

Metodología para diseñar y calcular el Índice de presión social ambiental como herramienta para el ordenamiento territorial ambiental:

El caso de Cundinamarca

Recibido para evaluación: 24 de Julio de 2006
Aceptación: 13 de Diciembre de 2006
Recibido versión final: 19 de Diciembre de 2006

Juana Camacho O.¹
Javier Darío Burgos S.²

Artículo de investigación sobre los aspectos metodológicos del proceso de trabajo en Ordenamiento Territorial que orienta el Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es proveer una herramienta práctica para implementar el Ordenamiento Ambiental del Territorio de una manera compleja, que no sólo incluya criterios biofísicos sino socioeconómicos. En el contexto del ordenamiento de cuencas hidrográficas se diseñó el Índice de Presión Social Ambiental IPSA. Este artículo presenta una definición del OTA, desde la Estructura Ecológica de Soporte, y otra de sostenibilidad a partir de varios autores. Este trabajo ofrece unos pasos metodológicos para diseñar y calcular el IPSA, adecuado a las características específicas de cualquier territorio, utilizando el marco conceptual anterior y herramientas del análisis multivariado y de las leyes de potencia. Finalmente se presenta un ejercicio para ilustrar este proceso desarrollado para Cundinamarca en 1995.

PALABRAS CLAVE: Indicadores, sostenibilidad, srdenamiento, Cundinamarca, Colombia.

ABSTRACT

The aim of this work is to provide a practical tool to carry out environmental planning and management processes regarding the use of space, in a complex way including not only biophysical but socioeconomic criteria. In the context of river basin management the Environmental Social Pressure Index was created. This paper presents an Environmental Planning and Management definition, based on the Ecological Supporting Structure, as well as one of sustainability, worked out of several authors. This work offers the methodological sequence to design and calculate a customized Environmental Social Pressure Index according to the specific features of any given territory, using the conceptual framework developed earlier and the multivariate analysis and power laws tools. Finally we present an exercise to illustrate this process, developed for Cundinamarca for 1995.

KEYWORDS: Indexes, sustainability, planning and management, Cundinamarca, Colombia.

1. Mg. en Medio Ambiente y Desarrollo, Profesora Auxiliar Facultad de Medio Ambiente, Universidad Distrital de Bogotá.
jcamachoo@unal.edu.co,
jcamachoo@mail.udistrital.edu.co

2. M.Sc. en Matemáticas, Profesor Asociado Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional, Sede Bogotá.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad de Colombia, Sede Bogotá, ha venido desarrollando en los últimos dos años procesos de gestión ambiental asociada al territorio en convenio con autoridades ambientales regionales (POMCA¹ del Río Garagoa, Alto Chicamocha y POTAR de la jurisdicción CAR). Con estas experiencias de gestión ambiental del territorio surgieron distintas inquietudes y necesidades, en temas metodológicos y de manejo y análisis de información, ya que se encontró que no existía un procedimiento claro y eficiente para relacionar variables biofísicas y variables socioeconómicas con el objeto de hacer una priorización de la propuesta ambiental (biofísico) de gestión del territorio utilizando insumos socioeconómicos; y se evidenció los grandes vacíos e inconsistencias que la información secundaria disponible presentaba, sobre todo de fuentes oficiales, lo que implicó problemas a la hora de hacer los análisis cuantitativos necesarios.

En este marco se plantea el siguiente problema de investigación: ¿Cuál es la metodología más eficiente para la elaboración de un indicador síntesis del diagnóstico socioeconómico que sirva para priorizar unidades espaciales identificadas bajo los criterios de la Estructura Ecológica de Soporte y que tenga en cuenta las dificultades a la hora de manejar la información en el marco del Ordenamiento Territorial Ambiental? Las hipótesis del trabajo de investigación son las siguientes: 1) No existe una herramienta metodológica que relacione las dimensiones social, económica y cultural con la dimensión biofísica de manera eficiente, en el marco del Ordenamiento Territorial Ambiental en Colombia; 2) El Ordenamiento Territorial Ambiental desde la Estructura Ecológica de Soporte es una aproximación compleja a la gestión ambiental del territorio que captura las relaciones entre las dimensiones social, económica y cultural y la biofísica; 3) La presión social ambiental es un concepto que sintetiza las relaciones complejas entre las dimensiones que construyen el territorio; y 4) Un índice sintético de Presión Social Ambiental calculado con base en las Leyes de Potencia se presenta como una herramienta metodológica eficiente a la hora de priorizar unidades territoriales. El objetivo general de la investigación es el de construir un índice sintético de Presión Social Ambiental para el Ordenamiento Territorial Ambiental desde la Estructura Ecológica de Soporte (OTAEES) utilizando las leyes de potencia y el análisis estadístico multivariado. Los objetivos específicos son: 1) Presentar la definición de Ordenamiento Territorial Ambiental desde la Estructura Ecológica de Soporte; 2) Plantear un modelo conceptual comprensivo de las relaciones sociedad - naturaleza desde el punto de vista del desarrollo territorial y la sostenibilidad que permita referenciar el Ordenamiento Territorial Ambiental; 3) Diseñar un índice de Presión Social Ambiental a partir del modelo conceptual planteado utilizando herramientas matemáticas asociadas a las Leyes de Potencia y estadísticas referentes al análisis multivariado; y 4) Estimar el valor del indicador de presión social ambiental diseñado para los municipios de Cundinamarca.

Este planteamiento investigativo se justifica entre otros porque para llevar a cabo procesos de ordenamiento ambiental territorial, hay que plantear metodologías de trabajo novedosas y eficientes en términos técnicos. Estas metodologías deben incorporar los distintos factores que interaccionan en un territorio. También deben mantener el objetivo común del ordenamiento, es decir el de "orientar el desarrollo del territorio [...] y regular la utilización, transformación y ocupación del espacio"². La metodología que aquí se propone permitirá tanto a los planificadores como a las autoridades regionales, y a la comunidad en general entender de una manera sencilla e intuitiva cuál es la relación que al interior de su territorio se está dando entre estos componente, lo que puede hacer más eficiente el proceso de diagnóstico dentro del Ordenamiento, dadas las condiciones en que éste se lleva a cabo. Este planteamiento se hace para complementar el trabajo realizado por el IDEA en el tema socioeconómico y también busca hacer aportes en el tema del desarrollo territorial desde una perspectiva ambiental. El presente documento se divide en cuatro (4) secciones básicas: introducción, marco conceptual y metodológico, resultados y conclusiones. La primera sección es la presente introducción, la segunda presenta los aspectos generales de la investigación: problema, hipótesis, objetivos, y justificación; la tercera parte sintetiza el marco conceptual y metodológico dentro del cual se busca alcanzar el objetivo; la cuarta sección presenta los resultados de la investigación, las conclusiones y recomendaciones.

1. *Planes de Ordenamiento y de Cuencas Aportantes.*

2. *Ley 388 de 1997. Artículo 5.*

2. MARCO CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO

Los conceptos bajo los cuales se hace el planteamiento del Índice de Presión Social Ambiental para el Ordenamiento Territorial Ambiental son los de *sostenibilidad, sostenibilidad fuerte, capital natural, ecosistemas estratégicos, estructura ecológica de soporte y sostenibilidad territorial* (Sferi-Younis, s.f., Martínez Alier y Roca, 2000, De Groot et al, 2003, Márquez, 2002, van der Hammen y Andrade, 2002 y LEADER, 1999). Estos conceptos dan la base teórica a la definición comprensiva de sostenibilidad que aquí se va a proponer como marco para definir los elementos del IPSA.

Elementos como Capital Natural, Capital Natural Crítico, Ecosistemas Estratégicos y Estructura Ecológica de Soporte dan las bases para entender la sostenibilidad desde lo biofísico. Sin embargo este trabajo busca integrar el análisis de esta dimensión con la socioeconómica en el marco del ordenamiento territorial ambiental. Para esto es necesario incorporar una aproximación sistémica al tema que sirva como punto de partida para entender el desempeño socioeconómico de una región o localidad. Aquí se propone la definición de capital territorial hecha por el Observatorio Europeo LEADER en el marco del Enfoque Territorial del Desarrollo Rural (1999).

