

I. Fander Falconi¹: “La sustentabilidad de la economía ecuatoriana bajo una perspectiva de análisis multicriterio”

Este artículo presenta una aplicación de análisis multicriterio, con el objeto de examinar los cambios en la economía ecuatoriana registrados durante el período de 1970-1998. Se entiende por análisis multicriterio a la examinación y evaluación de un tema (en este caso, la economía ecuatoriana) de una manera multi-dimensional, utilizando un conjunto de diversos indicadores, los cuales pueden emitir señales contradictorias de la sustentabilidad ecológica y económica del país.

Este artículo presenta 4 partes: La Sección 1 proporciona una visión preliminar del análisis multicriterio. La Sección 2 presenta el método de NAIADE, la herramienta que se ha utilizado para aplicar el análisis multicriterio. La Sección 3 analiza la aplicación del análisis multicriterio, para evaluar los cambios en la economía ecuatoriana, lo cual implica, estructurar información heterogénea de una manera que permita realizar una evaluación de los cambios respecto a indicadores específicos de desempeño. En este caso, los indicadores seleccionados para el análisis multicriterio son: (1) desempeño ambiental; (2) desempeño social; (3) desempeño tecnológico; y (4) desempeño económico. Se ha estructurado el problema de diferentes maneras, dependiendo de la aplicación del análisis multicriterio. La Sección 4 presenta las conclusiones.

1. Análisis Multicriterio

La medición del grado de progreso de una sociedad hacia la sustentabilidad es muy importante e involucra un amplio número de elementos, entre los cuales los más importantes son los aspectos ambientales, sociales, tecnológicos y económicos. Si existe un amplio número de elementos que interactúan, entonces la noción de desarrollo sustentable debe ser interpretada en la forma más amplia.

Una consecuencia de incluir varias dimensiones en el análisis multicriterio es la imposibilidad de maximizar todas las dimensiones al mismo tiempo (Roy, 1985). Como

¹ FLACSO ECUADOR, Coordinador del programa de economía.

resultado, más que encontrar “soluciones óptimas”, el decidor de políticas tiene que encontrar “soluciones compromiso” (Martínez-Alier *et al.*, 1998).

Si conceptos como sustentabilidad son multidimensionales, porque incluyen diferentes dimensiones medioambientales, y también factores ambientales, sociales y económicos, entonces una evaluación integrada tiene que basarse en procedimientos que explícitamente requieren integrar diferentes puntos de vista, muchos de ellos contradictorios. La pregunta clave es si los indicadores ambientales son contradictorios entre ellos. Hasta ahora, el análisis multicriterio es en principio una herramienta adecuada para tomar decisiones que incluyen conflictos sociales, económicos y objetivos de conservación del medio ambiente.

Un problema multicriterio (con un discreto número de alternativas) puede ser explicado de la siguiente forma: A es un conjunto finito de n acciones posibles (o alternativas); m es el número de diferentes puntos de vista o criterios de evaluación g_i $i=1,2,...,m$ considerados relevantes en un problema de decisión, donde la acción a es evaluada mejor que la acción b (ambas pertenecientes al conjunto A) según el i -ésimo punto de vista, si $g_i(a) > g_i(b)$. En esta forma, un problema de decisión puede ser representado en una matriz de forma tabular. Dado los conjuntos A (de alternativas) y G (criterios de evaluación) y asumiendo la existencia de n alternativas y m criterios, es posible construir una matriz P ($n \times m$) denominada matriz de evaluación o impacto, cuyos elementos típicos son p_{ij} ($i=1,2,...,m$; $j=1,2,...,n$) que representan la evaluación de la alternativa j -ésima con el criterio i -ésimo. La matriz de impacto puede incluir información cuantitativa, cualitativa, o ambos tipos de información (Munda, 1995; Martínez-Alier *et al.*, 1998).

La mayor ventaja de los modelos multicriterio es que permiten considerar un amplio número de datos, relaciones y objetivos, que generalmente están presentes en un problema de decisión específica del mundo real, de tal modo que el problema de decisión a manejar, puede ser estudiado de una manera multidimensional. Una acción a puede ser mejor que una acción b de acuerdo a un criterio y peor según a otro.

Un amplio número de métodos multicriterio han sido desarrollados y aplicados para diferentes propósitos de política, en diferentes contextos. Munda (1995) proporciona una perspectiva de estos métodos. Dado que este caso de estudio se caracteriza por información cuantitativa, la opción del método multicriterio no está relacionado a un método en particular debido a que en principio, todos los métodos multicriterio pueden ser aplicados. Se ha escogido el método NIADE debido a que es un método desarrollado para la Evaluación Ambiental Integrada (EIA). NIADE también es apropiado para la modelización económica-ecológica ya que incorpora varios grados de precisión con relación a las variables consideradas en esta investigación.

2. Método NIADE

Un método creado para las aplicaciones EIA es el método conocido como NIADE (Munda, 1995). NIADE (**N**ovel **A**pproach to **I**mprecise **A**ssessment and **D**ecision **E**nvironments) es un método multicriterio discreto², cuya matriz de impacto (o evaluación) puede incluir medidas claras, estocásticas o indefinidas del desempeño de una alternativa con respecto al criterio de evaluación, por tanto, éste método es muy flexible para aplicaciones del mundo real.

En resumen, NIADE puede proporcionar la siguiente información:

1. Clasifica a las alternativas de acuerdo a un conjunto de criterios de evaluación (ej. solución(es) compromiso).
2. Proporciona indicios sobre la distancia de las posiciones de los diferentes grupos de interés (ej. posibilidades de convergencia de intereses o formación de coaliciones).
3. Sitúa a las alternativas de acuerdo a los impactos o preferencias de los actores.

