

# PROPUESTA DE INDICADORES PARA LA EVALUACIÓN DEL USO URBANÍSTICO DEL MUNICIPIO SAN JOSÉ DE LAS LAJAS EN FUNCIÓN DE SU DESARROLLO LOCAL SOSTENIBLE

## THE DETERMINING OF INDICATORS FOR EVALUATING THE URBAN USE IN THE TOWN OF SAN JOSÉ DE LAS LAJAS IN THE DEVELOPMENT OF LOCAL SUSTAINABLE FUNCTIONS

HERIBERTO VARGAS RODRÍGUEZ <sup>1</sup>  
DANIEL PONCE DE LEÓN <sup>2</sup>

Universidad Agraria de La Habana  
"Fructuoso Rodríguez Pérez", La Habana, Cuba

### RESUMEN

El Municipio San José de las Lajas presenta sus principales asentamientos urbanos sobre los suelos más agroproductivos, trayendo consigo un marcado conflicto entre el uso de la tierra con fines urbanos y los usos agropecuarios y forestales. Ello es resultado de inadecuados procesos de toma de decisión, elaborados sin considerar un enfoque integral de su situación medioambiental. Además, no se cuenta con una guía para poder evaluar, de forma eficiente, la aptitud urbanística de los escenarios implicados en el proceso de evaluación. Se proponen indicadores con un enfoque holístico, que permitan evaluar el uso de la tierra con fines urbanísticos en los escenarios establecidos para el municipio, elaborados a partir del criterio de un grupo de expertos pertenecientes a las principales instituciones del municipio, utilizando como base el método Delphi. Además, se hace el análisis predictivo, a partir del cálculo de algunos indicadores demográficos, del crecimiento espacial-urbanístico en el municipio y su influencia sobre la disponibilidad de suelos para otros usos.

**Palabras claves:** conflicto de uso del suelo, indicadores de uso urbano, crecimiento urbano.

### ABSTRACT

The municipality of San José de las Lajas has its main urban establishments over the most fertile land. This produces a great conflict among its urban land use and its grazing uses and forestry uses, as result of inadequate decision making processes, elaborated without considering an integral focus of its environmental situation. Furthermore, there is not a guide to evaluate it efficiently. In our work we intended to generate some indicators that with a holistic focus to allow us to evaluate the urban use of the grounds in different scenarios of the town. For this we support the criteria of the expert team from principal institutions of this town, utilizing the Delphi method. We also project, in respect to the results acquired from the calculus of some demographic indicators, the spatial urban growth in the town and its influence on soil availability for other uses.

**Key words:** land use conflict, urban use indicators, urban growth.

<sup>1</sup> Universidad Agraria de La Habana. Autopista Nacional y Carretera de Tapaste, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. Apartado 18-19.

e-mail: vargas@isch.edu.cu

<sup>2</sup> Ingeniero Agrónomo, especialidad Suelos y Agroquímica, 1983, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana. Dr en Ciencias Agrícolas, Universidad Agraria de La Habana, 2004. Profesor asistente de la Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez". Autopista Nacional y Carretera de Tapaste, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Municipio San José de las Lajas representa 10,4 % del área total de la provincia La Habana y el segundo lugar de extensión territorial entre todos sus municipios (ONE, 2006). Desde su fundación, a mediados del siglo XVIII hasta la actualidad, sus asentamientos urbanos se han ubicado sobre los suelos más productivos, trayendo consigo un marcado conflicto entre el uso urbano y el uso agropecuario de la tierra. Ello es resultado de los inadecuados planes de ordenamiento territorial, realizados a partir del criterio ad hoc de un grupo de actores sociales del municipio. Sin embargo, en el proceso de toma de decisiones formales no siempre participan las personas más versadas en los temas y no se siguen procedimientos participativos que aseguren la consideración plural de todos los aspectos. Otro aspecto crítico es que no se cuenta con indicadores que contribuyan a evaluar, de forma integral, la aptitud urbanística de los escenarios implicados en el proceso.