Este enfoque propone una visión conjunta del espacio geográfico y social en el que se desarrollan las comunidades rurales. Esta visión conjunta establece que el territorio es el resultado de la interacción de cuatro elementos básicos que se expresan en términos de competitividad: el ambiental (natural), el social, el económico y la capacidad de interacción con otros territorios, la cual se denomina localización global. De acuerdo con el programa, el desarrollo debe buscar fortalecer capacidades relacionadas con cada uno de estos elementos, las cuales se expresan en la competitividad territorial.

Desde el punto de vista metodológico, en este trabajo se plantea como marco para el cálculo del indicador de Presión Social Ambiental las Leyes de Potencia o Ley de Zipf (Gabaix, 1999 a). Esta ley matemática se define como *una ley empírica que surge de la observación de un fenómeno en varios momentos y de las regularidades que en él se encuentran, aunque no sea posible explicar las razones por las cuales este comportamiento se presenta*. La Ley de Zipf hace referencia específica a la distribución del tamaño de las ciudades en diferentes países. De acuerdo con su observación existe una relación lineal inversa entre el tamaño de las ciudades y el ranking de las mismas. De acuerdo con Gabaix (1999 a, p. 739), esta ley es un requisito general para tener en cuenta un modelo de desarrollo regional o económico que considere el espacio.

La Ley de Zipf se expresa así:

$$P(U > u) = FU^{-D}$$

Es decir que la probabilidad de que, en el caso de las ciudades, el tamaño de una ciudad en términos de población, sea mayor a un valor u es proporcional a $1/U$. U es el tamaño de la ciudad i , u es un tamaño cualquiera, F es una constante y D es la dimensión fractal o nivel de complejidad de la unidad de observación. Esto se cumple para distribuciones de tipo hiperbólico o J invertido de los pesos de las unidades de observación.

En el presente trabajo, esta herramienta se utiliza para filtrar las variables relevantes a la hora de explicar el sistema socioeconómico de un territorio en términos de complejidad, asignando pesos relativos a esas variables, los cuales sirven para estimar el indicador de Presión Social Ambiental y para establecer una jerarquía entre unidades de observación. Una vez establecidos los pesos relativos de las diferentes variables socioeconómicas es necesario identificar la relación que tienen estas variables con un indicador de estado de la dimensión biofísica. Para este caso se utilizó el Índice de Hábitat planteado por Hanna et al (1995), el cual se calcula teniendo en cuenta la cobertura vegetal de un área específica, sumando áreas no transformadas con áreas poco transformadas.

$$IH = \left(\frac{AC_i + 0,25 AMT_i}{AT_i} \right) * 100$$



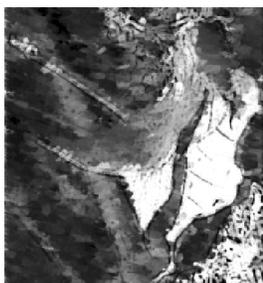
Con esta información se hizo un análisis de correlación múltiple utilizando el software STATGRAPHICS ® a partir del cual se obtuvo el coeficiente de Pearson, junto con el signo de la relación entre los datos y con lo cual se matizó la sumatoria de pesos de las variables.

Este procedimiento se considera sencillo y fácilmente aprehensible; por lo tanto puede ser considerado como una metodología de priorización socioeconómica en la gestión ambiental.

3.RESULTADOS

3.1. Definición del Ordenamiento Territorial Ambiental

El Ordenamiento Territorial Ambiental Desde La Estructura Ecológica De Soporte (OTAEEES) es un instrumento para la gestión ambiental del territorio, el cual tiene como objetivo (re)construir una red de ecosistemas estratégicos conectados por corredores ecológicos en un territorio determinado para mantener una oferta de bienes y servicios ambientales suficiente para satisfacer de manera sostenible en el tiempo y en el espacio, la demanda de los asentamientos humanos que se consideran sus usuarios directos; para lograr este objetivo el ordenamiento territorial ambiental desde la estructura ecológica de soporte debe ser un proceso planificado.



3.2. Modelo Conceptual Comprensivo de Sostenibilidad

Supuestos Conceptuales Básicos

Los siguientes son los supuestos conceptuales básicos para el diseño de un índice de Presión Ambiental Social que represente la estructura de un sistema socioeconómico regional en relación con la estructura ecológica de soporte regional, en el marco del modelo conceptual comprensivo de las relaciones sociedad - naturaleza desde la óptica de la sostenibilidad y el desarrollo territorial, planteado en el marco conceptual:

1. Un territorio es un sistema donde el componente natural o biofísico hace las veces de contexto y elemento. Los componentes socioeconómicos son los demás elementos del sistema que interactúan con el componente natural.
2. Los componentes socioeconómicos regionales básicos son el social, el económico y el institucional, los cuales tienen asociadas unas características, fenómenos y variables.
3. Los componentes socioeconómicos son dependientes de su entorno natural o del espacio geográfico donde se ubican.
4. El territorio se subdivide en unidades espaciales reales o artificiales en los que se encuentran los componentes socioeconómicos mencionados en el primer punto.
5. El comportamiento socioeconómico del territorio no es la sumatoria del comportamiento de todos los componentes socioeconómicos para todas las unidades en las que se subdivide, es decir que no se explica a través de un modelo lineal.
6. Las variables socioeconómicas clásicas son indicadores de presión indirecta sobre bienes y servicios ambientales por parte de los componentes socioeconómicos.

Identificación y Definición de las Variables

Componentes

Teniendo en cuenta el marco conceptual bajo el cual se plantea el problema de investigación, las dimensiones que se incluyen en la construcción del índice de segunda generación para evaluar la presión social ambiental son la social, la económica y la institucional en relación con el componente biofísico expresado en la EES.

Social

Esta dimensión hace referencia a los aspectos demográficos de la población, sus condiciones de vida (pobreza, salud, educación, servicios públicos, en general calidad de vida) y aspectos de articulación e identidad y se homologa a la competitividad social de LEADER.

Económico

Esta dimensión hace referencia a la producción, intercambio y distribución (actividades, tecnología y relaciones comerciales) que hacen los diferentes asentamientos humanos de un territorio. Se homologa a la competitividad económica y localización global del modelo LEADER.

Institucional

Esta dimensión hace referencia al conjunto de autoridades públicas que tienen injerencia directa sobre el territorio y sus características. Esta es una dimensión transversal en la iniciativa LEADER; aquí se toma por separado dado el peso que tienen para cada una de las otras dimensiones y por las características particulares que presentan en el caso colombiano (concentración, corrupción, sobreposición, entre otras).

Relaciones

La estructura del sistema socioeconómico tiene como principal expresión, las relaciones que se establecen entre componentes, a través de las variables, las cuales implican cambios al interior del sistema y en su contexto, en este caso el entorno natural y se replica en un ciclo retroalimentador. A continuación se presenta una propuesta genérica, de tipo verbal, de la estructura del sistema socioeconómico, la cual puede ser utilizada como referente a la hora de aplicar el modelo con el fin de establecer si la estructura hallada a través del Índice de Presión Social Ambiental, se acerca o se aleja.

Componente social

Estas variables sociales son determinadas en parte por las variables económicas e institucionales. El componente económico y sus variables dan los elementos para mejorar o no-calidad de vida, movilizar, atraer o expulsar población, articular o dar identidad a las personas o grupos, entre otros. El componente institucional aporta el contexto regulatorio para que la población se comporte y alcance unas condiciones de vida dadas. En la medida que haya responsabilidad, representatividad y eficiencia, las condiciones sociales particulares cambiarán.