La clasificación multicriterio puede ser considerada más “técnica”. Esto quiere decir, por ejemplo, en un problema de EIA, algunas opciones alternativas pueden ser evaluadas de acuerdo a un conjunto de criterios socio-económicos y ambientales. Estos criterios deben ser escogidos de tal manera que reflejen los valores de los actores (o sus preferencias o

²Pueden existir varias o pocas alternativas en el análisis multicriterio. De hecho, el número de alternativas en el análisis multicriterio pueden variar entre 1, cualquier número discreto o infinito.

intereses) o pueden ser escogidos directamente por los actores afectados. Sin embargo, en principio la determinación de los criterios de evaluación es independiente de las preferencias de éstos. Por ejemplo, un grupo de interés puede aceptar utilizar un criterio de evaluación que mida los efectos de las diferentes alternativas sobre el empleo, pero su determinación no puede (al menos no completamente) ser controlada por ellos (lo mismo se puede aplicar por ejemplo a los indicadores de impacto ambiental). Adicionalmente, la clasificación es una consecuencia de considerar todos los criterios simultáneamente (en búsqueda de una solución compromiso).

Al contrario, la calificación de impacto de cada alternativa para cada grupo de interés es mucho más directa. Tal calificación debe ser determinada por el grupo mismo (o de todas maneras, debe ser una consecuencia directa de sus preferencias). Los conflictos irreconciliables pueden existir entre diferentes coaliciones o hasta entre grupos individuales. El análisis de políticas puede estar condicionado a juicios de valor poderosos tales como el hacer que todos los actores tengan la misma importancia (peso)?. ¿Debería una clasificación socialmente deseable ser obtenida sobre la base del principio de la mayoría? ¿Debería concederse algún poder de veto a las minorías? ¿Son los efectos de la distribución del ingreso importantes? Y así sucesivamente.

NAIADE permite que se realicen dos tipos de evaluaciones. La primera está basada en los valores del puntaje asignado al criterio de cada alternativa y se la ejecuta por medio del uso de una matriz de impacto (alternativas versus criterios). La segunda analiza los conflictos entre los diferentes grupos de interés y la posible formación de coaliciones dependiendo de las alternativas propuestas (matriz de equidad: evaluación lingüística de las alternativas realizada por cada grupo). En este caso, se realiza el primer tipo de evaluación.

3. Aplicación del Análisis Multicriterio

a) 3.1 Definición del problema

El objetivo es realizar una evaluación económico-ambiental integrada de la economía ecuatoriana por medio del estudio de las dimensiones ambientales, sociales, tecnológicas y económicas involucradas, utilizando el análisis multicriterio para el período 1970-1998. Se mide el progreso de la economía ecuatoriana hacia la (in) sustentabilidad a través de una variedad de indicadores. Además, se realizan comparaciones con América Latina y El Caribe (ALC) y el promedio mundial.

El hecho de dividir a las preguntas relacionadas a la sustentabilidad en tres categorías: económica, social y ecológica, se ha convertido en una práctica común. Esta demarcación se refiere, en primer lugar, a la naturaleza del sistema o de la peculiaridad que está siendo sostenida; y en segundo lugar, al tipo de unidades utilizadas en la evaluación. Las distinciones son hasta cierto punto convencionales y claramente, no exclusivas. Lo económico puede ser entendido como parte de lo social, y en la categoría social se puede incluir características del mundo natural que tiene distintos significados sociales o culturales (Faucheux *et al.*, 1998). Los indicadores de sustentabilidad tienden también a ser agrupados bajo estas tres categorías. Dado que estas demarcaciones son muy convencionales y pueden incorporar otras dimensiones, se ha añadido la categoría tecnológica para esta aplicación, considerando que esto es relevante para examinar la sustentabilidad del Ecuador.

No sería necesario aplicar el análisis multicriterio si todos los indicadores son dominantes. En el contexto de multicriterio, el dominio significa que una acción *a* domina una acción *b* si *a* es al menos tan buena como *b* para todos los criterios que están siendo considerados, y mejor que *b* al menos en un criterio (Munda, 1995).

Sin embargo, existen signos contradictorios en cuanto a la (in) sustentabilidad del Ecuador que solo pueden ser tratados al utilizar indicadores inconmensurables de desempeño que pertenecen a los dominios descriptivos no-equivalentes. Por signos opuestos, se entiende que algunos indicadores económicos mejoran (por ejemplo, el PNB per cápita creció de US\$ 870 a US\$ 1,524, dólares constantes de 1995, entre 1970 y 1998), mientras que algunos

indicadores ambientales empeoraron (por ejemplo, la tierra no agrícola como un porcentaje de la tierra total disminuyó del 83% al 71% en el mismo período). Inclusive, pueden existir tendencias contradictorias entre los indicadores ambientales. Entonces, esto significa que: ¿la economía ecuatoriana se volvió más o menos sustentable durante este período? Este problema llama a la necesidad de un análisis multicriterio.

b) 3.2 Construcción de la matriz de impacto

Como se mencionó anteriormente, el punto de partida es la creación de la Matriz de Impacto (Criterio/Alternativa). La primera columna contiene los criterios de evaluación y la primera fila, las alternativas.

c) 3.3 Definición de indicadores

(1) La elección de indicadores

Se ha estructurado la información de tal manera que sea posible evaluar los cambios con relación al desempeño de indicadores relevantes. En este caso, los objetivos seleccionados son: (1) desempeño ambiental; (2) desempeño social; (3) desempeño tecnológico; y (4) desempeño económico.

