5
- 0.7: Cercano a 34.3
- 0.8: Casi 34.3
- 0.9: Prácticamente 34.3
- 1: El valor de 34.3 es el correcto

Tabla 7. Valuación de los expertos en el contraexpertizaje

Experto	Valor (min)	Valor (máx.)
1	0.4	0.7
2	0.6	0.8
3	0.1	0.9
4	0.3	0.8
5	0.5	1

Fuente: Elaboración propia

- Se estima la frecuencia

Tabla 8. Frecuencia del expertón en el contraexpertizaje

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

Fuente: Elaboración propia

- Se normaliza:

Tabla 9. Normalización del expertón en el contraexpertizaje

0	
.1	0.2
.2	

.3	0.2
.4	0.2
.5	0.2
.6	0.2
.7	0.2
.8	0.4
.9	0.2
1	0.2

Fuente: Elaboración propia

- Se calcula las frecuencias acumuladas

Tabla 10. Frecuencias acumuladas expertón en el contraexpertizaje

0	1	1
.1	1	1
.2	0.8	1
.3	0.8	1
.4	0.6	1
.5	0.4	1
.6	0.2	1
.7	0	1
.8	0	0.8
.9	0	0.4
1	0	0.2

Fuente: Elaboración propia

Aplicamos la siguiente fórmula:

$$A + (A^* - A) \times \text{Expertón}$$

En nuestro caso:

$$27.5 + (34.3 - 27.5) \times \text{Expertón}$$

$$27.3 + (6.8) \times \text{Expertón}$$

Cálculo de índice final:

Tabla 11. Calculo del contraexpertizaje

0	1	1	0	34.3	34.3
.1	1	1	.1	34.3	34.3
.2	0.8	1	.2	32.94	34.3
.3	0.8	1	.3	32.94	34.3
.4	0.6	1	.4	31.58	34.3
.5	0.4	1	.5	30.22	34.3
.6	0.2	1	.6	28.86	34.3
.7	0	1	.7	27.5	34.3
.8	0	0.8	.8	27.5	32.94
.9	0	0.4	.9	27.5	30.22
1	0	0.2	1	27.5	28.86

Banda: [30.08 ; 33.21]

Por lo tanto el índice final de Desarrollo Sostenible para un determinado país está entre la banda de: [30.08, 33.21].

Todos los índices son calculados de la misma manera aplicando el contraexpertizaje, para las cuatro dimensiones y por país.

Indicadores estadísticos

- ✓ Índice Bienestar Económico Sostenible (IBES)
- ✓ Índice de Progreso Genuino (IPG)
- ✓ Producto Interno Neto Sostenible (PINS)
- ✓ Huella Ecológica (HE)

Optimización de índices Globales de Desarrollo Sostenible

Se estima, por ejemplo, que para una determinada economía necesita abordar la mejor estrategia para alcanzar los mejores valores del Índice de Desarrollo Sostenible.

En este caso está formado por conjuntos de expertos de tres organismos expertos: Organización para la Cooperación Desarrollo Económico (OCDE), Organización Naciones Unidas (ONU), Unión Europea (UE).

Ponderación de los Expertos: Por su experiencia y conocimiento, cada experto tendrá un peso diferente a la hora de evaluar el objetivo.

Método multivalente en la construcción de indicadores para el desarrollo sostenible.

OCDE: 8/10

UE: 5/10

ONU: 7/10

Para la toma de decisiones, deberemos tener en cuenta que el Peso Relativo de cada uno de ellos es:

$$.8 + .5 + .7 = 2$$

OCDE: Tiene un peso relativo de $.8/2 = .40$

ONU: Tiene un peso de $.5/2 = .25$

UE: Tiene un peso relativo de $.7/2 = .35$

Definición y ponderación de las características del objetivo alcanzar:

Los Expertos consideran que el objetivo a lograr del índice estará conformado por variables de las cuatro dimensiones:

- Medioambiental (D1)

- Institucional:(D2)

- Económica:(D3)

-Social:(D4)

Los Expertos consideran que el objetivo alcanzar para construir el índice global de Desarrollo Sostenible, debe manejar las siguientes características: (solo a título de ejemplo, son estudiados para las 4 Dimensiones, en forma global: (grupos)

- D1
- D2
- D3
- D4

Para OCDE es:

IOCDE=	D1	D2	D3	D4
	.1	.6	.3	.5

Para ONU

IONU =	D1	D2	D3	D4
	.9	.5	.4	.6

Para UE

I UE =	D1	D2	D3	D4
	.8	.6	.1	.3

Agregación de la opinión de los 3 ORGANISMOS Expertos respecto a cómo debe ser abordado el INDICE:

$$D1: .4 \times 1 + .25 \times .9 + .35 \times .8 = .905$$

$$D2: .4 \times .6 + .25 \times .5 + .35 \times .6 = .575$$

$$D3: .4 \times .3 + .25 \times .4 + .35 \times .1 = .255$$

$$D4: .4 \times .5 + .25 \times .6 + .35 \times .3 = .455$$

Siempre teniendo en cuenta la ponderación, tenemos:

IOC,O,UE =	D1	D2	D3	D4
	.905	.575	.255	.455

Hay 3 estrategias que podrían a evaluarse para el ESTUDIO implementados para los países: Suecia, Austria, Dinamarca.

Según OCDE:

Suecia =	D1	D2	D3	D4
	.5	.6	.2	.9

Según ONU:

Suecia =	D1	D2	D3	D4
	.4	.3	.9	.5

Según EU:

Suecia =	D1	D2	D3	D4
	.3	.9	.3	.9

Para la agregación de las evaluaciones dados por los expertos para cada grupo de países, se sigue las aportaciones de Hutchinson, Lo y Poggio, (1994) que permiten asignar el peso correspondiente a las distintas valuaciones.

Realizando las agregaciones ponderadas tenemos:

$$D1: .4 \times .5 + .25 \times .4 + .35 \times .3 = .405$$

$$D2: .4 \times .6 + .25 \times .3 + .35 \times .9 = .63$$

$$D3: .4 \times .2 + .25 \times .9 + .35 \times .3 = .41$$

$$D4: .4 \times .9 + .25 \times .5 + .35 \times .9 = .8$$

SOC,O,U=

D1	D2	D3	D4
[.445,.525]	[.32, .395]	.73	[.73, 805]

Austria:

A OC,O,U=

D1	D2	D3	D4
.565	[.565, 635]	.6	.67
			[.455, 605]

Dinamarca:

DOC,O,U =

D1	D2	D3	D4
.565	[.565, 635]	.6	.67
			[.455, 605]

Tenemos que el INDICE ideal:

IOC,O,U =

.905	.575	.255	.455
------	------	------	------

Comparamos:

SOC,O,U =

D1	D2	D3	D4
.40	.63	.4	.8

A OC,O,U =

D1	D2	D3	D4
[.445,.525]	[.32, 395]	.73	[.73, .805]

DOC,O,U =

D1	D2	D3	D4
.565	[.565, .635]	.67	[.455, .605]

Hallaremos los Índices de Máximo y Mínimo Nivel (I)

Entre el Ideal \rightarrow y SUECIA

	D1	D2	D3	D4
IOC,O,U	.905	.575	.255	.455
SOC,O,U	.405	.63	.4	.8

$$I(I, S) = .377 | .905 - .405 | + .319 [0 \vee (.575 - .63)] + .045 | .255 - .41 | + .256 [0 \vee (.455 - .8)]$$

Cuadro 1. Calculo de la ponderación ideal

D1	.377
D2	.319
D3	.045
D4	.256

Fuente: Elaboración propia

$$I(I, S) = .195$$

Para Austria:

IOC,O,U =

D1	D2	D3	D4
.90	.575	.255	.455

A OC,O,U =

[.445, .525]	[.32, 395]	.73	[.73, .805]
--------------	------------	-----	-------------

Cuadro 2. Ponderación ideal para cálculo de la distancia para Austria

D1	.377
D2	.319
D3	.045
D4	.256

Fuente: Elaboración propia

Intervalos de Confianza [Max, min]

Operaciones con intervalos de confianza han sido mostradas ampliamente en el campo empresarial donde García y Dolan (1997) muestran dichos cálculos para su aplicación en problemas que permitan atrapar la incertidumbre de la siguiente manera;

Suma de Intervalos de Confianza

$$[a1, a2] (+) [b1, b2] = [a1 + b1, a2 + b2]$$

$$[2, 3] (+) [1, 4] = [2 + 1, 3 + 4] = [3, 7]$$

Sustracción de Intervalos de Confianza

$$[a1, a2] (-) [b1, b2] = [a1 - b2, a2 - b1]$$

$$[2, 3] (-) [1, 4] = [2 - 4, 3 - 1] = [-2, 2]$$

Producto de Intervalos de Confianza

$$[a1, a2] (\bullet) [b1, b2] =$$

$$[\text{Min } \{a1 \bullet b1, a1 \bullet b2, a2 \bullet b1, a2 \bullet b2\}, \text{Max } \{a1 \bullet b1, a1 \bullet b2, a2 \bullet b1, a2 \bullet b2\}]$$

$$[2, 3] (\bullet) [1, 4] =$$

$$[\text{Min } \{2 \bullet 1, 2 \bullet 4, 3 \bullet 1, 3 \bullet 4\}, \text{Max } \{2 \bullet 1, 2 \bullet 4, 3 \bullet 1, 3 \bullet 4\}]$$

