

# **METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE LAS UNIDADES BÁSICAS DE PRODUCCIÓN FORESTAL (UBPF). ESTUDIO DE CASO UBPF MACURIJE**

ING. ESTHER M. SURÓS REYES, DR. OSVALDO FOSADO TÉLLEZ, DRA. MARÍA E. FERNÁNDEZ HERNÁNDEZ Y DR. EDILIO ALDANA PEREIRA

Universidad de Pinar del Río. Calle Martí 270 Final, Pinar del Río, Cuba

---

## **RESUMEN**

*En el presente trabajo se hizo un análisis de los indicadores y factores que influyen en la determinación de las dimensiones de las Unidades Básicas de Producción Forestal (UBPF), sobre la base de encuestas aplicadas a especialistas de diferentes entidades productivas y científicas en la rama forestal. Se aplicó un método económico matemático a partir de un análisis multicriterio que permitió interrelacionar indicadores y factores más representativos para el logro de un proceso de producción sostenible y eficiente. Se partió del proyecto de ordenación forestal actualizado desde el 2005 hasta el 2015 en la UBPF Macurije perteneciente a la Empresa Forestal Integral del mismo nombre, donde se analizaron diferentes variantes teniendo en cuenta los indicadores y factores más representativos, partiendo de la intensidad de los manejos forestales previstos en el proyecto de ordenación. Es importante la determinación de ese tamaño por cuanto le permite a la unidad lograr una estabilidad de la fuerza de trabajo, una organización más racional de la producción, con una disminución de los costos de producción y el incremento de la productividad del trabajo.*

**Palabras clave:** *dimensiones de empresas, unidades de manejo forestal, modelos económicos matemáticos*

## **ABSTRACT**

*In the present paper it was done an analysis of the indicators and factors that influence at the of determining the dimensions of the Basic Units of Forestry Production (BUFP). Surveys to from different productive and scientific entities from the forestry branch were carried out and as theoretical methods a mathematic-economical modeling was used from a multicriteria analysis sustainable process of production. The starting point was the project of up-to-date forestry ordering from 2005-2015 at the Macurije BUFP. The mathematic-economical model was elaborated taking into account the elements that influence significantly to determine the size the BUFP should adopt, where different variants ere analyzed taking into account the indicators and factors. It is important the determination of such size because this permits to the unit to achieve a stability of the labour force, a more rational organization of the production with diminishing in the costs of production and the increase of the working productivity.*

**Key words:** *dimensions of the empress, units of management forestry, mathematic-economical models*

## INTRODUCCIÓN

Las adecuadas dimensiones y estructura de las Unidades Básicas de Producción Forestal (UBPF) juegan un importante papel en el logro de un proceso de producción económico y social dirigido a la sostenibilidad, vinculándose elementos difíciles de coordinar eficientemente. Para la toma de decisiones se necesitan herramientas que le permitan al centro decisor escoger, entre el gran cúmulo de posibles soluciones (diseños de las UBPF), aquella que mejor se ajuste a los requerimientos que este plantea, sobre todo si tenemos en cuenta que cada una de estas soluciones garantizan un comportamiento diferente en los indicadores que este centro decisor considerará, así como el peso que cada uno de ellos posee para la decisión final.

Por lo general en este proceso de toma de decisiones no existe una variante dominante, la cual garantice los mejores resultados en cada uno de los indicadores por analizar. Deben «sacrificarse» indicadores en busca de mejoras de los demás. ¿Hasta dónde sacrificar?, ¿qué indicador sacrificar?, ¿todos los indicadores se consideran con el mismo peso de importancia? Estas y otras interrogantes resultan engorrosas para el centro decisor al escoger una variante en el tamaño de las UBPF.

El objetivo del presente trabajo es diseñar una metodología que permita determinar el tamaño de una UBPF, haciendo uso de técnicas para la toma de decisiones multicriterio, en especial el método AHP (Analytic Hierarchy Process).

## CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Para el desarrollo de la metodología se seleccionó la UBPF Macurije, con una superficie total de 12 863,5 ha, de la que tiene cubierta de bosques 11 538,8 ha, así como 765,3 ha de áreas inforestales (ríos, cañadas y áreas de autoconsumo) y 559,4 ha de superficie deforestada. Su relieve es montañoso, con suelos pardos rojizos ferralíticos y una red caminera compuesta por caminos principales de 27 km, secundarios de 52 km y carreteras de 21 km.