Afortunadamente, algunos autores como Sendra (2001), Bose y Chakrabarti (2003) comienzan a hablar del papel multifuncional de la Tierra, reconociendo la importancia de su uso equilibrado con relación a la conservación del medio ambiente. Por ello se ha incrementado el interés por la utilización de indicadores para la evaluación del uso urbanístico que muestren cambios y que permitan, a los actores municipales, trazar políticas que lleven a consensos e inviten a acciones concretas en la gestión medioambiental de su ciudad (Arévalo Fernández, 2000).

De lo antes expuesto se pueden plantear los siguientes objetivos del trabajo:

- Estimar el comportamiento del crecimiento espacial-urbanístico existente en el municipio San José de las Lajas.
- Generar indicadores con enfoque holístico, que permitan evaluar el uso de la tierra con fines urbanísticos en los escenarios establecidos para el municipio.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Método empleado para el pronóstico de la población del municipio

Con el objetivo de estimar el total de población del municipio San José de Las Lajas para los años 2010 y 2012 y con ello conocer la necesidad de urbanización del municipio, se realizó el estudio de series temporales con los datos de población total de los últimos 25 años (1981-2005), tomados de la Oficina de estadística del municipio (ONE, 2006). El paquete estadístico utilizado para el estudio fue el Statgraphics Plus 5.1.

El modelo seleccionado fue el Suavizado Lineal Exponencial de Holts con Alfa igual a 0,9999 y Beta igual a 0,1 por ser el que mejor asume la predicción para los datos futuros de todos los modelos ejecutados por Statgraphics (Tabla N° 1), además, el mismo pasa por cinco pruebas ejecutadas en los residuos, con un nivel de confianza de 99.9%, comprobándose su idoneidad para los datos analizados.

**Tabla N°1:** Comparación de los modelos utilizados para el análisis de los datos.

Modelos	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	668,284	329,86	0,527604	104,363	0,142071
(B)	956,71	702,342	1,12843	694,663	1,11604
(C)	718,231	430,377	0,698611	203,772	0,345341
(D)	659,062	295,806	0,462954	76,3246	0,102166
(E)	726,108	463,921	0,745068	49,2077	0,0804047

A) ARIMA(1,0,0); (B) Suavizado exponencial simple con alfa = 0,9999; (C) Suavizado exp. lineal de Brown con alfa = 0,5889; (D) Suavizado exp. lineal de Holt con alfa = 0,9999 y beta = 0,1; (E) Suavizado exp. cuadrático de Brown con alfa = 0,3908. (RMSE) Raíz cuadrada del error medio; (MAE) Error absoluto medio; (MAPE) porcentaje de error absoluto medio; (ME) error medio; (MPE) porcentaje de error medio.

Otros indicadores que fueron estudiados para caracterizar el comportamiento de la población son enunciados a continuación:

- a) Crecimiento demográfico anual ó densidad de población (D) en el municipio, que se define por el Número absoluto de individuos (P) dividido por el Número de unidades espaciales en el área estudiada (Km<sup>2</sup>)(A):

$$D = \frac{P}{A}$$

- b) Tasa de crecimiento promedio anuales por ciento de población (TCPA).  
Se define como la diferencia entre el número de individuos (P<sub>1</sub> - P<sub>2</sub>) en una fecha T<sub>2</sub> y en una fecha temprana T<sub>1</sub>. Es muy utilizada para conocer si la densidad de población aumenta o disminuye en un periodo dado. Se calcula según la siguiente fórmula:

$$TCPA = \frac{(P_2 - P_1)}{P_1(T_2 - T_1)} * 100$$

Para conocer la cantidad de casas necesarias a construir, se dividió el total de población obtenido de los años estudiados entre el índice de habitantes por viviendas con valor de 3.18, según el Plan General de Ordenamiento Territorial de la Ciudad de San José de las Lajas (2003). Conociendo que una parcela típica abarca un área de 200 m<sup>2</sup> fue posible calcular el área total a ocupar por las viviendas pronosticadas para los años 2010 y 2012. En el análisis también se considero el área a ocupar por los servicios demandados de las áreas en fomento, tales como círculos infantiles, escuelas, hospitales, tiendas, entre otras.

