

# PROPUESTA DE MODELO MATEMÁTICO PARA PROYECTAR EL NIVEL DE SUSTENTABILIDAD DE UN MUNICIPIO

*Martha Leticia Rujano Silva<sup>1</sup>*

*Octavio Núñez Maciel<sup>2</sup>*

*María Consuelo Aldrete Chávez<sup>3</sup>*

## RESUMEN

Se presenta el avance en el diseño de un modelo matemático para evaluar y proyectar el nivel de sustentabilidad de un municipio, tomando como base la información estadística en los aspectos social, económico y ambiental, disponible en bases de datos y fuentes oficiales y sectoriales correspondientes a los años 1997 a 2006.

La investigación se realiza en Gómez Farías, Jalisco, municipio rural seleccionado para desarrollar el modelo por sus dimensiones territoriales y características sociodemográficas, económicas y ambientales.

Las diferentes etapas por las que ha pasado el proyecto van desde la realización de un estudio exploratorio y descriptivo de la situación del municipio, posteriormente la identificación de las variables relacionadas con el desarrollo sustentable mismas que fueron seleccionadas tomando como guía los indicadores formulados por la Comisión de Desarrollo Sustentable (CDS) de Naciones Unidas, la Organización Mundial de Turismo (OMT, 2006); el desarrollo de indicadores en México (INEGI-INE, 2000) y el modelo de indicadores de sustentabilidad publicado por la Secretaría de Turismo en México (SECTUR, 2002), hasta el cálculo de los índices propios de sustentabilidad y su proyección en un horizonte de n número de años.

El proyecto se encuentra en su cuarta fase en la que se lleva a cabo el proceso de validación interna a través de la comparación de los índices de sustentabilidad proyectados

---

<sup>1</sup> Maestra en Administración y estudiante del Doctorado en Ciencia y Tecnología en CULAGOS, U. de G. Académica en el Centro Universitario del Sur de la Universidad de Guadalajara. 01 341 575 22 22 ext. 6033. [mlrujano@cusur.udg.mx](mailto:mlrujano@cusur.udg.mx)

<sup>2</sup> Maestro en Administración. Académico en el Centro Universitario del Sur de la Universidad de Guadalajara. 01 341 575 22 22 ext. 6022. [octavion@cusur.udg.mx](mailto:octavion@cusur.udg.mx)

<sup>3</sup> Maestra en Ciencias de la Educación. Académica en el Centro Universitario del Sur de la Universidad de Guadalajara. 01 341 575 22 22 ext. 6033. [consuelo@cusur.udg.mx](mailto:consuelo@cusur.udg.mx)

con los índices calculados a partir de la información real, para de ahí pasar a la fase de validación externa en la que se aplicará el modelo a otros municipios con características similares para determinar su eficacia y pasar a su generalización.

Se pretende compartir la experiencia lograda en el cálculo y proyección de los índices de sustentabilidad por considerarlo de gran utilidad para evaluar el impacto de las decisiones presupuestales y de la generación de políticas públicas, ya que permiten conocer la probabilidad de tendencia en el desarrollo del municipio a uno, dos, o n número de años. Por otra parte dada la integración de los índices y el conocimiento de las variables que mayor contribuyen a su conformación como componentes principales, es posible repetir el análisis completo a partir de la variación de una o varias de ellas y visualizar en el futuro las mejoras y retrocesos a partir de las acciones de corto plazo.

Se concluye en que la evaluación del nivel de desarrollo sustentable de un municipio y su proyección mediante las herramientas estadísticas adecuadas, contribuirá a la mejora en los procesos de planeación estratégica en los municipios y sobre todo al logro de mejores condiciones de vida para sus habitantes.

## **PALABRAS CLAVE**

Modelo matemático, proyección del nivel de sustentabilidad y Municipio.

## INTRODUCCIÓN

Se presenta el avance en la formulación de un modelo matemático para evaluar y proyectar el nivel de sustentabilidad en Gómez Farías, Jalisco, comprendiendo el análisis de la situación del municipio, la identificación de variables, el cálculo de los índices de sustentabilidad y la proyección de los mismos en un horizonte de n número de años. Los resultados que aquí se presentan contribuyen al trabajo que desarrolla un grupo multidisciplinario del Centro Universitario del Sur de la Universidad de Guadalajara, en el proceso de formulación y construcción de un modelo de desarrollo turístico sustentable en el mismo municipio.