Componente institucional

Esta dimensión se relaciona en doble vía con el componente social como se explica en el párrafo anterior. Se relaciona con el componente económico parcialmente ya que éste se toma en el sentido clásico del mercado, por lo que lo institucional interviene dando un contexto que genera confianza y facilita las actividades pero no hay una relación en la otra vía. Su relación con la dimensión social ya se explicó en sendo párrafo.

Componente económico

En los párrafos de dimensión social e institucional, se explican las relaciones pertinentes.

Características

Una vez definidos los componentes de un territorio, pertinentes para el OTAEES y la estructura del sistema socioeconómico territorial, a continuación en la Tabla 1, se presentan las características (procesos) básicas que se llevan a cabo al interior de un espacio geográfico y social para cada componente, asociadas a fenómenos y variables en el marco del enfoque territorial del desarrollo.

| Componente | Características | Fenómenos | Algunas variables |
|---------------|---|--|---|
| Biofísico | Flujo de bienes y servicios ambientales | Cobertura vegetal | Índice de Hábitat Manifestaciones de identidad Asociaciones, organizaciones, ingreso, empleo. |
| Social | Alto nivel de calidad de vida para todos | Cultura e identidad | Demografía y poblamiento Educación Nivel tecnológico, asistencia técnica |
| Económica | Generación y distribución de valor agregado | Gobernación y recursos financieros Recursos humanos | Crédito, ahorro, precios, costos, apoyo institucional Tipo de actividad, producción, uso de bienes y servicios Comercialización |
| Institucional | Eficiencia (Responsabilidad social) | Conocimientos y competencias | Tipo de instituciones, número Eficiencia, nivel técnico Responsabilidades, desempeño |

Tabla 1.
Elementos básicos del sistema socioeconómico territorial.

Variables

La definición de las variables de las dimensiones socioeconómicas del territorio y sus procesos o características básicas asociados, en el marco del ordenamiento territorial ambiental desde la estructura ecológica de soporte, puede hacerse teniendo los siguientes criterios, entre otros:

- Configuración funcional del sistema territorial en términos biofísicos y socioeconómicos.
- Disponibilidad de la información.
- Escala de la información.
- Relevancia de la variable para alcanzar el objetivo de evaluación.
- Rango para manejar la información.
- Capacidad de explicar otras variables socioeconómicas.
- Tipo de información.
- Calidad de la información.

El orden en el que se presentan estos criterios obedece a unas condiciones particulares del entorno colombiano donde los sistemas de información tienen innumerables fallas en cada una de sus etapas, lo que impide utilizar el criterio de calidad como uno de los primeros porque el planificador o investigador se encontraría frente a un escenario de escasez crónica de información.

Una de las soluciones a este inconveniente común en el ámbito institucional es la generación independiente de información necesaria, lo que sin embargo perpetúa la falla ya que no es un procedimiento coordinado y bajo los protocolos oficiales, haciendo que este esfuerzo se pierda. Por esta razón el modelo que aquí se presenta, incorpora el criterio de calidad de la información en los últimos puestos de la lista y no promueve esta solución.

Dado que la definición de variables depende en parte de los criterios antes mencionados, se le asume como un proceso flexible y constante; por lo tanto si aquí se quiere modelar este proceso como una de las etapas del diagnóstico en la planificación del ordenamiento territorial ambiental, sólo se pueden nombrar los fenómenos básicos que se deberían evaluar para cada dimensión, algunos de los cuales fueron introducidos en la sección anterior.

Una vez definidos estos insumos para el índice de Presión Social Ambiental, es necesario dar un soporte estadístico y matemático al modelo para construirlo. A continuación se presentan unos elementos básicos de estas dos disciplinas que servirán de herramienta para plantear el índice.

3.3. Definición de Sostenibilidad

La sostenibilidad se expresa por tanto en la construcción y permanencia en el tiempo y en el espacio de características fundamentales de los componentes del desarrollo. Sin embargo desde el punto de vista ambiental complejo, la sostenibilidad también se expresa en los procesos anteriores que logran esa construcción y permanencia. Desde el punto de vista ambiental como relaciones sociedad - naturaleza, uno de estos procesos es la provisión de bienes y servicios por parte de los ecosistemas.

3.4. Pasos Metodológicos para el Cálculo del Índice de Presión Social Ambiental

La metodología que a continuación se propone busca evaluar la presión social que ejercen los componentes socioeconómicos de las unidades de un sistema regional sobre los elementos biofísicos, comprendidos en la Estructura Ecológica de Soporte de dicho sistema. Esta evaluación se hace teniendo en cuenta la complejidad que implica la interacción sociedad - naturaleza. Esta complejidad se ve reflejada en lo que se conoce como la Ley de Pareto (Pareto, 1897) donde unos pocos elementos del sistema económico concentran la mayoría de los recursos (80:20).

Para el caso que aquí se expone, la complejidad tiene dos niveles: unidades de observación y variables. En el nivel de unidades, unas pocas ejercen mayor presión social que otras, debido a los fenómenos de concentración de las actividades económicas y de fenómenos demográficos.



En el nivel de variables, existen unas más sesgadas que otras. Esto significa que existen atributos más homogéneamente distribuidos en el sistema que otros. Esta doble aproximación parece capturar de manera satisfactoria el nivel de complejidad del sistema.

Dada la metodología del índice, sumatoria de índices parciales, unidades con IPSA mayor serán las más importantes en términos de presión. Al corroborarse con ejercicios prácticos, se encuentra que los resultados obtenidos coinciden con los resultados esperados. Sin embargo es necesario aclarar que dichos resultados son indicativos del nivel de presión y tienen un carácter macro presentando fallas a la hora de ampliar la escala.

Teniendo en cuenta estos aspectos iniciales, a continuación se presentan los pasos necesarios (herramienta metodológica) para hallar el Índice de Presión Social Ambiental:

1. Definir el universo de variables $V = v_i$, donde $i = 1, 2, 3, \dots, k$, de acuerdo con el marco conceptual del trabajo y las unidades de observación de dichas variables $X = x_j$ donde $j = 1, 2, 3, \dots, n$.
2. Definir el momento en el tiempo t para el cual se va a calcular el indicador. Dado que éste es un cálculo multivariado, es necesario determinar un momento en el tiempo para el cual estén disponibles las variables socioeconómicas y biofísicas básicas aquí propuestas.
3. Recopilar información y organizarla en una matriz de unidades de observación X_j versus variables V_j . Dado que las leyes de potencia trabajan los pesos de las variables, el tipo de dato que se incorpore en la matriz no interfiere con el funcionamiento de la metodología. Así es posible incluir datos absolutos, datos relativos, proporciones, porcentajes, índices, etc. Más adelante se explica cómo trabajar estos tipos de variables.
4. Aplicar estadística descriptiva básica (tendencia central, variabilidad, concentración y dispersión) para establecer el comportamiento de las variables V_j en términos de distribución de frecuencias $f(V_j)$. Aquí se espera obtener distribuciones sesgadas hacia la izquierda, es decir del tipo J invertido.
5. Las variables que tengan datos absolutos $V^a = v_i^a$, con $i = 1, 2, 3, \dots, k$ deben ser normalizadas matemáticamente:

$$\sum_{i=1}^n V_i^a = 1 \text{ donde } V_N^a = \frac{V_i^a}{\sum V_i^a}.$$

6. Rankear las unidades de observación para cada variable, siendo la primera la de mayor peso en el sistema territorial.
7. Aplicar de las leyes de potencia de la forma:

$$P(U > u) = FU^{-D}$$

teniendo como supuesto que los pesos de las unidades de observación siguen una distribución hiperbólica o J invertida.