### **Metodología para la selección de los indicadores con enfoque holístico orientadas a evaluar el uso urbano de las tierras**

Para establecer los indicadores que permitan evaluar el uso urbano de las tierras, desde una perspectiva holística, se interactuó, mediante el método Delphi (Helmer, 1966; Listone y Tureff, 1975), con un seleccionado grupo de expertos conformado por 23 especialistas de un amplio campo de acción, tales como conservación del suelo, agroquímica, geotecnia, epidemiología y medio ambiente, sociología, defensa civil, arquitectos, representantes del CITMA, entre otros.

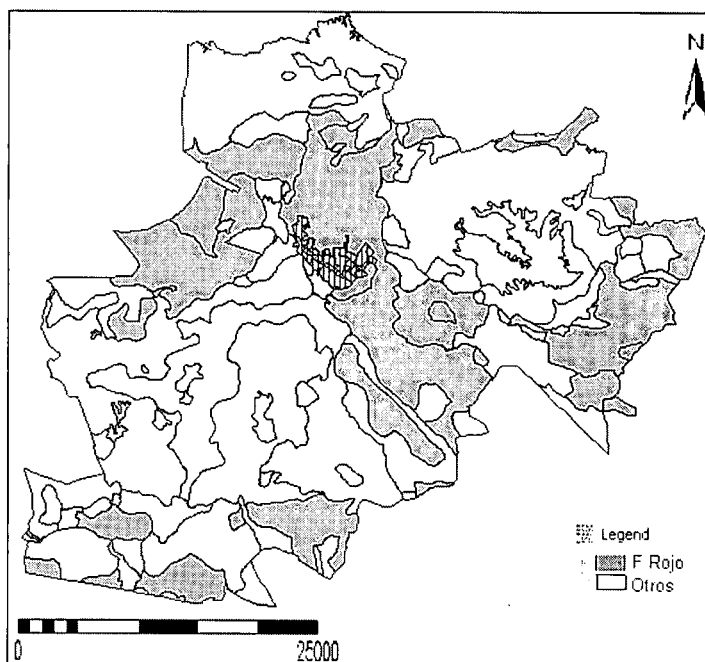
El proceso de selección de los indicadores se dividió en dos etapas principales, una de preanálisis y otra de procesamiento. La primera etapa fue dedicada a la identificación preliminar de los indicadores a estudiar y a la conformación de los equipos de expertos, mientras que la segunda se centró en el análisis y homogenización de la información obtenida a partir de encuestas circuladas de forma individual, entre los expertos. Finalmente, los resultados fueron presentados en un taller ante los principales decisores del municipio, con el objetivo de compartir ideas y principios, así como llegar a un consenso final sobre los indicadores que debían ser utilizados para evaluar este Tipo de Utilización de la Tierra en el municipio, lo más certero posible.