Cada indicador (con datos en el ámbito de país) ha sido escogido debido a que representa un aspecto particular de evaluación por el cual fue seleccionado. Al aplicar el análisis multicriterio, se priorizan los indicadores que son: robustos, simples de construir, que proporcionan una explicación del problema que está siendo investigado, que provienen de fuentes de información confiable, y que también permiten realizar comparaciones entre América Latina y el promedio mundial. Por esta razón, un número de índices compuestos, tales como el Índice de Bienestar Económico Sustentable (IBES) de Daly y Cobb o la huella ecológica, han sido excluidos..

Los indicadores seleccionados son:

Económicos

- PNB per capita = PNB dividido para la población.
- PEL= Productividad Económica Laboral - La tasa de generación de valor agregado por unidad de trabajo humano. La PEL es el valor de la producción final de bienes y servicios de un país al año, medida en términos de valor agregado neto, dividido para las horas de trabajo proporcionadas por la población económicamente activa (PEA). Para calcular los valores de la PEL, se deben conocer datos sobre el PIB y sobre la oferta de trabajo. La oferta de trabajo es proporcional a: (1) tamaño de la fuerza de trabajo³; (2) desempleo; y (3) carga de trabajo anual de la fuerza laboral.
- Servicio de la deuda (como % del PIB)= Servicio de la deuda (amortización más intereses) dividido para el PNB.

4. Carga ambiental

- Tierra agrícola (como % de la tierra total) = Tierra agrícola (tierra arable + cultivos + pastos) dividido para la tierra total. Los cultivos y pastos han reemplazado en buena medida a los bosques, por tanto, lo inverso de este indicador es una aproximación de la deforestación.
- Consumo de fertilizantes por hectárea de tierra arable = Cantidad de fertilizante (nitrógeno + fosfato + potasio) consumido en toneladas métricas en agricultura por un país anualmente, dividido para la tierra arable.
- Emisiones de CO₂ per cápita = Emisiones totales de CO₂ al año dividido para la población.

Social

- Calidad de la dieta = Refleja la composición de productos animales utilizados en la dieta. Al dividir la provisión per cápita de kcal. de productos animales para la provisión total per cápita de kcal.

³ La fuerza de trabajo total incluye a personas que cumplen con la definición de Población Económicamente Activa de acuerdo a la Organización Internacional de Trabajo: todas las personas que proporcionan trabajo para la producción de bienes y servicios durante un período específico. Incluye tanto los empleados como los desempleados, de acuerdo al Banco Mundial/BIRF (2000).

(productos animales más productos vegetales), se obtiene la calidad de la dieta.

- Tasa de analfabetismo total adulta = Población analfabeta (% de personas desde los 15 años en adelante) dividida para la población total.
- Esperanza de vida al nacer = El número promedio de años que una persona puede esperar vivir a los niveles actuales de mortalidad.

Tecnológicos

- Consumo de energía per cápita = Consumo de energía total dividido para la población.
- Producción de cereales = La producción cosechada por unidad de área cosechada para el cultivo de cereales.
- TME_{TR} = Tasa Metabólica Exosomática de Trabajo Remunerado – La tasa de consumo de energía exosomática por unidad de actividad humana. La Tasa Metabólica Exosomática (TME) es el consumo final de energía de un país, en un año, dividido por las horas de la actividad humana gastadas en el mismo período. Cuando se usa trabajo remunerado el consumo final exosomático tiene que dividirse por la fuerza laboral, descontando el desempleo.

Algunos indicadores deben ser minimizados (el servicio de la deuda como % del PIB, la tierra agrícola como % del consumo total de fertilizantes, emisiones de CO₂ per cápita, tasa de analfabetismo), mientras que otros indicadores deben ser maximizados (PNB per cápita, productividad económica laboral, calidad de la dieta, esperanza de vida al nacer, consumo de energía per cápita, producción de cereales, tasa metabólica exosomática).

¿Por qué se maximiza el consumo de energía per cápita y la TME_{TR} ? Para el Ecuador, en esta etapa de desarrollo, un mayor consumo de energía implica una capitalización de su economía. En el caso de un país desarrollado, esta situación no sería deseable; por el contrario, la situación deseable sería utilizar menos energía en términos tanto absolutos como relativos. La razón de energía exosomática/endosomática del Ecuador fue de

aproximadamente 6/1 en 1998, mientras que muchos países desarrollados poseen una razón exo/endo mayor de 30/1.

También se puede discutir si es apropiado maximizar la calidad de la dieta (kcal de productos animales/kcal totales de productos animales y vegetales) debido a que algunas personas escogen una dieta vegetariana, sin embargo, en este caso, se asume que es mejor consumir más alimentos de tipo animal dentro de la dieta. La Tabla 1 muestra los indicadores seleccionados.

TABLA 1

Indicadores seleccionados

Criterio	Unidad	Tipo de criterio	Tipo de objetivo
PNB per capita	US\$ constantes 1995	Numérico	Maximizar
Productividad Económica Laboral	US\$ de 1995 por hora	Numérico	Maximizar
Servicio de la Deuda (% of PNB)	%	Numérico	Minimizar
Tierra agrícola (% de la tierra total)	%	Numérico	Minimizar
Consumo de fertilizantes por ha de tierra arable	100 gramos por ha	Numérico	Minimizar
Emisiones de CO ₂ per capita	TM	Numérico	Minimizar
Calidad de la dieta (Kcal de productos animales/total de Kcal)	%	Numérico	Maximizar
Tasa de analfabetismo, total de adultos	%	Numérico	Minimizar
Esperanza de vida, total	Año	Numérico	Maximizar
Consumo de energía per capita	GigaJoule por año	Numérico	Maximizar
Producción de cereales	Kg por ha	Numérico	Maximizar
Tasa Metabólica Exosomática de Trabajo Remunerado	GJ por hora	Numérico	Maximizar

A continuación, se hace un comentario general con respecto a la correlación, la redundancia y las fuentes de datos de los indicadores.