En la construcción de los indicadores se tuvo como guía el marco conceptual del desarrollo sustentable, definido por la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de la Organización de las Naciones Unidas, el marco de la Comisión de la Sostenibilidad en América Latina y el Caribe, que plantea los cuatro subsistemas: social, ambiental, económico e institucional, a los que Sepúlveda, *et al*, (2005) llama dimensiones; y a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en México (1996), en su artículo 3º, inciso XI (Carmona, 2008). Cabe aclarar que debido a la falta de información relacionada con el aspecto institucional se optó por incluir en la dimensión social los datos relacionados con la inversión pública en el municipio, de tal manera que en todo el proceso sólo tres dimensiones han sido analizadas.

Se describe al municipio y se hace referencia a las teorías y definiciones en las que se sustentan los trabajos realizados con el propósito de facilitar la comprensión de los resultados que se presentan.

### Descripción del municipio de Gómez Farías, Jalisco

El municipio de Gómez Farías forma parte de la región 06 sur del estado de Jalisco, en México, tiene una extensión territorial de 343.89 km<sup>2</sup>, que representa el 0.43 por ciento de la superficie del estado. De acuerdo al Segundo Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2006) existen 13 localidades en el municipio, con una población total de 12,720 habitantes. De éstas, en tres localidades se concentra el 94 por ciento de los habitantes, San Sebastián del Sur (cabecera municipal), San Andrés Ixtlán (delegación) y El Rodeo (agencia). La densidad poblacional es de 36.98 hab/ km<sup>2</sup>.

Entre las actividades económicas principales que se realizan en el municipio se encuentra la agricultura, la ganadería, la actividad forestal, la pesca y la fabricación de artesanías.

También es importante la producción de leche y ganado porcino (Secretaría de Planeación de Jalisco, 2007). En los últimos años se ha incrementado considerablemente el cultivo de agave y de aguacate (Oiedrus - Jalisco, 2007).

En la industria manufacturera, destacan los textiles, prendas de vestir e industria del cuero y madera; la producción de artesanías hechas a base de tule y pino (Vargas y De la Rosa, 2004). En el comercio predomina la venta de alimentos al por menor y el comercio de productos no alimenticios.

El municipio forma parte del Corredor Ecoturístico de la Sierra del Tigre, el cual es un proyecto estratégico del Gobierno del Estado que abarca seis municipios: Atoyac, Gómez Farías, Concepción de Buenos Aires, La Manzanilla, Mazamitla y Valle de Juárez (Secretaría de Planeación de Jalisco, 2007).

Una parte del territorio comprende la laguna de Zapotlán, reconocida como sitio Ramsar (humedal de importancia internacional), denominación que comparte con el municipio de Zapotlán el Grande, cuya cabecera municipal (Ciudad Guzmán) es el centro de servicios más importante de la Región Sur de Jalisco (Macías, 2003).

#### Desarrollo sustentable

La organización de las Naciones Unidas ha definido el desarrollo sustentable como el proceso capaz de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas (Fundación para el Desarrollo Sustentable, 1996). En la Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente de México (1996), artículo 3º, inciso XI, se define como “el proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras” (Carmona, 2008).

#### Indicadores de sustentabilidad

La necesidad de elaborar indicadores del desarrollo sostenible se plasma en el capítulo 40 de la Agenda 21 Local, que se genera de los resultados de la Conferencia de Río de Janeiro (1992) y con ella el interés por estimar el nivel de desarrollo sostenible en espacios territoriales (Pérez et al, 2008). Los indicadores son conjuntos de información formalmente seleccionada que se utiliza con carácter regular en la medición de los cambios pertinentes

para el desarrollo de la gestión pública, y que relacionados con otros sitios o regiones, pueden contribuir a la realización de análisis comparativos o al establecimiento de referencias (OMT, 2006). Pérez et al, (2008) en una exploración documental que realizan para la configuración de indicadores de sostenibilidad en Venezuela, citan a varios autores, entre ellos a Mondragón (2004) quien los describe como: “herramientas para clarificar y definir de forma más precisa, objetivos e impactos; a Beltrán (1999) quien señala que los indicadores permiten observar la situación y las tendencias de cambio generadas en el objeto o fenómeno observado respecto de objetivos y metas previstas e influencias esperadas; y a Gallopin (2004), quien sostiene que los indicadores son representaciones operativas (no valores) de un atributo (calidad, característica, propiedad) de un sistema.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, los ha definido como un sistema de señales que facilitan evaluar el progreso de los países y regiones hacia el desarrollo sostenible, siendo éstos herramientas concretas que apoyan el trabajo de diseño y evaluación de la política pública, fortaleciendo decisiones informadas, así como la participación ciudadana (Cervantes y Gómez, 2007). En el caso mexicano, la construcción de indicadores se ha propuesto a través de diversos trabajos, entre los que se destacan los formulados por INEGI-INE/SEMARNAP (2000) “Sustainable Development Indicators of México”; así como los propuestos por SEMARNAT, SEDESOL, el Instituto Nacional de Ecología (INE), el Instituto de Geografía (IG) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (2004) “Indicadores para la caracterización y el ordenamiento territorial” (Cervantes y Gómez, 2007).