Método multivalente en la construcción de indicadores para el desarrollo sostenible.

$$[\text{Min } \{2, 8, 3, 12\}, \text{Max } \{2, 8, 3, 12\}] = [2, 12]$$

Hallaremos los Índices de Máximo y Mínimo Nivel... entre el Ideal y Austria

IOC, O, U =

D1	D2	D3	D4
.905	.575	.255	.455

AOC, O, U =

D1	D2	D3	D4
[.445, .525]	[.32, 395]	.73	[.73, .805]

D1	.377
D2	.319
D3	.045
D4	.256

$$I(I, A) = [.222, .276]$$

Y para Dinamarca

IOC, O, U =

D1	D2	D3	D4
.905	.575	.255	.455

DOC, O, U =

D1	D2	D3	D4
.565	[.565, .635]	.67	[.455, .65]

$$I(I, D) = [.146, .15]$$

Obtenemos de este modo, los grados de desemejanza entre cada una de las estrategias de cada país y el perfil ideal

La estrategia con un Índice Inferior será el que más se acerque al Ideal

Suecia: $I(I, S) = .195 = [.195, .195]$

Austria: $I(I, A) = [.222, .276]$

Dinamarca: $I(I, D) = [.146, .15]$

Por tanto, tenemos:

Dinamarca Suecia Austria
 $[.146, .15] < .195 < [.222, .276]$

Entonces:

Dinamarca [.146, .15] es la estrategia más cercana al perfil ideal.

Suecia .195 es un buen recambio, ya que solo se distancian en:

$$.195 (-) [.146, .15] = [.045, .049].$$

Austria [.222, .276] es la última estrategia a tener en cuenta

3. FORMULACIÓN DEL MODELO DIFUSO

El modelo de Verdegay (1992), es aplicado en los modelos deterministas con restricciones de capacidades (MDRC), en el cual se considera que las restricciones de componentes de índice sintético y de capacidad de intervención, son imprecisas, mientras que la función objetivo y los costos asociados son deterministas. Teniendo en cuenta estos aspectos, se define el modelo de conjunto factible difuso (MCFD-2):

$$\text{Min } z: \sum_{t=1}^T [\sum (A(i)l_{i,t}^- + H(i)l_{i,t}^+ + C(l) \delta_{i,t} + \sum_{k=1}^K 0(k, t)y_{k,t}]$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^P (U(i, k)x_{i,t} + S(i, k) \delta_{i,t}) \leq 1 + y_{i,t} - \alpha p_{k,t}^c \quad k=1, \dots, K \quad t=1, \dots, T$$

$$l_{i,t}^+ - l_{i,t}^- = \sum_{t=1}^{t-1, T(1)} x_{i,t} + l(i, 0) - \sum_{t=1}^t (D(i, t) + \alpha p_{i,t}^d) + \sum_{j=1}^P (R(i, j) x_{j,t} + W(l, j) \delta_{i,t}) \quad i=1 \dots P \quad t=1, \dots, T$$

$$\sum_{t=1}^{t-LT(i)} x_{i,t+1} (i, 0) - \sum_{t=1}^t \sum_{j=1}^P (R(i, j) x_{j,t} + W(l, j) \delta_{i,t}) \geq 0 \quad K=1, \dots, K \quad t=1, \dots, T$$

$$y_{k,t} \leq F(k, t) \quad k=1, \dots, K \quad t=1, \dots, T$$

$$\delta_{i,t} M \geq x_{i,t} \quad i=1, \dots, P \quad t=1, \dots, T$$

$$\delta_{i,t} \in \{0, 1\} \quad i=1, \dots, P \quad t=1, \dots, T$$

$$x_{i,t} \geq 0 \quad i=1, \dots, P \quad t=1, \dots, T$$

$$y_{k,t} \geq 0 \quad k=1, \dots, K \quad t=1, \dots, T$$

$$l_{i,t}^+ \geq 0 \quad i=1, \dots, P \quad t=1, \dots, T$$

$$l_{i,t}^- \geq 0 \quad i=1, \dots, P \quad t=1, \dots, T$$

El modelo desarrollado puede resolverse utilizando cualquier lenguaje de programación que pueda resolver modelos de optimización. Aquí utilizamos el del código GAMS pero también puede aplicarse AMPL, LINGO, MPL.