3.3.2 Correlación/redundancia de indicadores

En términos estadísticos, algunos indicadores están correlacionados y pueden parecer redundantes. El PNB per cápita y el consumo de energía se encuentran fuertemente correlacionados entre 1970 y 1998 (+0.844)⁴, pero éstos dos no son redundantes ya que hacen posible ver diferentes cosas, o porque expresan descripciones no-equivalentes. Sin embargo, para ciertos propósitos, si son redundantes. Por ejemplo, se puede utilizar ya sea el PNB per cápita o el consumo de energía per cápita para saber si Japón es más desarrollado que el Ecuador, pero no se les puede utilizar si uno desea saber cuál es su carga ambiental relativa.

⁴ Se utiliza la correlación de Pearson's (una opción del Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales) con datos de 1970-1998. La correlación puede ser aceptada a un nivel de significancia del 99%.

La distinción entre PNB por persona y PLE (Productividad Laboral Económica), así como también entre consumo de energía por persona y TME_{TR} (Tasa Metabólica Exosomática del Trabajo remunerado)⁵, es crucial debido a que pueden diferir significativamente con relación a las tendencias demográficas. Tan pronto como se pueda buscar una descripción dinámica del sistema (incluyendo tendencias evolutivas), se puede establecer inmediatamente una relación:

$$PNB = f(PEL, \text{razón de dependencia, desempleo, carga de trabajo})$$

La razón de dependencia es la fracción de la población que puede ser incluida en la fuerza laboral (dependiendo de la tasa de fertilidad, expectativa de vida, edad de retiro del empleo).

¿Por qué deberíamos perder esta valiosa información? Pero aún más importante es la utilidad de mantener separado el consumo de energía total y el TME_{TR} . De hecho, se puede escribir una relación similar a la anterior (basándose en una perspectiva productiva):

$$TET = f(TME_{TR}, \text{razón de dependencia, desempleo, carga de trabajo, SOET})$$

$SOET = ET_{HH}/ET_{PW}$ = Infraestructura social en inversiones de energía exosomática en trabajo remunerado;

ET_{HH} = J de energía exosomática consumida al año en el sector de los hogares (HH);

ET_{PW} = J de energía exosomática consumida al año en Trabajo Remunerado (TR).

Además, existe otra relación basada en el análisis del consumo:

$$TET = g(EMR_{HH}, SOHA, SOET)$$

EMR_{HH} = Tasa Metabólica Exosomática por hora de Actividad Humana en HH;

⁵ La correlación entre PNB per cápita y PEL es 0.947, y la correlación entre consumo de energía per cápita y EMR_{PW} es 0.956 entre 1970 y 1998 (puede ser aceptada a un nivel de significancia del 99%).

SOHA = Infraestructura Social del recurso “Actividad Humana” = horas de no- trabajo por hora de tiempo de trabajo: $SOHA = HA_{HH}/HA_{PW}$;
 HA_{HH} = Horas de actividad humana invertidas en HH;
 HA_{PW} = Horas de actividad humana invertidas en TR.

Claramente, tiene sentido el mantener esta distinción si más tarde en el análisis se pudiese caracterizar un sistema utilizando un conjunto integrado de indicadores (por ejemplo, el perfil de inversiones en energía, la actividad humana, así como el perfil de generación de valor agregado por parte de los diversos sectores de la economía).

La relación entre PEL y TME_{TR} es totalmente diferente. La PEL y TME_{TR} están correlacionados en términos estadísticos (+ 0.843) y estos dos indicadores son redundantes, ya que la productividad laboral se deriva de la capitalización de la economía. Por esta razón, se elimina a la PEL del análisis multicriterio, y se mantienen algunos indicadores que se relacionan a la estructura y características de la sociedad analizada, a pesar de que se encuentran correlacionados en términos estadísticos (PNB per cápita, consumo de energía per cápita y TME_{TR}).

3.3.3 Fuentes de información

(a)

Los datos pueden ser clasificados ampliamente en cuatro grupos: (a) agricultura: los datos sobre la producción agrícola (“producción de cereales”), uso de la tierra (tierra agrícola), consumo de fertilizantes, y abastecimiento de comida tanto locales como de ALC, han sido obtenidos del Internet, de la base de datos FAO-STAT de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). La composición del abastecimiento de comida (insumo para el indicador de “calidad de dieta”) de América Latina y El Caribe (ALC) es calculada como un promedio de América del Sur y Centroamérica; (b) población: los datos locales e internacionales referentes a temas tales como población y fuerza laboral del sector agrícola provienen del Banco Mundial (CD-ROM); (c) económicos y sociales: los datos locales e internacionales relacionados con temas tales como PNB, PIB, servicio de la deuda, desempleo, tasa de analfabetismo,

esperanza de vida se tomaron del Banco Mundial (CD-ROM). Los datos sobre el desempleo no se encuentran disponibles entre 1970 y 1986 (excepto por 1974, 1975 y 1975) para el Ecuador, por tanto, se utiliza una tasa fija del 5% durante esos años, basada en cifras estimadas para un número de años durante los 70, tomada de varias fuentes. La “carga de trabajo anual” fue calculada utilizando un valor fijo de las 1,800 horas por año. Para la esperanza de vida, los datos de años intermedios para el Ecuador, América Latina y el mundo tuvieron que ser calculados por medio de una interpolación; (d) Consumo de energía y emisiones de CO₂: los datos locales y de ALC relacionados al consumo de energía fueron tomados del OLADE-SIEE (2000). En cuanto a los datos de energía mundial y emisiones industriales de CO₂, éstos se obtuvieron del Banco Mundial.