### Introducción al Análisis de Componentes Principales

El Análisis de Componentes Principales (ACP) es uno de los métodos multivariados más difundidos. Se trata de una técnica matemática que no requiere un modelo estadístico para explicar la estructura probabilística de los errores. La idea básica de este método es describir la variación de un conjunto de datos multivariados en términos de variables no correlacionadas (linealmente independientes) siendo cada una de ellas una combinación lineal particular de las variables originales. Las nuevas variables se derivan en orden decreciente de importancia, de tal manera que el primer componente principal concentra la mayor variación posible de los datos originales y así sucesivamente, de ahí que la importancia de esta técnica se deba principalmente a tres propiedades: primero, es un esquema lineal óptimo para comprimir un conjunto grande de vectores en uno de menor dimensión, para luego reconstruir el esquema original; segundo, el modelo de parámetros puede ser calculado directamente de los datos, y tercero, el comprimir y descomprimir son

operaciones fáciles de realizar ya que requiere solamente de multiplicaciones de matrices (Chen, 2007).

Los tres elementos principales que se generan en el ACP de una matriz son las raíces características, los vectores característicos y los componentes principales, éstos últimos se constituyen en las nuevas variables que permiten la simplificación del sistema.

#### Introducción a las Cadenas de Markov

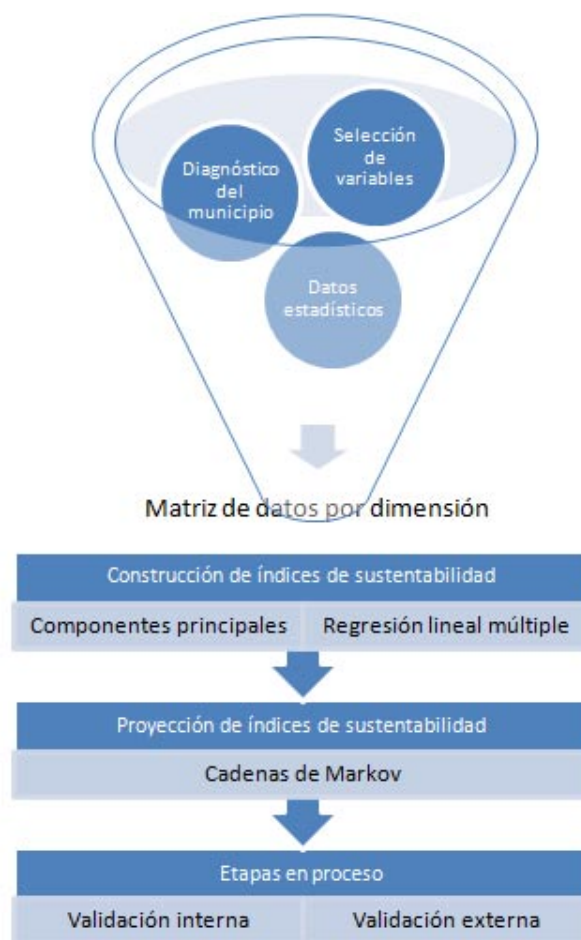
El análisis de Markov es una técnica que maneja las probabilidades de ocurrencias futuras mediante el análisis de las probabilidades conocidas en el presente. Se basa en el supuesto de que el sistema comienza en un estado o condición inicial permitiendo predecir estados o condiciones futuros (Render, Stair y Hanna, 2006).

Esta herramienta ha sido utilizada en diversos ejercicios de prospectiva ambiental como el cambio de cobertura de la tierra en el Valle del Río Momboy, Estado de Trujillo (Briceño, 2003) y en planificación territorial y evaluación ambiental (Henríquez y Azocar, 2007); en aspectos relacionados con la economía y temas sociales como estudios sobre movimientos migratorios interterritoriales (Hierro y Guijarro, 2006), entre otros; para pronosticar situaciones futuras y para evaluar diversas alternativas estratégicas en una área específica, pero no de una forma integral que abarque varias dimensiones como lo es el caso de la proyección del nivel general de sustentabilidad de un municipio como aquí se presenta, de ahí la importancia que tiene el visualizarse como una herramienta de proyección de utilidad para los diversos ejercicios de planeación prospectiva que realizan las autoridades municipales a fin de asegurar mayor éxito en la generación de políticas públicas y planeación presupuestal.