## DETERMINACIÓN DE LOS INDICADORES

Dentro de los indicadores objeto de estudio se tuvieron en cuenta superficie forestal total, superficie cubierta de bosque, superficie deforestada, superficie inforestal, promedio de trabajadores, volumen de trabajo dedicado a la silvicultura, volumen de trabajo de protección o conservación, calidad de sitio, índice de sitio, tipo de formaciones boscosas, valor de la producción (productos directos madereros, productos directos no madereros, beneficios indirectos), costo de producción y las utilidades.

Para ello se aplicó una encuesta a especialistas de diferentes entidades productivas y científicas, analizando los indicadores más significativos que caracterizan el proceso de producción forestal.

A estos indicadores y factores se les dio una puntuación desde 1 hasta 5, según el grado de importancia. Los

especialistas tuvieron en cuenta la interrelación de estos en el proceso productivo, lo cual permitió determinar la valoración de cada uno de ellos.

A partir de los resultados se realizó un análisis de clúster, determinaron las ponderaciones y ordenaron en función de la importancia relativa de cada criterio, quedando finalmente valor de la producción, costos de producción, superficie cubierta de bosques, volumen de la silvicultura, promedio de trabajadores y utilidades.

## DETERMINACIÓN DE LAS VARIANTES

Según los datos recopilados en las descripciones de tasación confeccionada por Aldana (2005), se tomó de cada uno de los 40 lotes del área objeto de estudio los siguientes indicadores: área total, superficie cubierta de bosques, especies predominantes, clase de calidad, área deforestada, área inforestal, volumen de producción y los manejos recomendados en el período 2005-2015. A partir de aquí se revisaron las tablas de clase de edades donde fueron agrupados los rodales por especies (*Pinus caribaea* plantación, *Pinus tropicalis* plantación, *Pinus tropicalis* natural y *Eucaliptus* sp.) y clases de edades.

Para establecer el plan de tala se aplicó el método de tala uniforme. A partir de este método se determina el área de tala anual, volumen de tala anual y el tiempo de tala para cada una de las clases de edades.

Se proponen diferentes variantes a partir de los indicadores más repre-

sentativos arrojados por la encuesta aplicada, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se deben desbrozar 75 ha en dos años.
- Durante los diez años se deben plantar 914 ha de *Pinus caribaea* y 340 ha de *Pinus tropicalis*, para un total de 1 254 ha, evaluando esta actividad en todas las variantes.
- Se resinarán 810 ha de *Pinus caribaea*; equivalente a 1 620 t (se obtiene por cada hectárea 2 t) y 319 ha de *Pinus tropicalis* que representan, y 478,5 t (1,5 t/ha) para un total de 1 129 ha por resinar y 2 098 t de resina, durante los diez años, considerándose en todas las variantes.
- Durante los diez años se van a ralear 562,6 ha; de ellas:  
Raleo I: 138,2 ha de *Pinus caribaea* y 3,9 ha de *Pinus tropicalis*.  
Raleo II: 404 ha de *Pinus caribaea* y 16,1 ha de *Pinus tropicalis*.  
Se calcularon los surtidos por obtener mediante lo obtenido por García (2004) y Padilla (1999) para ambas especies. Al final se sumaron los metros cúbicos en cada raleo, y por surtido se obtuvo un volumen general para cada actividad y para cada tipo de raleo según la planificación propuesta por realizar en las intervenciones.
- Para la tala se obtuvieron los volúmenes en hectáreas por talar anualmente para las especies *Pinus caribaea* y *Pinus tropicalis*, donde aparece una distribución en cada año y por especie.  
Para el caso del volumen en metros cúbicos se utilizó la tabla de surtidos para plantaciones de *Pinus*

*tropicalis* elaborada por Padilla (1999), y para plantaciones de *Pinus caribaea* por González (2001), donde aparece el por ciento de madera rolliza, madera en bolo, leña, cuje y corteza por obtener teniendo en cuenta la clase diamétrica. Se calculó el volumen en metros cúbicos a partir de la planificación de las intervenciones por realizar, y se obtuvo un volumen total y por surtidos para ambas especies.