3.4 Comparación en pares de los distintos indicadores

La comparación entre las evaluaciones del criterio de cada par de acciones se lo realiza por medio de la distancia semántica (en este caso de estudio de evaluación numérica, existe una diferencia entre cada par de números). Esta comparación se basa en las siguientes seis relaciones de preferencia, las cuales deben ser definidas de la siguiente manera:

$\mu \gg$ “Mucho mayor que”

$\mu \ll$ “Mucho menor que”

$\mu >$ “Mayor que”

$\mu <$ “Menor que”

$\mu \sim$ “Aproximadamente igual a”

$\mu =$ “Muy igual a”

La construcción de estas seis relaciones requiere el uso de umbrales (el parámetro C en el Método NAIADE) para cada indicador. Este es un parámetro importante que se lo utiliza para diferenciar el rol asignado a cada indicador en la construcción de las relaciones de preferencia. Para esta aplicación, los umbrales de los indicadores de sustentabilidad han sido definidos en una manera subjetiva. La Tabla 2 muestra, por ejemplo, que si el PNB

per cápita varía en US\$60 por año (en valores reales de 1995), entonces los indicadores comparados son muy iguales ($\mu =$); si el PNB per cápita varía en US\$120 por año, entonces los indicadores comparados serán aproximadamente iguales ($\mu \sim$).

Los umbrales se basan en el desarrollo histórico de cada indicador, en un esfuerzo de mantener una consistencia con la realidad social, económica y ambiental del Ecuador, dado que se asume que los umbrales se fundamentan en datos empíricos. Es importante anotar que un componente subjetivo debe ser aceptado en los métodos multicriterio. La ventaja de los métodos multicriterio es que lo subjetivo se convierte en explícito (Munda, 1995: 86-87).

TABLA 2
Umbrales seleccionados

Nombre del Indicador	Unidad	$\mu =$	$\mu \sim$	$\mu < \& \mu >$	$\mu >> \& \mu <<$
PNB per capita	US\$ constantes de 1995	60	120	180	240
Servicio de la deuda (% del PNB)	%	1,0	2,0	3,0	4,0
Tierra agrícola (% de la tierra total)	%	2	4	6	8
Consumo de fertilizantes por ha de tierra arable	100 gramos por hectárea	58	116	174	232
Emisiones de CO2 per capita	TM	0,2	0,3	0,5	0,6
Calidad de la dieta (Kcal animal/Total Kcal)	%	0,4	0,7	1,1	1,5
Tasa de analfabetismo, total de adultos	%	1,5	3	4,5	6,0
Esperanza de vida al nacer, total	Año	1,2	2,4	3,6	4,8
Consumo de energía per capita	GigaJoule por año	0,8	1,7	2,5	3,4
Producción de Cereales	Kg por hectárea	100	200	300	400
Tasa Metabólica Exosomática	GJ por hora	1,0	2,0	3,0	4,0

3.5 Definición de alternativas

Se ha estructurado el problema en cuatro maneras diferentes:

Primera Estructuración del Problema: Las alternativas analizadas comprenden desde el año 1970 hasta 1998.

Segunda Estructuración del Problema: Las alternativas tomadas en cuenta son los cinco periodos que son consistentes con la evolución histórica del Ecuador. El primero es el período anterior al boom petrolero (1970-1971). El

segundo período (1972- 1981) coincide con la dictadura militar⁶, la cual fue fuertemente relacionada a la explotación de los recursos petroleros del país. El período del petróleo empezó con una fase próspera desde 1972 a 1981, seguido de una crisis económica durante los 80. El tercer período (1982-1990) fue la crisis, que se inició con los problemas del endeudamiento a partir de 1982 (el país había comenzado a acumular su deuda durante los 70, cuando empezó a exportar petróleo). El cuarto período fue un período de recuperación parcial, que duró desde 1991 hasta 1994. Finalmente, el quinto y último período fue el de la crisis financiera desde 1995 hasta 1998. A comienzos de 1995, el Ecuador tuvo un breve conflicto fronterizo con el Perú, y desde ahí en adelante, a través de 1998, la inestabilidad política del país empeoró⁷.

Tercera Estructuración del Problema: Las alternativas consideradas son los promedios de Ecuador, América Latina y El Caribe (ALC) y el mundo en los años con las mayores y menores cifras, que fueron mencionadas en la estructuración del problema 1, anteriormente.

Cuarta Estructuración del Problema: Las alternativas tomadas en consideración son los promedios del Ecuador, ALC y el mundo en los cinco períodos que forman parte de la evolución histórica del Ecuador.

3.6 Resultados

3.6.1 Diferente estructuración del problema

Primera Estructuración del Problema: Las alternativas tomadas en consideración son de los años 1970 a 1998

De acuerdo a la mayor parte de los criterios examinados ($\alpha = 0.5$, línea de cruce), 1994 (al final de la intersección) y 1995 fueron “mejores” que todas las demás alternativas

⁶La democracia fue reestablecida en 1979, después de siete años de gobierno militar.

⁷En febrero del 1997 el Congreso Nacional depuso al Presidente Abdalá Bucaram e instaló un gobierno interino gobernado por Fabián Alarcón. Jamil Mahuad fue elegido presidente en julio de 1998 y fue subsecuentemente forzado a salir del poder por un intento de golpe militar - civil en enero del 2000, entonces su Vicepresidente, Gustavo Noboa, asumió el poder.

(estos dos años son incomparables entre sí), y 1972, 1973, 1979 y 1980 fueron “peores” que todas las demás alternativas (estos años son incomparables). Las relaciones de incomparabilidad se introducen en el análisis multicriterio en los casos en donde no es posible establecer una relación de preferencia o indiferencia entre un par de alternativas.