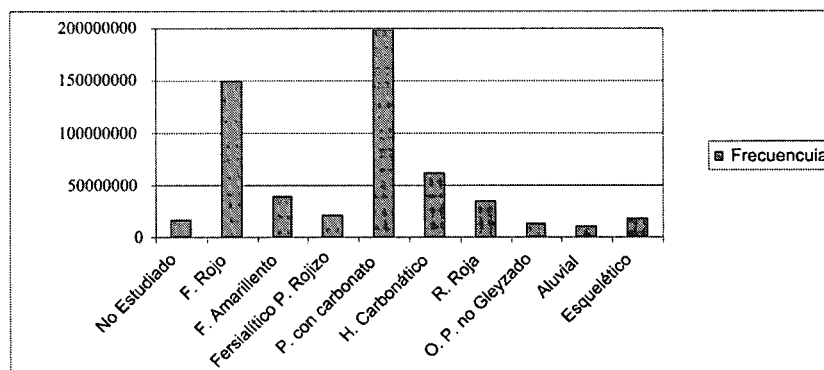
### 3. RESULTADO Y DISCUSIÓN

#### a) Análisis del comportamiento espacial-urbanístico existente en el municipio

Al analizar el crecimiento espacial y temporal de la infraestructura urbana del municipio se comprueba que, desde su surgimiento (a mediados del siglo XIII) hasta la actualidad, su crecimiento ha estado orientado hacia donde se encuentran los suelos más productivos. Ello se comprueba al observar la Figura N° 1, donde se evidencia que gran parte del casco urbano municipal se encuentra sobre los suelos Ferralítico Rojo, representados con color oscuro, quienes constituyen el segundo lugar en extensión (15021.1ha) para un 27 % del total (Figura N° 2). Estos suelos son clasificados como muy agroproductivos, por poseer muy buenas propiedades físicas para la explotación agrícola, manifestándose de esta forma un fuerte conflicto entre ambos usos, situación que se agudiza al considerar que en la actualidad el crecimiento urbano del municipio sigue orientado sobre estos suelos, como lo demuestra la nueva propuesta de crecimiento urbano aprobada por la dirección municipal para los próximos 20 años, donde se planifica la ocupación de más de 60 ha de suelos altamente productivos.

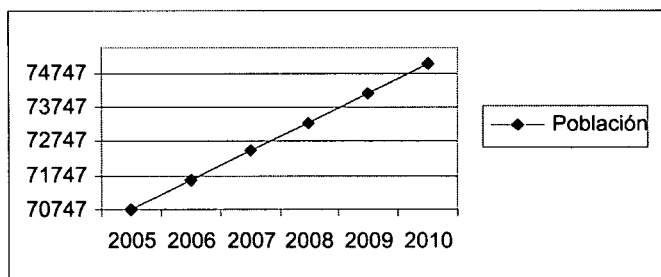
**Figura N°1:** Representación de la ubicación del casco urbano sobre los diferentes tipos de suelos presentes en el municipio San José de las Lajas.



**Figura N°2:** Histograma de frecuencia de los suelos del municipio San José de las Lajas, Cuba.

### b) Análisis del crecimiento poblacional

En la Figura N° 3 se muestra el aumento del total de población desde el año 2005 hasta los estimados para los años 2010 y 2012. Estos valores sirven de base para el cálculo de la Densidad de Población (D), considerando, además, la superficie del municipio (59593 ha). Como se observa en la Tabla N° 2, para el primer año estudiado la D es de 118.72 personas por Km<sup>2</sup>, mientras que para los años 2010 y 2012, los valores pronosticados aumentan hasta 123.02 hab. Km<sup>-2</sup> y 125.89 hab. Km<sup>-2</sup>, respectivamente. Ello se corrobora al analizar la Tasa de Crecimiento Promedio Anual (TCPA), presente en la misma tabla, donde se aprecia una tendencia al aumento anual en sus valores desde el año inicial hasta los años pronosticados. Esta situación puede ser consecuencia de la explosión de natalidad ocurrida en los años 60 en nuestro país, que se refleja en la demanda actual de empleo y vivienda, estimándose una población máxima de 12 millones de habitantes para el 2025, así como un alto grado de urbanización con tendencias a aumentar en el futuro (García, 2004).

**Figura N° 3:** Análisis de la población total del municipio San José de las Lajas.**Tabla N° 2:** Análisis de la Densidad de Población (D) y de la Tasa de Crecimiento Promedio Anual (TCPA) del municipio San José de las Lajas.