### **ESTRUCTURA DEL MODELO**

El modelo matemático para evaluar y proyectar el nivel de sustentabilidad del municipio de Gómez Farías, Jal., se ha ido construyendo en cada fase y modificando en su estructura a partir de los resultados que se han ido logrando. En el siguiente esquema se representan las diferentes fases en las que se concibe el modelo hasta el avance actual.

Figura 1. Estructura del modelo matemático para evaluar y proyectar el nivel de sustentabilidad del municipio Gómez Farías, Jalisco.



## RESULTADOS

### Construcción del modelo matemático

Los avances en el diseño y construcción del modelo matemático se han logrado principalmente a través de tres fases, se encuentra en proceso la validación interna y externa del modelo para proceder posteriormente a simplificarlo y la generalización correspondiente. En este apartado se describen las etapas ya concluidas:

### Diagnóstico de la situación del municipio

El diagnóstico del municipio se realizó previo a la selección de variables sensibles a los niveles de sustentabilidad del municipio, como parte de la investigación exploratoria que llevó a cabo el equipo multidisciplinario participante en el diseño y formulación de un modelo de desarrollo turístico sustentable. La información se obtuvo a través de encuestas

aplicadas a amas de casa en su mayoría, grupos focales con miembros representativos de los diferentes estratos de la población y entrevistas a líderes y personajes de las comunidades. Los resultados de esta fase permitieron tener un conocimiento más amplio de las características sociales, económicas y ambientales del municipio.

#### Selección y acomodo de variables

En esta etapa se realizó un estudio exploratorio para identificar las variables relacionadas con el desarrollo sustentable de un municipio en general y su aplicación y pertinencia al de Gómez Farías en estudio; posteriormente se consultó información estadística de bases de datos oficiales de fuentes como INEGI, de las estadísticas anuales de organismos gubernamentales y de los sectores productivos a nivel estado. Se integraron tres matrices, en su mayoría con información del municipio, correspondientes a 67 variables en total, de las cuales 17 integran la dimensión social, 30 la dimensión económica y 20 la dimensión ambiental (tabla I). Las variables fueron seleccionadas de acuerdo a las características del municipio y a la información disponible. La información analizada corresponde a un período de 10 años de 1997 a 2006.



Tabla 1. Variables seleccionadas por dimensión

| <b>Variables sociales</b>                                | <b>Variables económicas</b>  | <b>Variables ambientales</b>            |
|--|--|---|
| Nacimientos  | Salario mínimo zona C  | Temperatura máxima anual SG*            |
| Defunciones  | Tipo de cambio paridad   | Temperatura mínima anual SG             |
| Defunciones de menores de un año                         | Inflación %  | Temperatura media anual SG              |
|  | Índices de inflación   |   |
| % de la población derechohabiente de servicios de salud. | PIB %(nacional)  | Lluvia anual en mm SG                   |
|  | Volumen producción pesca (Ton)   | Número de días con lluvia SG            |
| % de población inmunizada < 5 años                       | Volumen producción pecuaria (ton)  | Evaporación anual SG                    |
|  | Valor de la producción de pesca (mp)   |   |
|  | Valor de la producción pecuaria (mp)   | Lluvia máxima en 24 horasSG             |
| Cobertura de servicios de salud (%)                      | Superficie sembrada de cultivos (Ha)   | Temperatura máxima anual CG**           |
|  | Superficie cosechada (Ha)  |   |
| Tasa de fecundidad                                       | Producción cultivos (Ton)  | Temperatura mínima anual CG             |
|  | Valor de la producción de cultivos (mp)  |   |
| Población total  | Volumen de aprovechamiento forestal maderable autorizado (metros cúbicos en rollo) |   |
| Densidad de población                                    | Valor de la producción forestal (mp)   | Temperatura media anual CG              |
|  | PIB estatal  |   |
| Porcentaje de población urbana                           | % PEA ocupada  | Lluvia anual en mm CG                   |
|  | Unidades económicas actividad comercial  | Número de días de lluvia anual CG       |
| % población rural  | Personal ocupado actividad comercial   |   |
| % de población analfabeta mayores de 15 años             | Remuneraciones actividad comercial   | Evaporación anual CG                    |
|  | Ingresos totales actividad comercial   | Humedad relativa en CG                  |
| % viviendas con drenaje                                  | Unidades económicas actividad industrial   | Árboles plantados                       |
|  | Personal ocupado actividad industrial  | Superficie Reforestada (Hectáreas)      |
| % viviendas con energía eléctrica                        | Remuneraciones actividad industrial  |   |
|  | Ingresos totales actividad industrial  |   |
| % viviendas con agua potable                             | Unidades económicas servicios  | Sup. siniestrada por incendios          |
|  | Personal ocupado servicios   |   |
| Inversión general  | Remuneraciones servicios   | Volumen de las ventas en Megawatts-hora |
|  | Ingresos totales servicios   |   |

\*SG Estación San Gregorio ubicada en la parte alta del municipio de Gómez Farías, Jalisco.