El año 1970 ($= 0.5$) fue mucho mayor que ($>>$) 1980 en el servicio de la deuda (como % del PNB), consumo de fertilizantes y emisiones de CO_2 per cápita con un grado de confianza del 50%. El año de 1970 fue mucho menor que ($<<$) 1980 en cuanto al PNB per cápita, la tasa de analfabetismo, la esperanza de vida, el consumo de energía per cápita, producción de cereales y la TME. Claramente, los indicadores ambientales han empeorado y los indicadores económicos, tecnológicos y sociales han mejorado.

Al analizar las evaluaciones en parejas, es posible observar que entre 1980 y 1990, para un $\alpha = 0.5$, no hubo un indicador que fuera mucho mayor o mucho menor que los otros indicadores. El año 1980 fue menor que 1990 en cuanto a la esperanza de vida y la tasa de analfabetismo. La comparación en parejas entre estos años muestra que los indicadores mantenidos fueron aproximadamente iguales o casi iguales.

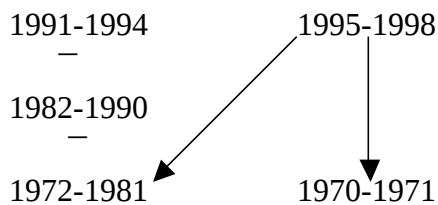
El consumo de fertilizantes fue mucho mayor en 1990 que en 1998. Los indicadores mantenidos fueron aproximadamente igual o casi igual entre estos dos años.

En suma, el año 1970 fue $>>$ que 1998 en el servicio de la deuda (% PIB), tierra agrícola (% de tierra total), consumo de fertilizantes y emisiones de CO_2 ($\alpha = 0.5$). El año 1970 fue $<<$ que 1998 en cuanto al PNB per cápita, consumo de energía per cápita, producción de cereales, TME, tasa de analfabetismo y esperanza de vida. La calidad de la dieta fue igual entre 1970 y 1998.

Un tema importante es el hecho de que el análisis multicriterio no revela tendencias contradictorias entre los indicadores ambientales. Los resultados muestran que todos los indicadores ambientales se han deteriorado en el Ecuador durante 1970 y 1998.

Segunda Estructuración del Problema: Las alternativas tomadas en consideración son los cinco períodos que son consistentes con la evolución histórica del Ecuador

La intersección proporciona como resultado final, un pre-ordenamiento parcial (o pseudo-ordenamiento debido a que existe incomparabilidad):



El boom petrolero del 1972-1981 fue peor que los períodos de 1995-1998, 1991-1994 y 1982-1990 ($\alpha = 0.5$). El período de 1995-1998 parece ser incomparable con los períodos de 1991-1994 y 1982-1990. El período de 1995-1998 fue mejor que el período anterior al boom petrolero (1970-1971) así como al período petrolero mismo.

Las comparaciones en parejas ($\alpha = 0.5$) muestran que el período petrolero fue mucho mayor que ($\gg$) el período de 1970-1971 en cuanto al PNB per cápita y la TME. Ningún indicador del período petrolero fue significativamente menor que ($\ll$) el período anterior a éste.

El período de 1982-1990 ($\alpha = 0.5$) fue mucho mayor que ($\gg$) el período de 1972-1981 en cuanto a consumo de energía per cápita, TME, así como en un indicador social: esperanza de vida. El período de la crisis fue mucho menor que ($\ll$) aquel del boom petrolero en cuanto al indicador del servicio a la deuda (como % del PNB) y a las emisiones de CO_2 per cápita. Ambos períodos fueron iguales en el contexto del análisis multicriterio respecto al PNB per cápita.

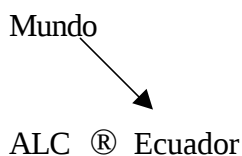
Al analizar las evaluaciones en parejas, es posible observar que para una $\alpha = 0.5$, no hubo un indicador mucho mayor, mayor, mucho menor o menor que otros indicadores entre los períodos de 1991-1994 y 1982-1990. La comparación

en parejas entre estos períodos muestra que todos los indicadores fueron aproximadamente iguales o casi iguales. Es un resultado interesante debido a que en 1991 el PIB real (en sucres de 1995) aumentó en 5% (el crecimiento más alto de los 90), 3.6%, 2% y 2.3%, en 1992, 1993 y 1994, respectivamente.

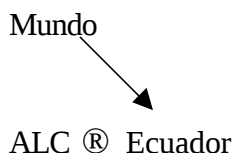
El período de 1995-1998 ($\alpha = 0.5$) fue mucho mayor que ($\gg$) el período de 1991-1994 en cuanto a calidad de dieta. Una vez más, la comparación en parejas entre estos períodos muestra que todos los indicadores fueron aproximadamente iguales o casi iguales.

Tercera Estructuración del Problema: Las alternativas tomadas en consideración son cifras del Ecuador, ALC y el promedio mundial durante los años en los cuáles éstas son las más altas y las más bajas

Se compara el desempeño entre el Ecuador y ALC y la media mundial en 1972 (uno de los “peores” años) y 1994 (el año que aparece al final de la intersección), respectivamente.



En 1994, la intersección da como resultado final el siguiente pre-ordenamiento parcial:



Por segundo vez, los indicadores de ALC y el promedio mundial son nuevamente la mejor alternativa (ALC y el promedio mundial son incomparables).

En 1972, el Ecuador ($\alpha = 0.5$) fue mucho mayor que ($>>$) ALC con relación a la tierra agrícola (como % de la tierra total), así como en las emisiones de CO₂ per cápita. El país fue mucho menor que ($<<$) ALC en cuanto al PNB per cápita, consumo de energía per cápita, producción de cereales y la TME (con un nivel de confianza del 50%). En cuanto a al indicador de la tasa de analfabetismo (total de adultos como % de personas de 15 años y mayores), la tierra agrícola (como % de la tierra total), consumo de fertilizantes y emisiones de CO₂, el Ecuador fue $>>$ que el promedio mundial. Además, con relación al PNB per cápita, consumo de energía per cápita, producción de cereales per cápita y la TME (con un nivel de confianza del 50%), el Ecuador fue $<<$ que el promedio mundial.