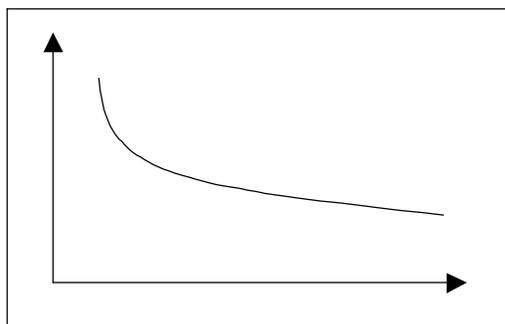


Figura 1.
Distribución hiperbólica o J invertida

8. Las variables que no son objeto de normalización matemática porque son de un tipo distinto al absoluto $V^{na} = v_i^{na}$, 1, se clasifican de acuerdo a su distribución y a las unidades de observación se les asigna un valor de acuerdo al intervalo en el que se encuentren, el cual irá directamente a la matriz de índices y a la matriz de decisión.
9. Para las unidades de observación que no tienen datos para el tipo de variables antes mencionadas, se les asigna valor de 0, lo que puede sesgar el cálculo del indicador.
- 10.. Mediante regresión bilogarítmica se obtiene el coeficiente D, la dimensión escalar para cada variable de tipo absoluto, la cual expresa el nivel de complejidad de dicha variable frente al sistema.

$$\ln(\text{Rank}v_i^a) = F - D \ln(V_N^a)$$

11. Para este parámetro se ordenan las variables en orden ascendente según D, se agrupan en un número de categorías determinado, alrededor de 5, para las cuales se calcula la media o la mediana, la cual se utiliza como índice del grupo en la matriz de índices. Este número se aplica a un grupo determinado de unidades de observación: percentiles.
12. Estimación de las relaciones entre las variables socioeconómicas relevantes con el indicador de estado del entorno natural escogido a partir de correlación lineal múltiple (Coeficiente de Pearson) o no lineal de acuerdo al nivel de sofisticación requerido.
13. Sumatoria de los índices de la matriz de índices de acuerdo al signo de la relación estimada en el punto anterior multiplicada por -1.

$$IPSA_j = \sum_{i=1}^k \pm v_i$$

14. Revisión de los resultados a la luz de conocimientos de expertos.

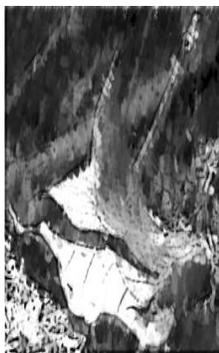
3.5. Cálculo del Índice de Presión Social Ambiental para los Municipios de Cundinamarca. 1995. (Evidencia empírica)

1. Definir el universo de variables $V = v_i$, donde $i = 1, 2, 3, \dots, k$, de acuerdo con el marco conceptual del trabajo y las unidades de observación de dichas variables $X = x_j$ donde $j = 1, 2, 3, \dots, n$
2. Definir el momento en el tiempo t para el cual se va a calcular el indicador. Dado que éste es un cálculo multivariado, es necesario determinar un momento en el tiempo para el cual estén disponibles las variables socioeconómicas y biofísicas básicas aquí propuestas.

En primera instancia se evaluó la información disponible para la dimensión socioeconómica y la biofísica, llegando a la conclusión de que se trabajaría con información del año 1995, siendo la más reciente disponible a escala 1:100.000.

La información socioeconómica recogida corresponde a la generada por la Gobernación de Cundinamarca en el Anuario Estadístico en intervalos de tres años (Gobernación de Cundinamarca, 1996). Esta información se encuentra a escala municipal y veredal para algunas variables. En general para el trabajo su calidad es satisfactoria aunque tuvo que complementarse con otros trabajos (Fundación Social, 1998).
- 3.. Recopilar información y organizarla en una matriz de unidades de observación X_j versus variables V_j dado que las leyes de potencia trabajan los pesos de las variables.

Un problema de este paso es la dispersión de fuentes de información, lo que implica diferencias en los intervalos de tiempo.



| ID | Variable | Nombre de la Variable |
|----|----------|--|
| 1 | X1 | Instituciones culturales |
| 2 | X2 | Eventos y fiestas |
| 3 | X3 | Número de líneas telefónicas en servicio |
| 4 | X4 | Juntas de Acción Comunal |
| 5 | X5 | No. Moviliz. Total |
| 6 | X6 | Tot. votos alcald. 1992 |
| 7 | X7 | Tot. votos pot. Alcal. 1994 |
| 8 | X8 | Total acciones guerrilla |
| 9 | X9 | Homicidios 1993 |
| 10 | X10 | PIB municipal 1995 / Población total 1993 |
| 11 | X11 | Total población ocupada mayor a 12 años |
| 12 | X12 | Población total |
| 13 | X13 | No. de hogares |
| 14 | X14 | Población cabecera |
| 15 | X15 | Población resto |
| 16 | X18 | Total población entre 15 y 64 años |
| 17 | X19 | Habitantes por hectárea |
| 18 | X20 | Número de personas residentes procedentes mismo + sin información |
| 19 | X21 | % NBI compuesto |
| 20 | X22 | % Miseria |
| 21 | X23 | Planteles |
| 22 | X24 | Alumnos |
| 23 | X25 | Alumnos / Profesores |
| 24 | X26 | Viviendas |
| 25 | X27 | % del área municipal en minifundio |
| 26 | X28 | Rendimientos ton/ha por tipo de cultivo |
| 27 | X29 | Área pasto corte |
| 28 | X30 | Área pradera mejorada |
| 29 | X33 | Instituciones financieras |
| 30 | X34 | Costo del cultivo principal promedio |
| 31 | X35 | Precio promedio al productor |
| 32 | X38 | Número de clases de explotaciones mineras |
| 33 | X39 | Relación cultivos transitorios y anuales – área agrícola |
| 34 | X40 | Relación cultivos permanentes – área agrícola |
| 35 | X41 | Consumo de agua doméstico (MMC año) |
| 36 | X42 | Pastos con riego |
| 37 | X45 | Número total de instituciones (sin educ, casa cultura, juzg, notaría, ins finan) |
| 38 | X46 | Carreteras pavimentadas kms |
| 39 | X47 | Funcionarios x 1000 habitantes |
| 40 | X48 | Gastos en funcionamiento / Gastos de inversión |
| 41 | X49 | Esfuerzo fiscal 1995 (ingresos propios / ingresos totales) |
| 42 | X50 | % del gasto de inversión |
| 43 | X51 | Dependencia financiera |
| 44 | X52 | Áreas conservadas |
| 45 | X53 | Índice de hábitat |

Nota: en amarillo están las variables tipo proporción, porcentaje, índice, entre otras.

Fuente: Gobernación de Cundinamarca, 1995. IDEA. 2005.

Tabla 2.
Variables para el cálculo del Índice de Presión Social Ambiental. Cundinamarca. 1995

En esta matriz de datos se combinaron variables con datos de tipo absoluto, V^a , de tipo

no absoluto o relativo, V^{na} como proporciones, porcentajes, índices, promedios, entre otros, lo que normalmente se constituye en un problema para la aplicación de técnicas matemáticas o estadísticas para cálculo de índices o indicadores. Sin embargo como se menciona antes, para el marco planteado, esto no significa mayor impedimento.

Para las variables con datos diferentes a absolutos (en amarillo en la Tabla 1) con un rango no muy amplio, se mantuvieron los datos y fueron introducidos en la matriz de decisión sin ningún cambio. Las variables con otros tipos de datos y con rangos muy amplios se categorizaron en cinco clases buscando una distribución normalizada. A cada clase se le asignó un valor entre 0 y 5, siendo 0 para los valores iguales a 0, 1 para el intervalo inferior y 5 para el intervalo superior o valores superiores. Estos valores se trasladaron a la matriz de decisión.