\*\*CG Estación Ciudad Guzmán, ubicada en el valle de esa ciudad, cercana a la población urbana del municipio de Gómez Farías, Jalisco.

#### Cálculo de los índices de sustentabilidad.

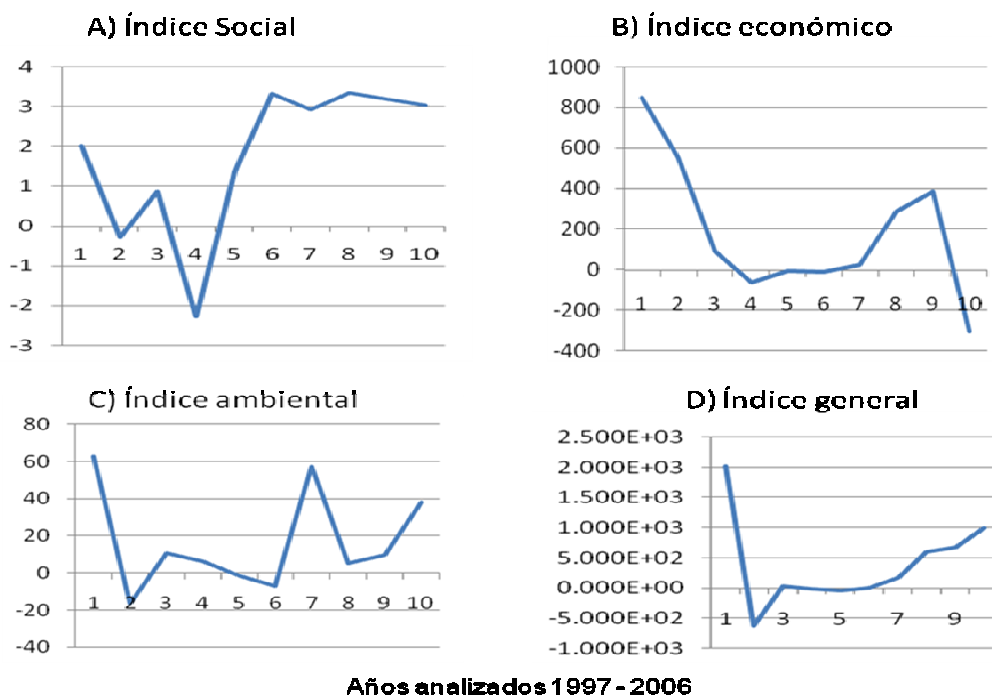
Se procedió a estandarizar la información, al cálculo de las matrices de correlación y posteriormente al análisis multivariado de los datos a través del método estadístico de Análisis de Componentes Principales. A partir de los componentes principales que representan más del 80% de la variabilidad de cada dimensión y de la totalidad del sistema mediante un ejercicio de regresión lineal múltiple se realizaron los cálculos del índice de

sustentabilidad por año, mismos que representan el comportamiento y tendencias durante el período de estudio (tabla 2 y figura 1).

Tabla 2. Índices de sustentabilidad anuales

| Año  | Índice general | Índice económico | Índice social | Índice ambiental |
|------|----------------|------------------|---------------|------------------|
| 1997 | 2014.5         | 849.1            | 2.0           | 62.5             |
| 1998 | -616.6         | 552.6            | -0.2          | -16.3            |
| 1999 | 40.9           | 95.0             | 0.8           | 10.3             |
| 2000 | -5.6           | -61.0            | -2.2          | 5.9              |
| 2001 | -32.2          | -5.7             | 1.3           | -1.4             |
| 2002 | 0.1            | -8.4             | 3.3           | -6.8             |
| 2003 | 177.9          | 26.9             | 2.9           | 57.2             |
| 2004 | 602.1          | 291.7            | 3.3           | 5.2              |
| 2005 | 674.8          | 388.2            | 3.2           | 9.5              |
| 2006 | 1002.9         | -301.2           | 3.0           | 38.0             |

Figura 1. Representación del índice A) social, B) económico, C) ambiental y D) general



Proyección estocástica de los índices de sustentabilidad.