En 1994, el Ecuador ($\alpha = 0.5$) fue mucho mayor que ($>>$) ALC solamente con relación a las emisiones de CO₂. El país fue mucho menor que ($<<$) ALC en cuanto al PNB per cápita, calidad de dieta, consumo de energía per cápita y la TME (con un grado de confianza del 50%). En el mismo año, el Ecuador fue $>>$ que el promedio mundial con relación a la tasa de analfabetismo (el total de adultos como % de las personas de 15 años y mayores), la tierra agrícola (como % de la tierra total), consumo de fertilizantes así como las emisiones de CO₂. Adicionalmente, el Ecuador fue $<<$ que el promedio mundial en cuanto al PNB per cápita, el servicio a la deuda, consumo de energía per cápita, producción de cereales y la TME (con un nivel de confianza del 50%).

Cuarta Estructuración del Problema: Las alternativas tomadas en consideración son el Ecuador, ALC y el promedio mundial durante los cinco períodos históricos

Los indicadores de ALC así como los del promedio mundial son las mejores alternativas durante los cinco períodos (ALC y el promedio mundial son comparables en todos los casos).

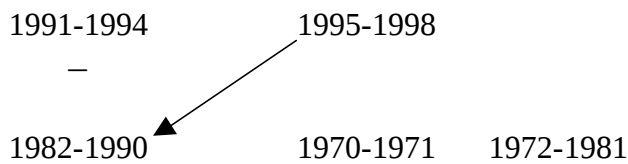
3.6.2 Análisis de Sensibilidad

El parámetro α , el cual tiene un rango de 0 a 1, indica el grado de credibilidad (confianza) para aceptar una relación determinada como verdadera. Al cambiar el parámetro α , el cual es utilizado en el proceso de agregación, se realiza análisis de sensibilidad (ver Munda, 1995, Capítulo 9).

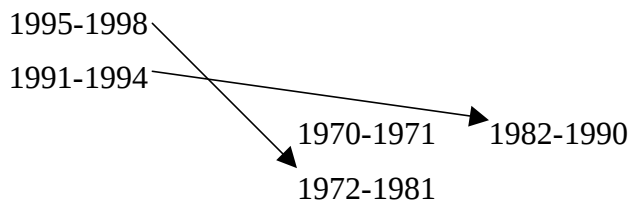
Si α es igual a cero o uno, no es posible que se de una discriminación entre los indicadores. Cuando α aumenta, solo los valores con una alta intensidad de preferencias o indiferencias es utilizado. La herramienta de análisis de sensibilidad es particularmente valorable para proporcionar resultados vigorosos.

Respecto a los períodos históricos del Ecuador, el análisis de sensibilidad (diferentes valores de α) proporcionan las siguientes intersecciones:

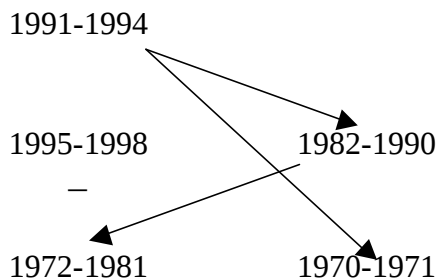
$\alpha = 0.20$



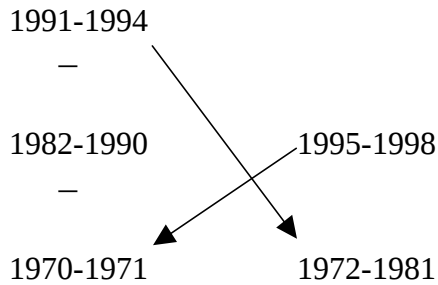
$\alpha = 0.40$



$\alpha = 0.60$



$\alpha = 0.80$



Las flechas demuestran la intersección de los períodos históricos. El análisis de sensibilidad indica que los resultados son estables: los períodos de 1991-1994 y 1995-1998 son los mejores períodos (éstos dos parecen ser incomparables). Respecto a la comparación entre el Ecuador, ALC y el promedio mundial internacional, el análisis de sensibilidad muestra que los resultados son vigorosos y estables.

4. Conclusiones

El análisis multicriterio ha facilitado el estudio multidimensional de la sustentabilidad ecuatoriana por medio del uso de diferentes indicadores y de una variedad de unidades de medición.

El análisis multicriterio además posibilita la conexión entre ecosistemas y sistemas económicas a través de una variedad de indicadores monetarios y no-monetarios. Este método proporciona una perspectiva completa de la realidad del país..

La aplicación del concepto de sustentabilidad es extremadamente complicada y no existe una única manera de tratar el tema. A nivel teórico, existen algunos ensayos interesantes tales como el realizado por Munda para la Región de Sicilia en Italia (Munda, 1997), el Reporte de la Agencia Ambiental Europea (Funtowicz *et al.*, 1997) y el análisis de Faucheux *et al.* (1998). Otros trabajos de análisis multicriterio realizados a nivel macroeconómico, se han llevado a cabo en Austria y Alemania (Omann, 2000). Sin embargo, hasta el momento, no se han realizado aplicaciones que examinen las ventajas y desventajas de la utilización de indicadores específicos o que proporcionen alguna indicación sobre cuáles deben ser los “mejores indicadores”, por lo que esta investigación es pionera. Esto constituye un esfuerzo por aplicar el análisis multicriterio a nivel macroeconómico.