Año	Población	Densidad	TCPA
2005	70747	118.72	1.36
2010	75025	125.89	1.40
2012	76736	128.77	1.41

## Estudio de la necesidad del área a ocupar por las viviendas

Al analizar los resultados presentados en la Tabla N° 3, se evidencia que en el año 2005 existía un déficit de 988 viviendas, siendo más crítico en los años pronosticados, pues, de continuar creciendo demográficamente al ritmo actual, sería necesario la construcción de aproximadamente 2334 viviendas para el 2010, mientras que para el 2012 esta cifra se incrementaría en 538 viviendas, demandando en ambos casos un aumento considerable de áreas de suelos para su construcción.

Esta situación provoca gran conflicto entre el uso urbano y el uso agropecuario, pues, como ya se ha analizado anteriormente, el crecimiento urbano del municipio está orientado hacia donde se encuentran los suelos más agroproductivos, situación que se agudiza al considerar que las viviendas construidas actualmente son de tipología III, es decir, de una sola planta y no de dos o más plantas, con lo que se reduciría a más de la mitad el coeficiente de ocupación del suelo (COS). Resultados semejantes fueron obtenidos por Martínez, y García (2004) en la ciudad de Chile, donde ocurre un incremento promedio anual de 90 ha de suelo utilizado para uso urbano debido al aumento de su población.

**Tabla N° 3:** Áreas que ocupan las casas que deben existir en el año 2005 y las pronosticadas para los años 2010 y 2012.

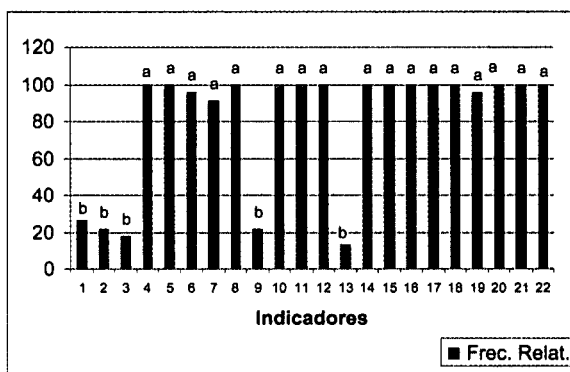
Año	Total de viviendas	Necesidad de viviendas	Viviendas a construir	Área ocupada (ha)	
				1 Planta	2 Planta
2005	21259	22247	988	26	13
2010	-	23593	2334	63.15	31.6
2012	-	24131	2872	77.18	38.6

## Indicadores para la evaluación del uso urbano

Al analizar las respuestas obtenidas de los 23 expertos con los que se interactuó a través del método Delphi, se obtuvo que el 100 % le concedió primordial importancia al empleo de indicadores para evaluar el uso urbano de las tierras del municipio. Resultados semejantes se obtienen al analizar la factibilidad de dividir los indicadores en cualidades y características, coincidiendo, de esta forma, con las ventajas reportadas por la FAO, (1985) para dicho procedimiento.

En la Figura N° 4 se muestra la distribución de frecuencia con que los expertos seleccionaron cada uno de los indicadores propuestos en la primera vuelta del método Delphi. Como se aprecia, las tres primeras cualidades, relacionadas con la productividad del suelo, su fertilidad y evolución de las zonas construidas, respectivamente, son seleccionadas por muy pocos expertos, siendo su frecuencia relativa muy baja con relación al resto de los indicadores evaluados, diferenciando significativamente para un 95 % de probabilidad. De igual manera sucede con la cualidad 9 relacionada con el drenaje del suelo, y con la número 13 relacionada con el peligro de agrietamiento, ambas representadas por un porcentaje de selección muy bajo. Las demás cualidades fueron seleccionadas por la mayoría de los expertos, alcanzando en todos los casos más del 90 % de los votos. En la Tabla N° 4 aparecen representados los indicadores que quedaron finalmente establecidos después del proceso de selección.