En esta fase se realizó un estudio de proyección estocástica en un horizonte de n número de años, utilizando como materiales los valores numéricos de los índices descritos en la fase anterior, mismos que fueron analizados mediante el programa estadístico SPSS para encontrar máximos, mínimos y cuartiles a partir de los cuales se determinaron los intervalos para identificar en cada año el nivel de desarrollo alcanzado. Posteriormente se calculó la probabilidad de transición de un nivel de desarrollo a otro anualmente, mediante Cadenas de Markov, hasta llegar a estabilizarse después de cierto número de años.

El nivel de desarrollo del municipio se determinó a partir de cuatro intervalos: alto y bajo positivos; bajo negativo y muy negativo. En la tabla 3 se presenta la correspondencia entre los niveles determinados y los intervalos calculados. Cada dimensión tiene sus propios intervalos correspondiendo éstos a los índices previamente calculados.

Tabla 3. Niveles de sustentabilidad y determinación de intervalos

| Índices   | Nivel            | Intervalos              |
|-----------|------------------|-------------------------|
| Económico | Alto + (3)       | $X > 429.3$             |
|           | Bajo + (2)       | $60.95 < X \leq 429.3$  |
|           | Bajo - (1)       | $-21.55 < X \leq 60.95$ |
|           | Muy negativo (0) | $X < -21.55$            |
| Social    | Alto + (3)       | $X > 3.225$             |
|           | Bajo + (2)       | $2.45 < X \leq 3.225$   |
|           | Bajo - (1)       | $.55 < X \leq 2.45$     |
|           | Muy negativo (0) | $X < .55$               |
| Ambiental | Alto + (3)       | $X > 742.8$             |
|           | Bajo + (2)       | $7.7 < X \leq 42.8$     |
|           | Bajo - (1)       | $-2.75 < X \leq 7.7$    |
|           | Muy negativo (0) | $X < -2.75$             |
| General   | Alto + (3)       | $X > 756.82$            |
|           | Bajo + (2)       | $109.4 < X \leq 756.82$ |
|           | Bajo - (1)       | $-12.25 < X \leq 109.4$ |
|           | Muy negativo (0) | $X < -12.25$            |

Posterior a la determinación de intervalos se integraron las matrices con las probabilidades de transición de un nivel a otro a partir del número de veces que varió un subsistema, representativas del estado inicial de cada dimensión y de la totalidad del sistema.

Se obtuvo como resultado que la dimensión económica tenderá a un nivel de desarrollo bajo negativo; las dimensiones social y ambiental se proyectan en un nivel de desarrollo bajo positivo, mientras que el municipio analizado de manera general tenderá a un nivel de desarrollo entre bajo positivo y bajo negativo ya que en ambos niveles se llegó a la misma probabilidad de ocurrencia (tabla 4).

Tabla 4. Matrices ilustrativas de los niveles de desarrollo proyectados de un estado inicial a un estado final en n número de años.

|                  | Estado Inicial |       |       |       | Estado final |       |       |       | Año en que se estabiliza |    |
|------------------|----------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|--------------------------|----|
|                  | 3              | 2     | 1     | 0     | 3            | 2     | 1     | 0     |                          |    |
| <b>ECONÓMICA</b> | 3              | 0.500 | 0.500 | 0.000 | 0.000        | 0.000 | 0.273 | 0.545 | 0.182                    | 15 |
|                  | 2              | 0.000 | 0.333 | 0.000 | 0.667        | 0.000 | 0.273 | 0.545 | 0.182                    |    |
|                  | 1              | 0.000 | 0.330 | 0.667 | 0.000        | 0.000 | 0.273 | 0.545 | 0.182                    |    |
|                  | 0              | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.000        | 0.000 | 0.273 | 0.545 | 0.182                    |    |
| <b>SOCIAL</b>    | 3              | 0.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000        | 0.333 | 0.667 | 0.000 | 0.000                    | 27 |
|                  | 2              | 0.500 | 0.500 | 0.000 | 0.000        | 0.333 | 0.667 | 0.000 | 0.000                    |    |
|                  | 1              | 0.333 | 0.000 | 0.000 | 0.667        | 0.334 | 0.663 | 0.000 | 0.003                    |    |
|                  | 0              | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.000        | 0.333 | 0.666 | 0.005 | 0.000                    |    |
| <b>AMBIENTAL</b> | 3              | 0.000 | 0.000 | 0.500 | 0.500        | 0.080 | 0.400 | 0.360 | 0.160                    | 10 |
|                  | 2              | 0.000 | 0.500 | 0.500 | 0.000        | 0.080 | 0.400 | 0.360 | 0.160                    |    |
|                  | 1              | 0.000 | 0.330 | 0.330 | 0.330        | 0.080 | 0.400 | 0.360 | 0.160                    |    |
|                  | 0              | 0.500 | 0.500 | 0.000 | 0.000        | 0.080 | 0.400 | 0.360 | 0.160                    |    |
| <b>GENERAL</b>   | 3              | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000        | 0.111 | 0.333 | 0.333 | 0.222                    | 19 |
|                  | 2              | 0.333 | 0.667 | 0.000 | 0.000        | 0.111 | 0.333 | 0.333 | 0.222                    |    |
|                  | 1              | 0.000 | 0.333 | 0.333 | 0.333        | 0.111 | 0.333 | 0.333 | 0.222                    |    |
|                  | 0              | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.000        | 0.111 | 0.333 | 0.333 | 0.222                    |    |