4. Aplicar estadística descriptiva básica (tendencia central, variabilidad, concentración y dispersión) para establecer el comportamiento de las variables 1. V_j en términos de distribución de frecuencias $f(V_j)$. Aquí se espera obtener distribuciones sesgadas hacia la izquierda, es decir del tipo J invertido.
5. Las variables que tengan datos absolutos $V^a = v_i^a$ 1, con $i = 1, 2, 3, \dots, k$ deben ser normalizadas matemáticamente:

$$\sum_{i=1}^n V_i^a = 1 \text{ donde } V_N^a = \frac{V_i^a}{\sum V_i^a}$$

6. Rankear las unidades de observación para cada variable, siendo la primera la de mayor peso en el sistema territorial.
7. Aplicar de las leyes de potencia de la forma:

$$P(U > u) = F U^{-D}$$

teniendo como supuesto que los pesos de las unidades de observación siguen una distribución hiperbólica o J invertida.

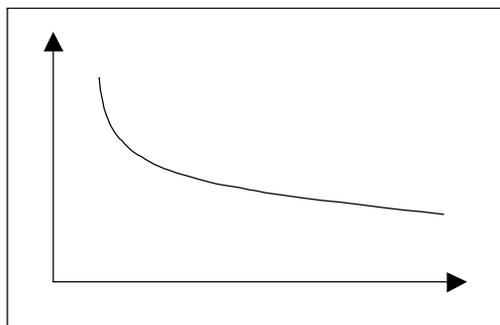


Figura 2.
Distribución hiperbólica o J
invertida

8. Las variables que no son objeto de normalización matemática porque son de un tipo distinto al absoluto $V^{na} = v_i^{na}$ 1. se clasifican de acuerdo a su distribución y a las unidades de observación se les asigna un valor de acuerdo al intervalo en el que se encuentren, el cual irá directamente a la matriz de índices y a la matriz de decisión.
9. Para las unidades de observación que no tienen datos para el tipo de variables antes mencionadas, se les asigna valor de 0, lo que puede sesgar el cálculo del indicador.
10. Mediante regresión bilogarítmica se obtiene el coeficiente D, la dimensión escalar para cada variable de tipo absoluto, la cual expresa el nivel de complejidad de dicha variable frente al sistema.

$$\ln(\text{Rank} v_i^a) = F - D \ln(V_N^a)$$

Para el caso de las variables con datos absolutos (blanco en la Tabla 1) se procedió a normalizarlas matemáticamente y rankearlas con el fin de aplicarles leyes de potencia. Como se observa en la Figura 3, para la variable viviendas, una vez aplicado este procedimiento, se estima la dimensión escalar de esta variable como la pendiente de la curva de regresión bilogarítmica, la cual es negativa cercana a -1.

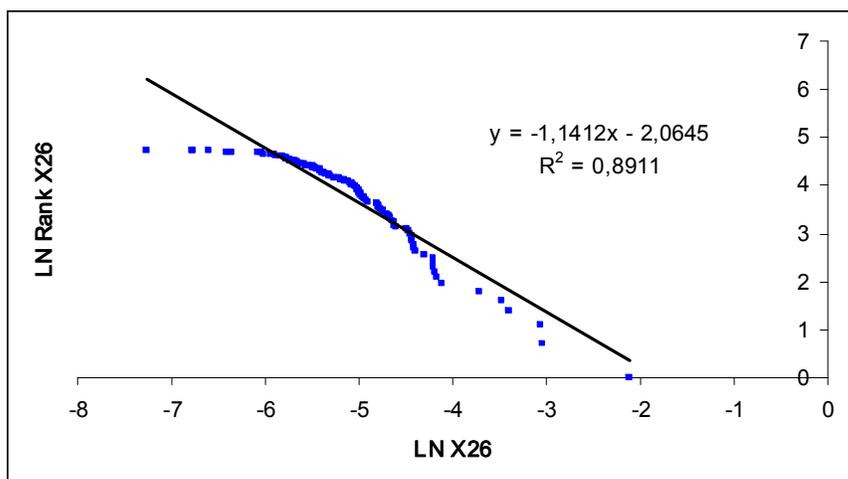


Figura 3.
Regresión bilogarítmica del número de viviendas en Cundinamarca, 1995

11. Para este parámetro se ordenan las variables en orden ascendente según D; se agrupan en un número de categorías determinado, alrededor de 5, para las cuales se calcula la media o la mediana, la cual se utiliza como índice del grupo en la matriz de índices. Este número se aplica a un grupo determinado de unidades de observación: percentiles.

Para el caso de Cundinamarca se definieron cinco clases, procurando un mismo número de variables por intervalo. Para cada intervalo se calculó la mediana (Me) como medida de tendencia central para ser utilizada como valor representativo de cada intervalo.

| Variable | Intercepción | (-D) | D | Índice (Me) |
|----------|--------------|-------------|------------|-------------|
| X42 | 0,966490915 | -0,36034138 | 0,36034138 | 0,429631076 |
| X3 | 0,981098401 | -0,42928121 | 0,42928121 | |
| X30 | 1,037271152 | -0,42963108 | 0,42963108 | |
| X29 | 0,87408429 | -0,47550332 | 0,47550332 | |
| X41 | -0,294281777 | -0,65319706 | 0,65319706 | |
| X14 | -0,307797256 | -0,67905268 | 0,67905268 | 0,770759414 |
| X9 | -0,285446699 | -0,76286504 | 0,76286504 | |
| X46 | -0,186214645 | -0,77075941 | 0,77075941 | |
| X24 | -1,419745378 | -0,97584772 | 0,97584772 | |
| X20 | -1,607442548 | -0,9965524 | 0,9965524 | |
| X11 | -1,637378238 | -1,03270062 | 1,03270062 | 1,070170649 |
| X18 | -1,700842204 | -1,04486973 | 1,04486973 | |
| X8 | -1,613235969 | -1,07017065 | 1,07017065 | |
| X13 | -1,85822875 | -1,08173101 | 1,08173101 | |
| X12 | -1,92713695 | -1,09655937 | 1,09655937 | |
| X26 | -2,064479115 | -1,14116682 | 1,14116682 | 1,200613467 |
| X6 | -2,199164673 | -1,18425102 | 1,18425102 | |
| X7 | -2,360076912 | -1,20061347 | 1,20061347 | |
| X1 | -2,488518872 | -1,3001662 | 1,3001662 | |
| X33 | -2,761321903 | -1,31024571 | 1,31024571 | |
| X15 | -2,77076293 | -1,33207919 | 1,33207919 | 1,466984685 |
| X52 | -3,193369325 | -1,41885479 | 1,41885479 | |
| X4 | -3,326646672 | -1,43423778 | 1,43423778 | |
| X23 | -3,515036182 | -1,46698468 | 1,46698468 | |
| X2 | -1,07112429 | -1,50636877 | 1,50636877 | |
| X45 | -4,913330876 | -1,84851242 | 1,84851242 | |
| X5 | -8,589062367 | -2,57511098 | 2,57511098 | |

Tabla 3.
Intervalos de variables según dimensión escalar: Cundinamarca, 1995

Este valor se asignó al cuartil superior de cada variable, es decir para las 28 primeras unidades según el ranking hecho en un punto anterior. Como resultado se obtiene una matriz de índices donde están aquellos datos originales para variables tipo índice con rangos pequeños, los valores según el intervalo de las variables con datos no absolutos diferentes a índices con rango pequeño y la dimensión escalar de las variables con datos absolutos.

12. Estimación de las relaciones entre las variables socioeconómicas relevantes con el indicador de estado del entorno natural escogido a partir de correlación lineal múltiple (Coeficiente de Pearson) o no lineal de acuerdo al nivel de sofisticación requerido.

El índice se calcula a través de la sumatoria de los diferentes valores presentes en la matriz de índices, una vez establecido el sentido de la relación entre cada variable socioeconómica y el indicador de estado del entorno natural que para este caso es el Índice de Hábitat (Hannah et al, 1995). Con el objeto de identificar la dirección de la correlación entre las variables socioeconómicas y el indicador de estado del entorno natural se aplicó un análisis de correlación múltiple utilizando el coeficiente de Pearson. Debido a que en el marco conceptual se aclaró que las relaciones entre las variables de estudio son indirectas en la mayoría de casos, el valor del coeficiente de Pearson no se tuvo en cuenta.