- Se realizará tala selectiva por entresaca al *Pinus tropicalis* natural que responden a 365,5 ha, considerando el por ciento de árboles por extraer sobre la base de la densidad (mayor de 0,7), que es a partir de la cual se puede talar, con la determinación del volumen total en metro cúbico por hectárea en cada clase de edad y de forma general. Se ha de tener en cuenta la densidad de 1; 0,9 y 0,8, así como los surtidos que se han de obtener.
- La limpia se tuvo en cuenta en las variantes, considerando la plani-

ficación de las intervenciones por realizar, con un volumen de 509,7 ha de *Pinus caribaea* y 95 ha de *Pinus tropicalis*.

- Se deben enriquecer 1 020 ha en los diez años que dura el proyecto, 102 ha anualmente.

Se plantean ocho posibles variantes de dimensiones ajustadas a las características de la unidad, insertando cada uno de los valores obtenidos en las diferentes variantes, dentro de los indicadores evaluados en la encuesta aplicada, teniendo en cuenta su prioridad y considerando aquellos que realmente pueden estar identificados como decisivos. Se reflejan los indicadores más significativos como superficie forestal total, superficie cubierta de bosques, volumen de la silvicultura, volumen del aprovechamiento, gastos de la silvicultura, promedio de trabajadores, costos de producción, valor de la producción y las utilidades, quedando conformada la matriz criterio-alternativa (Tabla 1).

**TABLA 1**  
**Matriz criterio-alternativa**

| Variantes | Scb (ha) | Vtsilv (ha) | Trabajadores (promedio) | Costo de producción (M. pesos) | Valor de la producción (M. pesos) | Utilidades (M. pesos) |
|-----------|----------|-------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| I         | 3 845,5  | 2 349,00    | 62                      | 10 419.8                       | 12 071.8                          | 1 651.9               |
| II        | 4 590,8  | 3 304,70    | 59                      | 10 080.6                       | 11 624.7                          | 1 544.1               |
| III       | 4 727,5  | 3 304,70    | 59                      | 10 407.6                       | 12 055.5                          | 1 647.8               |
| IV        | 4 703,9  | 3 304,70    | 58                      | 10 406.7                       | 12 054.3                          | 1 647.6               |
| V         | 4 769,5  | 3304,70     | 58                      | 10 408.1                       | 11 971.7                          | 1 563.6               |
| VI        | 5 308,6  | 3 304,70    | 64                      | 10 406.7                       | 12 054.3                          | 1 647.6               |
| VII       | 5 417,5  | 3 304,70    | 66                      | 10 064.3                       | 11 602.4                          | 1 538.1               |
| VIII      | 3 673,2  | 2 274,00    | 51                      | 10 406.7                       | 12 054.3                          | 1 647.8               |

Scb: Superficie cubierta de bosque (ha).

Vtsilv: Volumen total de la silvicultura (ha).

Una vez confeccionada la matriz criterio-alternativa a partir de los indicadores por considerar y de las variantes generadas, se procede a la selección de la variante preferida.

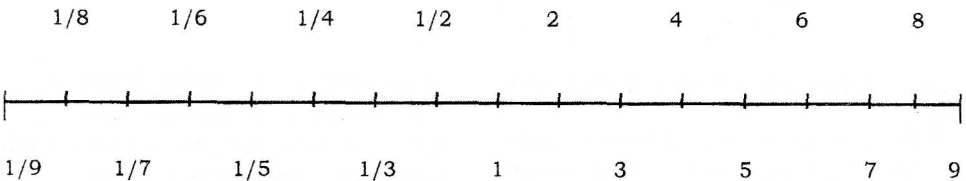
## **MÉTODO DE JERARQUÍA ANALÍTICA (AHP) (ANALYTIC HIERARCHY PROCESS)**

Para la toma de decisiones multicriterio discreta, donde el conjunto de alternativas A es un conjunto finito

de alternativas factibles, existe una gran gama de métodos de solución. Se destaca el método de jerarquía analítica (AHP) (Analytic Hierarchy Process), introducido a finales de la década de 1970 por Thomas L. Saaty con un gran impacto tanto a nivel teórico como aplicado.