En la tabla anterior se representa la evolución del nivel de sustentabilidad por dimensión y general del municipio a través de probabilidades condicionales de que el sistema se encuentre en los estados exactamente después de 15 años en la dimensión económica, 27 años en la dimensión social, 10 años en la dimensión ambiental y 19 años en la totalidad del sistema, dado que comenzaron en los estados de inicio correspondientes al año 2006 y en esos años se estabilizan los sistemas en su totalidad a excepción del social que continúa con variaciones mínimas pero con la misma tendencia.

Si el número de años es lo suficientemente grande, todos los renglones de la matriz tienen elementos idénticos, lo que significa que la probabilidad de que el sistema esté en el último estado, ya no depende del estado inicial del sistema, lo que permite proyectar sin importar el número de años la tendencia por dimensión y general (Hillier y Lieberman, 2006).

Actualmente se trabaja en la validación interna del modelo en la que se construyen los índices de sustentabilidad con la información estadística correspondiente a 10 años, para proyectarlos tres años más, resultados que se compararán con los índices calculados a partir de los datos reales correspondientes a los trece años.

Una vez que se concluya la fase de validación interna se aplicará el modelo a otros tres municipios con características similares al municipio en estudio, con lo que se buscará la validación externa del modelo.

## **CONCLUSIONES**

La selección de variables se vio limitada por la disponibilidad de datos estadísticos y por la diversidad en la periodicidad de los mismos, se optó por períodos anuales por corresponder a la mayoría.

La construcción de indicadores por medio del análisis de componentes principales se realizó a partir de la realidad del municipio y del comportamiento de las variables seleccionadas durante los años de registro de la información estadística, por lo que es posible evaluar de manera objetiva los avances o retrocesos que en materia de sustentabilidad presente el municipio.

La combinación de las herramientas estadísticas de Análisis de Componentes Principales y Cadenas de Markov facilita el proceso de proyección, al permitir la primera simplificar el sistema a un reducido número de variables y realizar el cálculo de la probabilidad de transición de un estado a otro tanto por dimensión como de manera integral.

La proyección de los índices de sustentabilidad llegará a ser de mucha utilidad para evaluar el impacto de las decisiones presupuestales y de la generación de políticas públicas, ya que permiten conocer la probabilidad de tendencia en el desarrollo del municipio a uno, dos, o n número de años. Por otra parte dada la integración de los índices y el conocimiento de las variables que mayor contribuyen a su conformación como componentes principales, es posible repetir el análisis completo a partir de la variación de una o varias de ellas y visualizar en el futuro las mejoras y retrocesos a partir de las acciones de corto plazo.

Una vez validado el modelo será necesario trabajar en la simplificación del modelo de tal manera que resulte de fácil acceso y uso para los funcionarios municipales a quienes va dirigido con el objetivo de facilitarles los trabajos de planeación y toma de decisiones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Briceño, F.** (2003), Cambios de Cobertura de la Tierra en el Valle del Río Momboy, Estado de Trujillo, en Perú. *Geoenseñanza*, núm. 8. Venezuela, Universidad de los Andes. Pp. 91-100. Versión electrónica: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/360/36080108.pdf>. Fecha de consulta 30-10-09.

**Carmona M.** (2008), Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Consultado el 26 de mayo de 2008. Disponible en <http://www.bibliojuridica.org/libros/libro.htm?l=542> México: IIJ – UNAM.

**Cervantes B. J. y Gómez U. R.** (2007), El Ordenamiento Territorial como Eje de Planeación de Proyectos de Turismo Sustentable. *Ciencias Sociales Online*, Julio 2007, Vol. IV, No. 2. Universidad de Viña del Mar – Chile. Consultado el 15 de marzo de 2009. Disponible en <http://www.uvm.cl/csonline> pp 103 - 118.