**Figura N° 4:** Distribución de frecuencia de los indicadores propuestos para evaluar el uso urbano de las tierras.



**Tabla N° 4:** Lista de Indicadores, divididos en cualidades y características, propuestos para el uso Urbano de la Tierra.

Cualidades	Características
<b>POTENCIALIDADES Y RESTRICCIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN.</b>	
1. Factores del terreno que afectan la urbanización	Angulo de la pendiente; Frecuencia de los cauces; Existencia de áreas protegidas; Construcciones; Presencia de humedales.
2. Propiedades Geotécnicas del suelo	Granulometría; Plasticidad; Compresibilidad; Permeabilidad, Parámetros de resistencia: ("c" (cohesión) y "φ" (ángulo de fricción interna)); Tipo de rocas, otros
<b>MANEJO</b>	
3. Ubicación	Cercanía a los servicios públicos (Escuela, Hospital, mercados, otros); Distancia a centros metropolitanos; Distancia a las fuentes de trabajo.
4. Disponibilidad de agua para beber.	Presencia de fuentes de abastos, cantidad de agua disponible, calidad del agua, otros.
5. Tamaño de las unidades de manejo	Tamaño de los bloques de tierra; Coeficiente de ocupación del suelo (COS); Posibilidad de crecimiento futuro.
<b>DESARROLLO Y MEJORA DE LA TIERRA</b>	
6. Desmonte:	<b>Bosque:</b> sotoquema, corte y tala, quema, apilamiento; costo, valor de la madera y del carbón, tiempo necesario para el desarrollo. <b>Malezas persistentes:</b> Control químico, mecánico, o por inundación, etc; costo; periodo necesario para el desarrollo. <b>Piedras y Rocas:</b> Gasto de eliminación
7. Explanación y nivelación de tierras.	Afectación ecológica; Afectación ambiental; Angulo de la pendiente; Macrorrelieve y Microrrelieve; Tamaño y forma del terreno, Costo del movimiento de tierra.
<b>CONSERVACIÓN Y EL MEDIO AMBIENTE</b>	
8. Protección contra inundaciones	Presencia o ausencia; Costo del movimiento de la tierra, Costo de estructuras e insumos.
9. Riesgo de erosión.	Control de la erosión, Pérdida máxima aceptable del suelo; Angulo de la pendiente, Efectos del clima, Erodibilidad del suelo; Costos.
10. Riesgo de hundimiento.	Material de formación del suelo, Presencias de dolinas; comportamiento de la red fluvial.
11. Riesgos biológicos	Presencias o Ausencia de focos de enfermedades humanas, Necesidad de control biológico de sus vectores.
12. Riesgos Climáticos:	Frecuencia y severidad; Índice de exposición; Vulnerabilidad de las edificaciones.
13. Vientos, Tormentas y Huracanes	
14. Riesgos fisiográficos	Frecuencia y severidad observada, Sitio topográfico
15. Inundaciones y/o Penetración marina; Deslizamientos; Temblores y Sismos	Frecuencia y severidad observada; ángulo de la pendiente; intensidad de la lluvia; Susceptibilidad litológica; susceptibilidad a la humedad. Frecuencia y severidad; índice de exposición; aspecto.
16. Control a largo plazo del agua subterránea y superficial.	Degradación de Cuencas; Protección de Cuencas; Cumplimiento de las regulaciones de las aguas subterráneas; Costo correspondientes.