### **LA ESCALA AHP**

La técnica usa la siguiente escala, basada en el principio de comparación por pares:

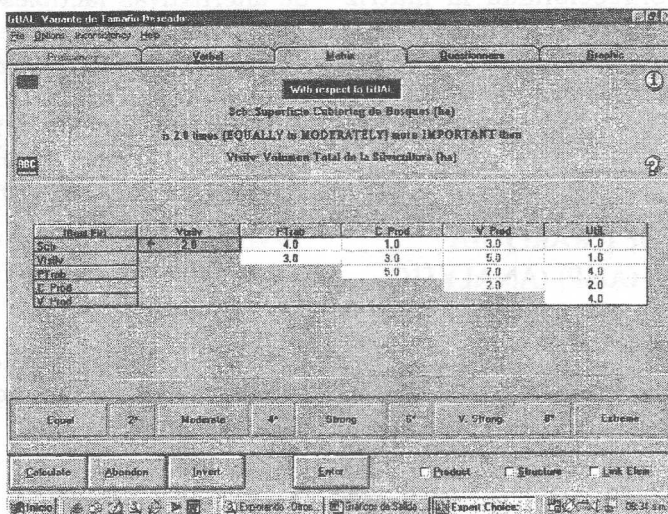


Esta escala la estableció Thomas L. Saaty no en forma arbitraria, sino como producto de todo un estudio de base experimental, donde se ha confirmado que una escala de nueve elementos es razonable y refleja de manera suficiente los distintos grados o niveles en los cuales una persona puede discriminar la intensidad de la relación entre elementos de un conjunto dado. De esta manera todas las comparaciones, y por ende las mediciones, se hacen en la misma escala. Por ello la técnica se ajusta al principio de homogenización de la teoría de mediciones, en particular cuando se trabaja con factores o va-

riables de gran variedad y diversidad en el estudio que se está realizando.

### **APLICACIÓN DEL MÉTODO**

A partir de las variantes, los indicadores definidos y la matriz criterio-alternativa, se pasa a la determinación de los pesos, para lo cual se confecciona la matriz de comparación por pares, basada en encuestas y entrevistas a los especialistas y la escala establecida por Saaty. Para este proceso se utilizó el software Extert Choice Versión 9.47 v79 de 1995.

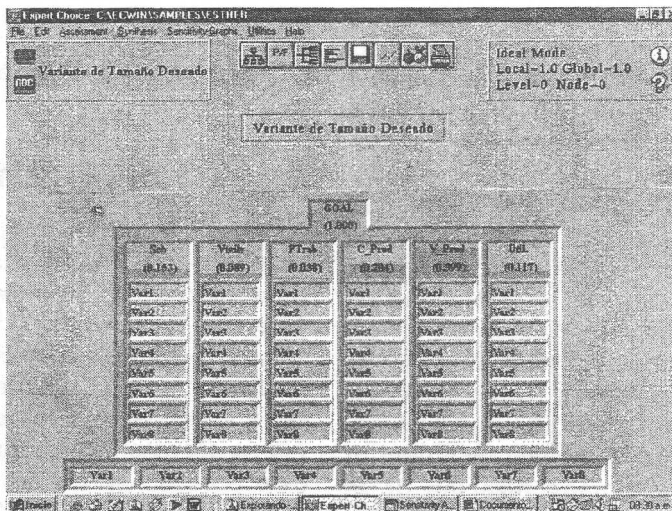


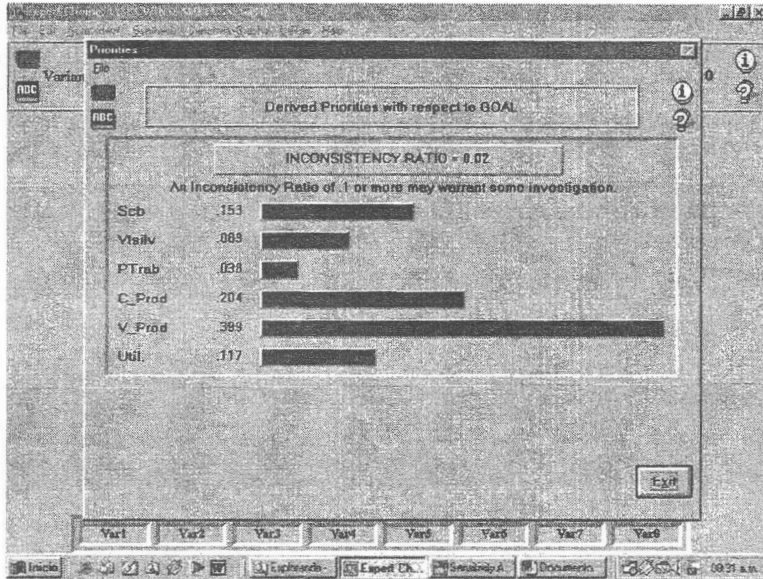
PTab: Promedio de trabajadores (unidades)