**Chen, H.** (2007), Principal Component Analysis with missing data and outliers. Cite Seer beta. Pennsylvania State University. Versión electrónica: <http://www.caip.rutgers.edu/riul/research/tutorials/tutorialrpca.pdf>. Fecha de consulta 03-01-09.

**Henríquez, C. y Azócar, G.** (2007), Propuesta de Modelos Predictivos en la Planificación Territorial y Evaluación del Impacto Ambiental, *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, Vol. XI, núm. 245. España, Universidad de Barcelona. Versión electrónica: <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-24541.htm>. Fecha de consulta 15-10-09.

**Hierro, M. y Guijarro, M.** (2006), Un estudio mediante Cadenas de Markov de la dinámica de los movimientos migratorios interterritoriales en España (1990 – 2003) desde un planteamiento de estimación dinámico. *Revista Asturiana de Economía – RAE*, núm. 36. Versión electrónica: <http://www.revistaasturianadeeconomia.org/raepdf/35/P145HIERRO.pdf>. Fecha de consulta 30-10-09.

**Hillier, F. y Lieberman, G.** (2006), *Introducción a la Investigación de Operaciones*. Ed. 8ª., Mc Graw Hill, México.

*Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI)*, (2000). *Indicadores de Desarrollo Sostenible en México*.

**Macías, A.** (2003), Los clusters económicos en Zapotlán el Grande, Jalisco, como medios potenciales para alcanzar el desarrollo sustentable. *El Cotidiano*. Núm.121- pp. 93–106.

México. Versión electrónica: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/325/32512109.pdf>. Fecha de consulta 18-06-09.

**Oeidrus Jalisco.** (2007), Padrón de productores de aguacate, durazno y limón persa en el estado de Jalisco. Versión electrónica: <http://www.oeidrus-jalisco.gob.mx/>. Fecha de consulta 15-07-09.

*Organización Mundial del Turismo (OMT)*, (2006), *Indicadores de desarrollo sostenible para los destinos turísticos*. Fundación Santander Central Hispano, Madrid, España.

**Pérez, C., Gutiérrez, C., Narváez M., Reyes, G. y Pimentel, M.** (2008), Exploración documental para la configuración de Indicadores de Sostenibilidad en Venezuela. *Multiciencias*, abr. 2008, vol.8, no.1, Venezuela, pp.62-70. Versión Electrónica: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=90480108&iCveNum=9244> Fecha de consulta 12-01-10.

**Render, B., Stair, R. y Hanna, M.** (2006), *Métodos Cuantitativos para los Negocios*. 9 ed. Pearson Educación, México.

*Secretaría de Planeación en Jalisco (SEPLAN)*. (2007), *Plan de Desarrollo del Municipio de Gómez Farías 2007 – 2009*. Versión electrónica:

<http://seplan.jalisco.gob.mx/files/planes/Plan%20Municipal%20de%20Desarrollo%202007-2009%20Gomez%20Farias.pdf>. Fecha de consulta 20-08-09.

*Secretaría de Planeación en Jalisco (SEPLAN)*. (2007), *Proyectos estratégicos 2004 – 2007*. Versión electrónica:

<http://seplan.jalisco.gob.mx/files2/Sierra%20del%20Tigre%20Gober.pdf>. Fecha de consulta 20-08-09.

*Secretaría de Turismo (SECTUR)*. (2002), *Desarrollo de un Modelo de Indicadores de Sostenibilidad*. Portal Oficial del Turismo en México. Versión electrónica: [http://www.sectur.gob.mx/wb2/sectur/sect\\_Modelo\\_Tipo](http://www.sectur.gob.mx/wb2/sectur/sect_Modelo_Tipo). Fecha de consulta 10-07-06.

**Sepúlveda, S., Cavaría, H. y Rojas, P.** (2005), *Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible de los territorios rurales (El Biograma)*. Versión electrónica: [http://infoagro.net/desrural/cts/Desarrollo/biograma/biograma\\_2005.pdf](http://infoagro.net/desrural/cts/Desarrollo/biograma/biograma_2005.pdf) Fecha de consulta 12-01-10.

**Vargas, J. y De la Rosa, M.** (2004), Capital social organizacional base de la sustentabilidad organizacional para el desarrollo ambiental y económico. *Hitos de Ciencias Económico Administrativas*, México, núm. 27, pp 67 – 78. Versión electrónica: <http://www.ujat.mx/publicaciones/hitos/ediciones/27/index.html> . Fecha de consulta 12-10-01.