Cualidades	Características
<b>POTENCIALIDADES Y RESTRICCIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN.</b>	
17. Calidad ambiental	Vulnerabilidad de acuífero, Contaminación de ríos; Contaminación del aire; Contaminación del suelo; Contaminación por Ruidos; Malos olores; otros.
18. Riesgos Tecnológicos	Presencia o ausencia de instalaciones críticas; amenaza de derrame o escape de agentes peligrosos (sustancias tóxicas, radioactivas, etc.); zona de peligro de las instalaciones críticas; vulnerabilidad de los elementos en riesgo.
<b>SOCIOECONÓMICO</b>	
19. Distribución de los servicios.	Densidad de población, Superficie del suelo ocupada por el proyecto.
20. Situación Actual del Sistema de Infraestructura.	Presencia, estado, costo correspondiente.
21. Otras limitaciones socioeconómicas que puedan ser clasificadoras.	Tipología constructiva; División política territorial; Límites de suelo; Índice demográfico; Vulnerabilidad a los accidentes; Tipo de tenencia de la tierra; Presencia de Cárceles; Presencia de Unidades militares; Nivel de presencia del espacio social sobre el natural, Otros.

#### 4. CONCLUSIONES

- Desde el surgimiento del municipio hasta la actualidad, los suelos Ferralíticos Rojos, caracterizados como unos de los más agroproductivos, han sido utilizados para el uso urbano, agravándose con ello el conflicto existente entre este uso y los demás presentes en el municipio, tales como agropecuario, ganadero y forestal.
- Al analizar los datos anuales de población total del municipio mediante el método de series temporales, se evidencia un aumento en su crecimiento poblacional para los años pronosticados (2010 y 2012), lo que conlleva al aumento de la necesidad de casas a construir, y con ello al aumento de superficie de suelos altamente productivos para ser ocupados por este uso.
- La clasificación de los indicadores estrechamente ligados a los sistemas de información municipales, en cualidades y características, permitió evaluar el uso urbano de la tierra con una mayor organización, transparencia y enfoque holístico, favoreciendo la protección del medioambiente en función del desarrollo local sostenible del municipio.

Teniendo en cuenta lo anterior, se recomienda poner más énfasis en la utilización de estos indicadores para evaluar el uso urbano en las tierras del municipio, garantizando con ello enfoques participativos y transparentes que conlleven a la sostenibilidad ambiental.

#### 5. REFERENCIAS

- Arévalo Fernández, T. (2000). Los indicadores medioambientales. Revista Fuentes Estadísticas nº 41, 2000.
- Bose, P y Chakrabarti, R. (2003). «Application of optimized multi-criteria decision-making in an environmental impact assessment study.». Civil Eng. And Env. Syst Vol. 20: pp. 31–48.



- Bosque Sendra, J. (2001). *Planificación y gestión del territorio. De los SIG a los sistemas de ayuda a la decisión espacial (SADE)*. El Campo de las Ciencias y las Artes, Madrid, España, nº 138, pp. 137-174.
- Colectivo de autores (2003): *Plan General de Ordenamiento Territorial de la Ciudad de San José de las Lajas*. Dirección Municipal de Planificación Física de San José de las Lajas, Prov. La Habana. (Inédito).
- FAO. (1985). *Directivas: Evaluación de Tierras para agricultura en secano*. Boletín de Suelos de la FAO 52, Roma, Italia. 228 p
- García Pleyan, C. (2004). *La Habana 2050. Planificación Física-Cuba*. Revista de ordenamiento territorial y urbanismo. Número 8: pp. 59-68.
- Helmer, O. (1966). *The Delphi method for systematizing judgements about the future*. University of California. Los Angeles.
- Listone, H. A. y Tureff, (1975). *The Delphi Method: techniques and application*. Addison-Wesley. Massachusetts.
- Martínez, F y García Padrón Aracelis. (2004). *Relatoría de la Comisión N°3: Competencias Municipales en materia de urbanismo y ordenamiento territorial. Planificación Física-Cuba*. Revista de ordenamiento territorial y urbanismo. Número 7: pp. 43-46.
- ONE. (2006). Oficina Nacional de Estadística. *Anuario Estadístico de La Habana*.

Copyright of Revista Ingeniería Industrial is the property of Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad del Bío-Bío and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.