C Prod: Costo de la producción (pesos)

V Prod: Valor de la producción (pesos)

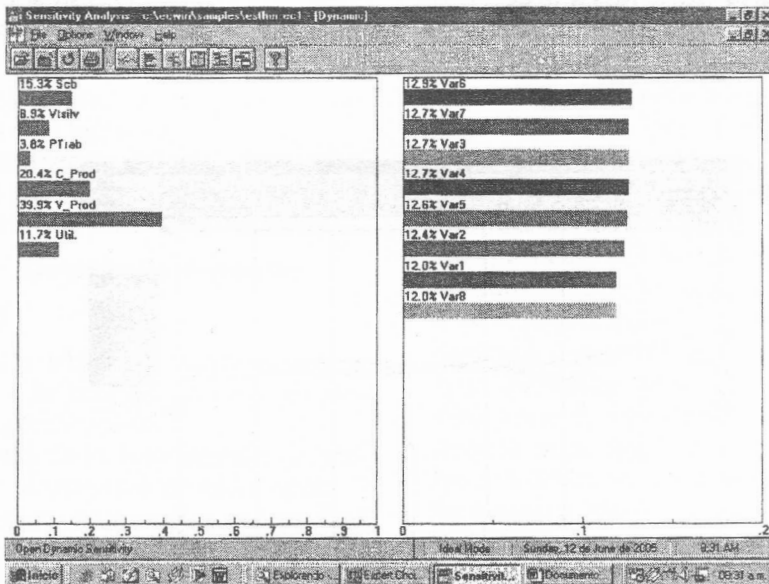
Se determina a continuación la estructura jerárquica del problema y los pesos de cada criterio a partir de la matriz de comparación por pares:





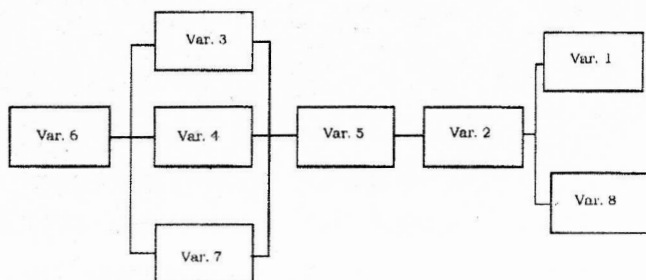
Como puede observarse, existe un ratio de inconsistencia de 0,02, inferior a 10% de cota máxima exigi-

do por el método AHP, por consiguiente puede continuarse el procesamiento.



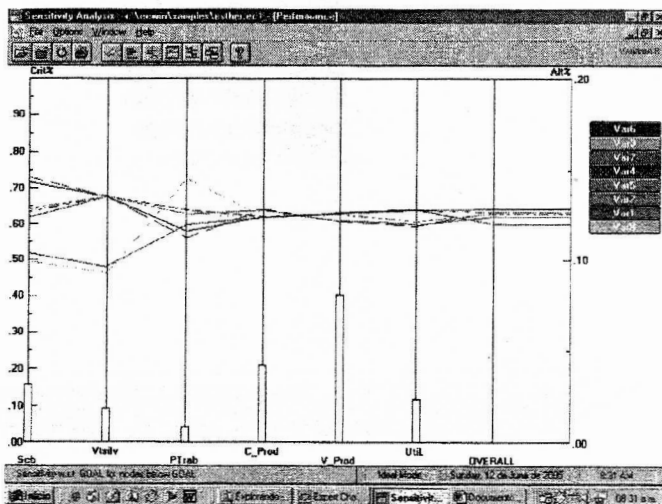
En la anterior tabla puede observarse, en una primera ventana, los pesos asignados a cada uno de los criterios según el procesamiento de la matriz de comparación por pares y la matriz criterio-alternativa. En la segunda ventana se observa el índice de preferencia de cada una de las variantes.

Como variante preferida, con un índice de 12,9% aparece la variante 6, en un segundo lugar de preferencia existe un empate (12,7%) entre las variantes 3, 4 y 7, le sigue la variante 5 con 12,6%, la 2 con 12,4% y en último lugar un empate entre las variantes 1 y 8. Estos resultados se esquematizan en la siguiente figura:



Un análisis de sensibilidad, muy importante para la valoración de cambios en los niveles de preferencia de las variantes por cam-

bios en los pesos de los indicadores, puede realizarse en la siguiente salida del software Expert Choice.