El análisis multicriterio (el cual lo considero como una contribución hacia la comprensión de la economía ecuatoriana) muestran que muchos años, así como varios períodos históricos (ej. el período de 1995-1998 con los períodos de 1991-1994 y 1982-1990) son incomparables. Las medias de América Latina y el mundo también parecen ser incomparables (no es posible establecer una relación de preferencia o indiferencia).

Similarmente, varios períodos históricos y años predominan claramente sobre otros (ej. los períodos de 1995-1998, 1991-1994 y 1982-1990 fueron claramente mejores que el período de 1972-1981). La última década resalta, especialmente debido a progresos sociales, económicos y tecnológicos, a pesar del hecho de que los indicadores ambientales han decrecido. De esta manera, se puede decir que existen grupos de años mejores, los cuales son incomparables entre sí (1994, 1995, 1996).

Al comparar las distintas fases de la historia reciente, los resultados del análisis multicriterio son consistentes con otros acercamientos. Esto también es una contribución del análisis, ya que puede ser utilizada como una herramienta complementaria para profundizar la comprensión de la realidad del país. Los resultados muestran que el Ecuador ha seguido una tendencia positiva hacia la expansión económica durante los 70. Durante los 80, por la crisis de la deuda, entre otros factores externos, provocaron una crisis en el crecimiento, de la cual el país nunca se ha recuperado completamente. De hecho, el país recuperó su crecimiento económico a comienzos de los 90, pero sufrió nuevamente una recesión financiera y económica desde 1995 hasta 1998 (en realidad, hasta la actualidad).

Los efectos combinados del servicio a la deuda externa y las variables demográficas han tenido un papel crucial al asegurar que el crecimiento económico del Ecuador se envuelva en una curva de retroalimentación negativa. El servicio de la deuda, redujo la tasa a la cual el país podía capitalizar sus sectores económicos. Un aspecto interesante revelado por el análisis multicriterio es que durante el período de 1991-1994, la mayoría de indicadores fueron aproximadamente iguales o casi iguales a los del período de 1982-

1990, lo que muestra que las tasas vigorosas de crecimiento de la economía no se reflejan en términos sociales, tecnológicos o ambientales.

El estudio en parejas proporciona información complementaria y facilita a que el análisis sea más exacto, particularmente al comparar años y períodos de tiempo, así como para realizar comparaciones entre el Ecuador, América Latina y el mundo.

Las comparaciones en parejas entre 1970 y 1998 muestran claramente la tasa de intercambio (trade-off) “clásica” del desarrollo económico. Entre 1970 y 1998, los indicadores de desempeño económico han mejorado, excepto el servicio de la deuda (como % del PIB total). Esto se ha reflejado en una mejora paralela de algunos indicadores sociales (esperanza de vida y tasa de analfabetismo debido a que la calidad de la dieta fue igual durante estos años bajo el contexto de análisis multicriterio). Sin embargo, este logro se basa en una capitalización de la economía (mayores inversiones tecnológicas medidas por la producción de cereales y la TME) y en un aumento dramático de la tierra agrícola (como % de la tierra total) que implicó un agotamiento del capital biofísico del Ecuador (en donde se destacan los bosques húmedos tropicales). La dinámica de los 28 años refleja claramente la continua degradación del sistema natural medida en algunos indicadores tales como consumo de fertilizantes y emisiones de CO₂.

El análisis multicriterio demuestra además que el Ecuador se encuentra en una situación peor a la de ALC y la media mundial, a pesar de que en algunos indicadores ambientales éste fue mejor; incluyendo sus mejores períodos (y años) de desarrollo económico, social, tecnológico y ambiental. Por tanto, a pesar de la extracción a gran escala del petróleo y otras peculiaridades del Ecuador, la trayectoria de su desarrollo no muestra signos mayores de diferencia del resto de países de América Latina. Los resultados parecen ser muy estables.

El artículo además pone en claro que en la definición de indicadores, el número de indicadores escogidos, el estructuramiento de la información, así como el posicionamiento de los umbrales son factores que pueden modificar los resultados finales. No se debe olvidar que cualquier análisis tiene su dimensión subjetiva, sin

embargo, lo importante es que esto sea presentado en el análisis multicriterio de una manera transparente.

Bibliografía utilizada

- FAO-Stat. 2000. Statistical Database. Available from - <http://www.fao.org>
- Faucheux, S., O'Connor, M., ed. 1998. Valuation for Sustainable Development: Methods and Policy Indicators. E. Elgar, Cheltenham.
- Funtowicz S., Martínez-Alier J., Munda G., Ravetz J. 1997. "Environmental Policy Under Conditions of Complexity." European Environmental Agency.
- Martínez-Alier, J., Munda, G., O'Neill, J. 1998. "Weak comparability of values as a foundation of ecological economics." *Ecological Economics* Vol. 26, No. 3: 277-286.
- Munda, G. 1995. *Multicriteria Evaluation in a Fuzzy Environment*. Physica-Verlag Heidelberg, Germany.
- Munda, G. 1997. "Multicriteria evaluation as a multidimensional approach to welfare measurement." In J. van den Bergh and J. van der Straaten, eds., *Economy and ecosystems in change: analytical and historical approaches*. Edward Elgar.
- OLADE, Organización Latinoamericana de Energía (Latin American Organization of Energy). 2000. Sistema de Información Económica- Energética (Database). Quito.
- Omann, Ines. 2000. "How can Multi-criteria Analysis contribute to environmental policy making? A case study on macro-sustainability in Germany." Third International Conference of the European Society of Ecological Economics. Viena, Austria.
- Roy, B. 1985. *Méthodologie multicritere d' aide à la decision*. Economica. Paris.
- World Bank/The International Bank of Reconstruction and Development (IBRD). 2000. 2000 World Development Indicators. CD-ROM.