Tabla 4.
Coeficiente de correlación de algunas variables con el Índice de Hábitat. Cundinamarca. 1995

| Variables | Índice Hábitat | | |
|--------------------------------|----------------|-----|---------|
| | Pearson | N | P-valor |
| Gastos func sobre Gastos inv | -0,4143 | -92 | 0 |
| Movilizaciones Total | -0,3307 | -92 | 0,0013 |
| Alumnos | -0,3099 | -92 | 0,0026 |
| Habitantes por hectárea | -0,3026 | -92 | 0,0034 |
| Total Votos Alcaldía 1992 | -0,2862 | -92 | 0,0057 |
| Consumo agua doméstico MMC año | -0,2859 | -92 | 0,0057 |
| Total Votos Alcaldía 1994 | -0,2837 | -92 | 0,0061 |
| Población cabecera | -0,2809 | -92 | 0,0067 |
| No De hogares | -0,2788 | -92 | 0,0071 |
| Viviendas | -0,2656 | -92 | 0,0105 |
| Pob Ocup Mas12 años | -0,2645 | -92 | 0,0108 |
| Total población 15 y 64 años | -0,257 | -92 | 0,0134 |

13. Sumatoria de los índices de la matriz de índices de acuerdo al signo de la relación estimada en el punto anterior multiplicada por -1.

$$IPSA_j = \sum_{i=1}^k \pm v_i$$

14. Revisión de los resultados a la luz de conocimientos de expertos.

Finalmente, de acuerdo con las necesidades particulares del usuario se hace una clasificación de los resultados. Esta clasificación puede hacerse utilizando tres intervalos (alto, medio y bajo) de acuerdo con el criterio de $Me \pm 0.5 DesvEst$

En la Tabla 5 se presentan los resultados del cálculo del Índice de Presión Social Ambiental con la metodología antes presentada. En verde se encuentran los municipios del departamento de Cundinamarca con índice bajo, es decir que dada su configuración socioeconómica a 1995, no ejercen presión importante sobre el entorno natural representado por el Índice de Hábitat. Los municipios en naranja claro son aquellos que presentan un nivel moderado de presión y los municipios en rojo son aquellos que presentan un nivel alto de presión.

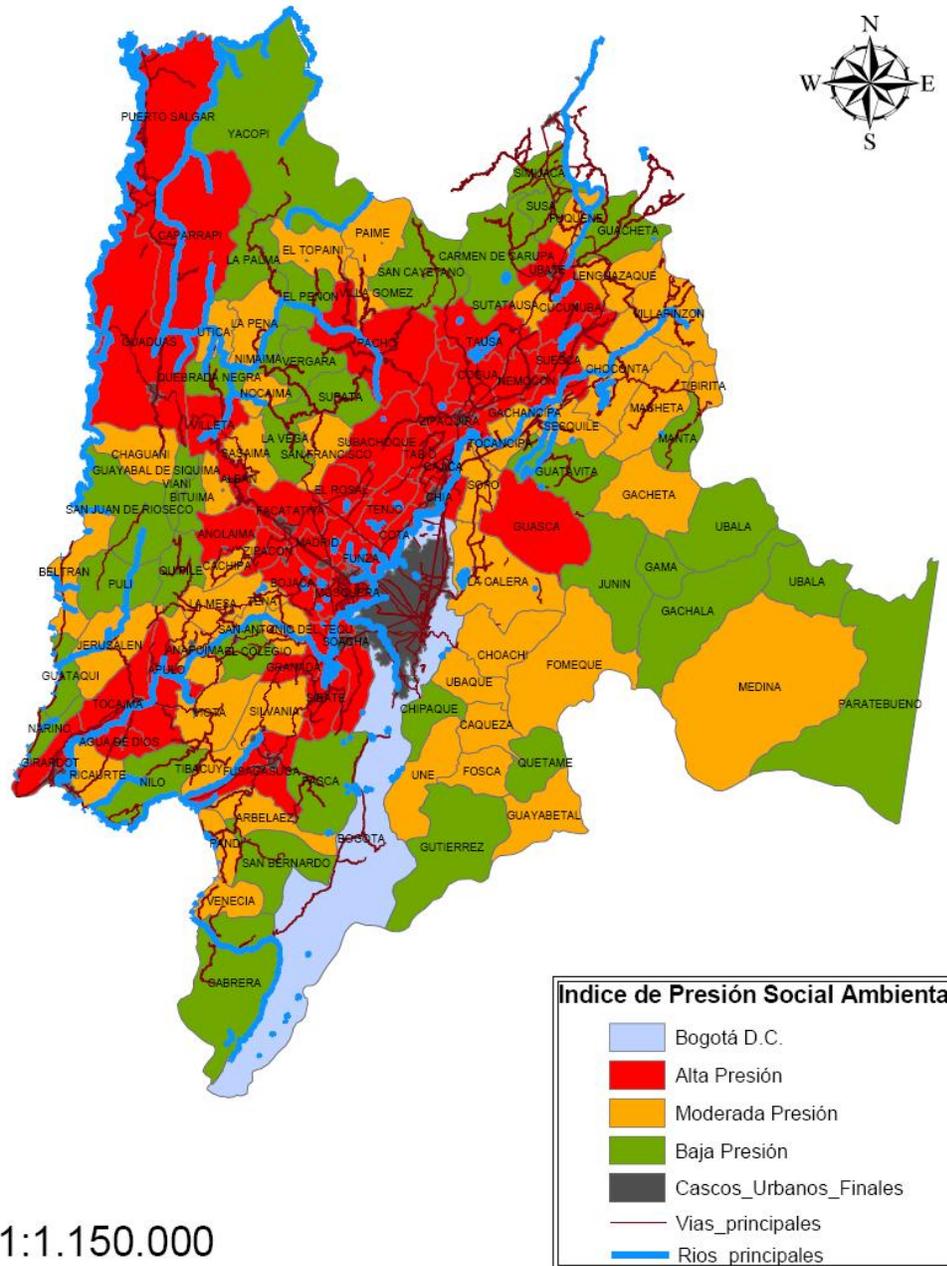
| MUNICIPIO | INDICE DE PRESION SOCIAL AMBIENTAL | NOMBRE IPSA | ID | MUNICIPIO | INDICE DE PRESION SOCIAL AMBIENTAL | NOMBRE IPSA | ID | MUNICIPIO | INDICE DE PRESION SOCIAL AMBIENTAL | NOMBRE IPSA |
|---------------|------------------------------------|--------------|-----|------------------|------------------------------------|--------------|-----|---------------------|------------------------------------|------------------|
| PACHO | 1,50963841 | Alta presión | 75 | SAN BERNARDO | -12,2867609 | Baja Presión | 11 | CACHIPAY | -4,62396835 | Moderada presión |
| COGUA | 1,51711103 | Alta presión | 18 | CHIPAQUE | -10,8800671 | Baja Presión | 65 | PANDI | -4,56286896 | Moderada presión |
| CUCUNUBA | 1,58478823 | Alta presión | 35 | GAMA | -10,8501703 | Baja Presión | 104 | UTICA | -4,3553276 | Moderada presión |
| BOJACA | 1,92561437 | Alta presión | 70 | QUEBRADA NEGRA | -9,10210788 | Baja Presión | 105 | VENECIA | -4,30863237 | Moderada presión |
| ALBAN | 2,13022274 | Alta presión | 58 | NARIÑO | -8,73893467 | Baja Presión | 96 | TIBIRITA | -4,26420384 | Moderada presión |
| TAUSA | 2,56780753 | Alta presión | 72 | QUIPILE | -8,40192898 | Baja Presión | 90 | SUTATAUSA | -4,19211697 | Moderada presión |
| PUERTO SALGAR | 2,66467931 | Alta presión | 10 | CABRERA | -8,20554793 | Baja Presión | 43 | GUAYABETAL | -4,1287046 | Moderada presión |
| FUSAGASUGA | 3,10364324 | Alta presión | 71 | QUETAME | -8,08363685 | Baja Presión | 62 | NOCAIMA | -4,12760426 | Moderada presión |
| GUASCA | 3,15928711 | Alta presión | 78 | SAN JUAN RIOSECO | -8,04765672 | Baja Presión | 30 | FUQUENE | -3,98553667 | Moderada presión |
| TENJO | 3,38729372 | Alta presión | 55 | MANITA | -8,04542876 | Baja Presión | 42 | GUAYABAL DE SIQUIMA | -3,9210382 | Moderada presión |
| CAPARRAPI | 3,43648732 | Alta presión | 69 | PULI | -8,0178631 | Baja Presión | 50 | LA PEÑA | -3,60491373 | Moderada presión |
| VILLETA | 3,75665638 | Alta presión | 46 | JUNIN | -7,91512128 | Baja Presión | 99 | TOPAIPI | -3,0168163 | Moderada presión |
| GUADUAS | 4,21787007 | Alta presión | 66 | PARATEBUENO | -7,55473004 | Baja Presión | 79 | SASAIMA | -3,00086115 | Moderada presión |
| ZIPACON | 5,50682003 | Alta presión | 8 | BITUIMA | -7,33984884 | Baja Presión | 64 | PAIME | -2,75588985 | Moderada presión |
| ANOLAIMA | 5,58576215 | Alta presión | 15 | CARMEN DE CARUPA | -7,32683538 | Baja Presión | 3 | ANAPOIMA | -2,41054469 | Moderada presión |
| SUESCA | 5,84177359 | Alta presión | 40 | GUATAQUI | -7,20399796 | Baja Presión | 56 | MEDINA | -2,29757657 | Moderada presión |
| CHIA | 6,22736045 | Alta presión | 44 | GUTIERREZ | -7,16880465 | Baja Presión | 73 | RICAUORTE | -2,26988624 | Moderada presión |
| MOSQUERA | 6,36085958 | Alta presión | 25 | EL PEÑON | -6,88324104 | Baja Presión | 27 | FOMEQUE | -2,13496169 | Moderada presión |
| APULO | 6,53671637 | Alta presión | 51 | LA VEGA | -6,77854377 | Baja Presión | 34 | GACHETA | -2,08135222 | Moderada presión |
| UBATE | 6,80329475 | Alta presión | 106 | VERGARA | -6,6646826 | Baja Presión | 80 | SESQUILLE | -1,91590671 | Moderada presión |
| AGUA DE DIOS | 6,91557733 | Alta presión | 61 | NIMAIMA | -6,62848336 | Baja Presión | 28 | FOSCA | -1,88357347 | Moderada presión |