## **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

Como se determinó a partir de la aplicación del método para la toma de decisiones multicriterio AHP, la variante más deseada corresponde a la variante 6, que nos arroja los siguientes resultados: superficie cubierta de bosques: 5 308,6 ha; volumen de la silvicultura: 3 304,70; promedio de trabajadores: 64; costo de producción: 10 406 775.00 pesos; valor de la producción: 12 054 351.00 pesos, y las utilidades: 1 647 576.00 pesos.

A modo de resumen se presenta la metodología que sintetiza los resultados expuestos en el presente trabajo.

### **Fase I: Diagnóstico preliminar**

#### **Etapas**

- Aplicación de encuestas a especialistas de las entidades productivas y científicas.
- Decisión de elementos fundamentales para definir las dimensiones de las unidades de manejo (indicadores y factores).
- Determinación de indicadores y factores más representativos a partir del análisis de clúster realizado.

### **Fase II: Elección de variantes**

#### **Etapas**

- Estudio del patrimonio forestal adscrito a la unidad de base territorial seleccionada.
- Análisis de la información obtenida en el proyecto de ordenación.
- Propuesta de manejos por realizar durante los diez años que dura el proyecto.
- Selección de variantes ajustadas a las características de la unidad.

### **Fase III: Aplicación**

#### **Etapas**

- Método matemático empleado.
- Aplicación de la propuesta en el área objeto de estudio.
- Valoración económica.

## **CONCLUSIONES**

- Los indicadores que influyen significativamente en el tamaño y diseño de una UBPF son: superficie cubierta de bosques, superficie forestal total, superficie deforestada, superficie inforestal, índice de sitio, calidad de sitio, volumen de la silvicultura, promedio de trabajadores, costo de producción, valor de la producción y utilidades.
- La interrelación de un gran cúmulo de variantes en el análisis imposibilita al centro decisor obtener soluciones eficientes. El empleo de técnicas económico-matemáticas constituye una importante herramienta para este fin, en especial el uso de métodos para la toma de decisiones multicriterio.
- La aplicación del método económico-matemático propuesto (AHP) a la UBPF Macurije seleccionó como variante deseada la número 6, la cual garantiza para los próximos diez años el siguiente comportamiento: superficie cubierta de bosques: 5 308,6 ha; volumen de la silvicultura: 3 304.70 ha; promedio de trabajadores: 64; costo de producción: 10 406 775.0 pesos; valor de la producción: 12 054 351.00 pesos; y utilidades: 1 647 576.00 pesos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALDANA PEREIRA, EDILIO: «Proyecto de ordenación. Empresa Forestal Integral Macurije», decenio 2005-2015, 2005.
- ARES ROJAS, ERASMO: «Tablas dasométricas, propuesta de categoría y valoración de alternativas de manejo para los pinares naturales de la EFI La Palma». Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales, Universidad de Pinar del Río, Cuba, 1999.
- GARCÍA CORONA, ILIA: *Contribución para el establecimiento de tablas de rendimiento de Pinus caribaea en la provincia de Pinar del Río*, 1989.
- GONZÁLEZ, F.: «Tablas de volumen y surtido para las plantaciones de *Pinus caribaea* var. *caribaea* de la Empresa Forestal Integral Macurije», Universidad de Pinar del Río, Cuba, 2001.
- HERRERO ECHEVARRÍA, JUAN: «Criterios e indicadores para el manejo forestal sostenible», revista *Cuba Forestal*, vol. 1, no. 1, 2000.
- LEÓN SANCHEZ, MARÍA ET AL.: «Modelo de decisión multicriterio discreto en la selección de alternativas de aprovechamiento de la madera», revista *Rect@*, Series Monografías no. 1, Ed. Tirant lo Blanch, Valencia, 2002, pp. 211-226.
- PADILLA TORRES, GERMÁN: «Tablas dasométricas para plantaciones de *Pinus tropicales* Morelet». Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales, Universidad de Pinar del Río, Cuba, 1999.
- ROMERO, CARLOS: *Teoría de la decisión multicriterio: conceptos técnicos y aplicaciones*, Alianza Editorial, Madrid, 1993.