4. RESULTADO

Disponiendo de las cantidades difusas para cada índice y subíndice que compone los cuatro componentes del desarrollo sostenible, que representarían los esfuerzos necesarios para cubrir las necesidades básicas de sostenibilidad en cada país, se procedió a obtener resultados para los 15 países a los distintos niveles o alfa-cortes que permite el modelo, facilitando tomar decisiones en materia de sostenibilidad.

Se pretende con este modelo que en base a los indicadores que se presenten para el estudio, lograr un perfil ideal, para ir acercándose mediante estrategias lo más cercano posible, reconociendo las debilidades de cada país y las exigencias del índice de medición. Esto se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 3. Resultados para el perfil ideal del índice basado en los indicadores

α	Z
0.1	45,887934
0.2	48,3243265
0.3	51,8476548
0.4	54,5238935
0.5	58,0879824
0.6	63,4128965
0.7	72,2948879
0.8	74,2545983
0.9	79,4969432
1	82,1246257

Fuente: Elaboración propia

5. CONCLUSIÓN

La lógica difusa permitió el diseño y utilización de la medición de los elementos que componen el índice global de desarrollo sostenible en sus cuatro componentes en términos de umbrales en lugar de las tradicionales cifras precisas. Se obtuvo las bandas del valor de dicho índice para 15 países de la Unión Europea.

Permitió el manejo del dato real, con toda la entropía posible, alcanzando la utilización de informaciones valoraciones difíciles de tratar para su transformación en información precisa y objetiva. Se obtuvo que el valor del índice de desarrollo sostenible para estos 15 países de la unión oscila entre [45.88, 82.12] reflejándose de esta manera los comportamientos de la Unión Europea en los periodos enero septiembre 2002 a 2012.

Con la determinación de las deficiencias se desarrolló un modelo de conjunto factible difuso MCFD-2: donde se determinan los índices de sostenibilidad y los esfuerzos en términos de costos para darle un giro a la región, en un momento determinado.

6. REFERENCIAS

Brockett, P.; Cooper, W.; Golden, L. y Pitaktong, U. (1994) A neural method for obtaining early warning of insurer insolvency. *The Journal of Risk and Insurance*, vol. 61, number 3.

Casanovas, M.; Fernández, A. (2003) *La gestión de la tesorería en la incertidumbre*. Ediciones Pirámide

García, S. y Dolan, S. (1997). *La dirección por Valores*. Madrid, España: Edit. McGraw Hill.

González, F.; Martín, D.; Fernández, M.; (2004) *Medición del desarrollo sostenible y análisis regional: diseño y aplicación de un índice sintético global a las comunidades autónomas españolas*. *Revista Investigaciones Regionales*. 5 – Páginas 91 a 112. ISSN: 1695-7253. Asociación Española de Ciencia Regional España.

Hutchinson, J.; Lo, A.; Poggio, T. (1994) *A nonparametric approach to pricing and hedging derivatives securities via learning networks*, *The Journal of Finances* vol XLIX. Núm 3.

Lechón, P.; Cabestre, F.; Santamaría, R. (1997) *Valoración de opciones mediante inteligencia artificial: contraste empírico con las opciones Ibex-35*. *Actualidad Financiera*, Núm.2

Schein, Edgar H. (2004) *Organizational Culture and Leadership*. 3rd ed. p. cm. (The Jossey-Bass business & management series). ISBN 0-7879-6845-5

Schein, E. (1988). *La cultura empresarial y el liderazgo. Una visión dinámica*. Plaza & Janes Editores. P.

Spradley ; McCurdy (1975): *Conocimiento adquirido que las personas utilizan para interpretar su experiencia y generar comportamientos*.

Spradley James P. and David McCurdy. 1975 *Anthropology: The Cultural Perspective*, Nueva York, John Wiley and Sons.

Stephen P. Robbins. *Comportamiento Organizacional*. 10ma ed Stephen Pearson. ISBN 970-26-0423-0. Impreso en México. Printed in México

Tinto, J.; Hurtado, A. (2009) *Nueva técnica para medir la pobreza utilizando la teoría de la incertidumbre*. *Revista Economía* Número 28. Universidad de Los Andes.

Tinto, J.; Hurtado A.; Saccidi Zerpa (2011) *Medición de la calidad de vida en Mérida a través de la lógica difusa*. *Revista Economía* Número 32. Universidad de Los Andes.

Verdegay, J.L.; Herrera, F., Kovacs, M. (1992) *Un concepto óptimo para problemas de programación de Linnear Fuizyfyied: un enfoque paramétrico Data Mountains*. *Mathematical Publications*. Vol. 1