Tabla 5
Resultados del cálculo del Índice de Presión Social Ambiental clasificado en bajo (verde), medio (amarillo) y alto (rojo). Cundinamarca, 1995

Tabla 5. Continuación
Resultados del cálculo del Índice
de Presión Social Ambiental
clasificado en bajo (verde),
medio (amarillo) y alto (rojo).
Cundinamarca, 1995

| | | | | | | | | | | |
|------------|------------|--------------|-----|--------------|-------------|--------------|-----|-----------------|-------------|------------------|
| SIBATE | 7,48108926 | Alta presión | 88 | SUPATA | -6,35249539 | Baja Presión | 53 | MACHETA | -1,67561908 | Moderada presión |
| COTA | 7,58727966 | Alta presión | 67 | PASCA | -6,15730291 | Baja Presión | 111 | VIOTA | -1,51974079 | Moderada presión |
| SUBACHOQUE | 8,26910543 | Alta presión | 100 | UBALA | -6,10400882 | Baja Presión | 20 | CHOCONTA | -1,34237139 | Moderada presión |
| TOCAIMA | 8,93897121 | Alta presión | 32 | GACHALA | -5,81506267 | Baja Presión | 82 | SILVANIA | -1,31255254 | Moderada presión |
| NEMOCON | 10,484245 | Alta presión | 107 | VIANI | -5,655928 | Baja Presión | 101 | UBAQUE | -1,27770534 | Moderada presión |
| CAJICA | 10,8882448 | Alta presión | 41 | GUATAVITA | -5,5425663 | Baja Presión | 45 | JERUSALEN | -1,14590354 | Moderada presión |
| TABIO | 11,3244045 | Alta presión | 112 | YACOPI | -5,46876941 | Baja Presión | 16 | CHAGJANI | -1,07063257 | Moderada presión |
| MADRID | 11,4835959 | Alta presión | 37 | GUACHETA | -5,43882524 | Baja Presión | 74 | SAN ANTONIO DEL | -0,9223719 | Moderada presión |
| FACATATIVA | 11,6793031 | Alta presión | 89 | SUSA | -5,26083106 | Baja Presión | 7 | BELTRAN | -0,86500744 | Moderada presión |
| GIRARDOT | 11,7949654 | Alta presión | 60 | NILO | -5,21415685 | Baja Presión | 6 | ARBELAEZ | -0,85599095 | Moderada presión |
| FUNZA | 12,4756679 | Alta presión | 24 | EL COLEGIO | -5,16059826 | Baja Presión | 77 | SAN FRANCISCO | -0,82136401 | Moderada presión |
| ZIPAQUIRA | 17,3495243 | Alta presión | 49 | LA PALMA | -5,07568322 | Baja Presión | 52 | LENGUAZAQUE | -0,68503752 | Moderada presión |
| SOACHA | 20,5313503 | Alta presión | 76 | SAN CAYETANO | -4,96254143 | Baja Presión | 19 | CHOACHI | -0,60457391 | Moderada presión |
| | | | 83 | SIMIJACA | -4,78632094 | Baja Presión | 14 | CAQUEZA | -0,34142977 | Moderada presión |
| | | | | | | | 103 | UNE | -0,28805707 | Moderada presión |
| | | | | | | | 85 | SOPO | -0,1421288 | Moderada presión |
| | | | | | | | 95 | TIBACUY | 0,20196542 | Moderada presión |
| | | | | | | | 108 | VILLAGOMEZ | 0,34511806 | Moderada presión |
| | | | | | | | 47 | LA CALERA | 0,54306434 | Moderada presión |
| | | | | | | | 93 | TENA | 0,72047393 | Moderada presión |
| | | | | | | | 98 | TOCANCIPA | 0,93510188 | Moderada presión |
| | | | | | | | 48 | LA MESA | 1,12745097 | Moderada presión |
| | | | | | | | 33 | GACHANCIPA | 1,14836346 | Moderada presión |
| | | | | | | | 109 | VILLAPINZON | 1,39655844 | Moderada presión |

Índice de Presión Social Ambiental Cundinamarca 1995



3.5. Análisis de Resultados

El Índice de Presión Social Ambiental es el la sumatoria de 12 variables con signo positivo (relación directa con el Índice de Hábitat) y 33 con signo negativo (relación inversa con el Índice de Hábitat) multiplicada por -1 para facilitar la comprensión. Así valores pequeños significan presión baja y valores altos, presión alta.

En este punto se presentan los principales descriptores estadísticos para el Índice de Presión Social Ambiental, los cuales incluyen medidas de tendencia central (media, mediana y moda), medidas de variabilidad (varianza, desviación estándar) y medidas de forma. En este conjunto se encuentran las estadísticas de curtosis y sesgo estandarizado, las cuales deben variar en un rango de $[-2,2]$ para que la distribución del índice sea normal.

Tabla 6.
Principales descriptores estadísticos IPSA.

| | |
|---------------------|-----------|
| Count | 114 |
| Average | -0,810326 |
| Standard deviation | 6,24147 |
| Coeff. of variation | -770,242% |
| Minimum | -12,2868 |
| Maximum | 20,5314 |
| Range | 32,8181 |
| Std. skewness | 3,80277 |
| Std. kurtosis | 1,51325 |

En este caso, el total de observaciones para el IPSA es de 114 con un promedio cercano a -1 aunque la mediana esté alrededor de $-1,59$. La desviación estándar es de $6,24$. El máximo valor que toma es de $20,53$ para el municipio de en Soacha y el mínimo es de $-12,28$ para San Bernardo. De acuerdo con la curtosis estandarizada, el IPSA tiene una distribución normal aunque puede presentar un sesgo hacia valores negativos de acuerdo con el sesgo estandarizado.

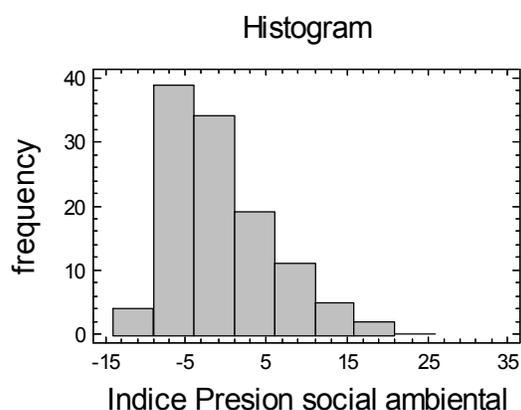


Figura 4.
Distribución de frecuencias del Índice de Presión Social Ambiental. Cundinamarca. 1995

En total, teniendo en cuenta la clasificación definida en el punto anterior, existen 31 municipios con presión alta, es decir un IPSA $> 1,50$ entre los cuales se encuentran Soacha, Chía, Mosquera y en general los municipios vecinos o con relaciones fuertes con Bogotá D.C.; dentro de los municipios con moderada presión están, Machetá, Silvana, etc. Finalmente algunos municipios con baja presión son San Cayetano, Nimaima, Vergara y Gama entre otros.

4. CONCLUSIONES

Uno de los principios rectores del ordenamiento territorial debe ser la sostenibilidad de todas las posibles dimensiones que integran el territorio y lo convierten en un espacio social. Esta sostenibilidad se define aquí teniendo como base el trabajo de LEADER y su propuesta de Capital Territorial, la Visión Ambiental Compleja y los Ecosistemas Estratégicos desde la perspectiva de la Estructura Ecológica de Soporte y del Capital Natural. Teniendo en cuenta esto la sostenibilidad se entiende como *la capacidad de los componentes de un sistema de mantener los procesos que se dan al interior de éste*. En esta línea el Ordenamiento Territorial Ambiental desde la Estructura Ecológica de Soporte se plantea como un instrumento para alcanzar la sostenibilidad territorial aquí planteada, ya que busca actuar sobre todos los componentes de un territorio en pro de reconstruir la base natural de dicho espacio geográfico con el fin de mantener el flujo y prestación de bienes y servicios ambientales, los cuales contribuyen de manera especial a la calidad de vida y bienestar de la sociedad.

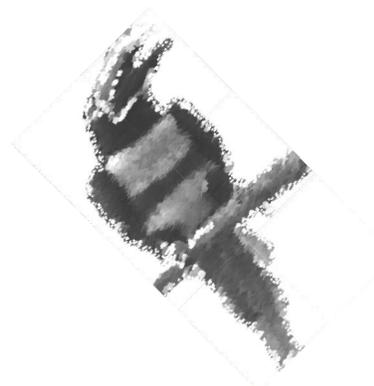
Para implementar este instrumento de la manera interdisciplinaria en que se plantea, es necesario diseñar herramientas que tengan este principio. En este marco surge el Índice de Presión Social Ambiental como metodología para relacionar los componentes socioeconómicos y natural a través del proceso de priorización de la zonificación ambiental. Para aprehender la complejidad de esta herramienta, se propone utilizar un marco estadístico y matemático tal que logre capturar estas características específicas. Por esta razón se utilizan las Leyes de Potencia como modelo matemático que representa un comportamiento diferente al normalizado y que puede estimar la complejidad del sistema de variables, y la estadística multivariada para describir ese sistema de variables. Como resultado se tiene un *ordenamiento tanto de variables como de unidades de observación de acuerdo a su nivel de complejidad*, para las primeras y para las segundas, este nivel y su relación con un indicador de estado del entorno natural. Este ordenamiento sirve para priorizar qué variables se deben utilizar y qué unidades son las prioritarias de acuerdo a las preferencias del usuario.

Este resultado se considera como un procedimiento sencillo, aplicable a cualquier unidad de observación de la cual se puedan extraer variables y puede ser de gran utilidad para procesos de planificación territorial ambiental en diferentes escalas. Sin embargo debe cumplirse con requerimientos especiales en la información para poder ser aplicado. Los resultados obtenidos de su aplicación son coherentes con los resultados esperados luego de la observación en campo.

El principal requerimiento es que, dado su carácter multivariado, el modelo necesita información de tipo corte transversal, la cual debe corresponder a un solo periodo del tiempo. En Colombia esto es difícil de encontrar en las fuentes secundarias de información debido a la incoherencia, dispersión y falta de protocolos unificados, por lo cual se recomienda, mientras la escala lo permita, trabajar con información primaria. Por otro lado, este trabajo se considera novedoso, ya que después de una revisión del trabajo hecho en el país sobre indicadores de segunda generación que capturen las relaciones entre sociedad y naturaleza, se encontró que muy pocas entidades del SINA los han diseñado o implementado y menos con la metodología propuesta. En el ámbito internacional se han hecho esfuerzos importantes para medir la sostenibilidad de los países, sin embargo su aplicación local es limitada. Finalmente, aunque este procedimiento se considera satisfactorio, trabajo posterior en distintos temas como selección de variables y correlación a través de series históricas debe complementarlo y afinarlo para que sea ampliamente difundido.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Carrizosa, J., 2003. Construir nuevas ciudades y pueblos sostenibles. Ponencia presentada en el VII Encuentro Internacional Hábitat Colombia. Yopal, Casanare. Marzo 25-27 de 2003.
- Carrizosa, J., 2001. Qué es el Ambientalismo? La visión ambiental compleja. Universidad nacional-CEREC. Bogotá.



- Colombia, 1991. Constitución Política de Colombia.
- Colombia, Congreso de la República., 1998. Decreto 879 de 1998
- Ekins, P., Simon, S., Deutsch, L., Folke, C y De Groot, R. et al., 2003 A framework for practical applications of the concepts of critical natural capital and strong sustainability. En: Ecological Economics. 2003. pp. 165-185.
- Fundación Social., 1998. Municipios y regiones de Colombia. Fundación social. Bogotá.
- Gabaix, X., 1999a. Zipf's Law for cities: An explanation. Quarterly Journal of Economics. Vol. 114 No. 3. MIT Press.
- Gobernación de Cundinamarca, 1996. Anuario Estadístico 1995-1996. Bogotá.
- Colombia, Congreso de la República, 1997. Ley 388 de 1997.
- Márquez, G., 2002. Ecosistema Estratégicos, Bienestar y Desarrollo. Educación para la gestión ambiental: Una experiencia con los funcionarios del Sistema Nacional Ambiental en la Sierra Nevada de Santa Marta Santa Marta. Unión Europea. Proyecto: Desarrollo sostenible de la Sierra Nevada de Santa Marta. pp.103-115.
- Martínez Alier, J. y Roca J., 2000. Economía Ecológica y Política Ambiental. Segunda Edición Fondo de Cultura Económica. 498 P.
- Observatorio Europeo LEADER, 1999. La competitividad territorial. Construir una estrategia de desarrollo territorial con base en la experiencia LEADER. Cuaderno No. 6, Fascículo No. 1. Observatorio Europeo LEADER.
- Pareto, V., 1897. The New Theories of Economics. Journal of Political Economy Vol. 5 No. 4 Septiembre, pp. 485-502.
- Van der Hammen, T. y Andrade, G., 2002. Estructura ecológica principal para Colombia: Primera aproximación. Informe final. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM y Fundación para la conservación del patrimonio natural Biocolombia. Bogotá. 70 P.

