

FERIA DE PROYECTOS DE AULA

PROGRAMAS ACADÉMICOS DE INGENIERÍA

PRIORIZACIÓN DE PROBLEMÁTICAS AMBIENTALES EN DESTINOS ECOTURÍSTICOS MEDIANTE PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO. CASO DE ESTUDIO: TERRITORIO AMAZÓNICO COLOMBIANO

Asignatura: Trabajo de Grado

Nombres: Santiago Aguilar-Hanabergh y Tatiana Riveros

Programa de Ingeniería Industrial, Departamento de Ingeniería, Universidad Jorge Tadeo
Lozano. Carrera 4 No. 22-61, Bogotá, Colombia.

Email de correspondencia: santiago.aguilarh@utadeo.edu.co

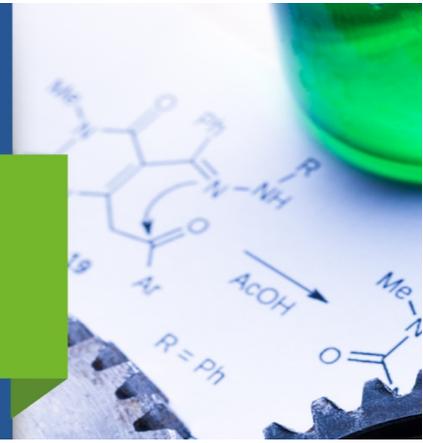
Abstract

El ecoturismo en el Bioma Amazónico representa una amenaza para el ecosistema al no gozar de prácticas ecológicas que cierren el ciclo entre el ecoturismo y la conservación. La toma de decisiones en gestión ecoturística presenta características propias de un problema complejo, compuesto por las necesidades y expectativas de múltiples grupos de interés. Los estándares de turismo sostenible permiten establecer criterios múltiples de impacto, basados en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), establecidos por la ONU en 2015. El presente estudio propone una metodología basada en la combinación de las técnicas proceso analítico jerárquico AHP (Saaty, 1977), junto al uso de rankings reducidos con la escala del método de votación propuesto por Borda (Borda, 1781). Finalmente se comparan las opiniones de varios decisores mediante análisis de similitud, utilizando el postulado de Romero y García (Romero-gelvez & García-Melón, 2016). Como aplicación novedosa se utiliza un paquete realizado en el lenguaje de programación JULIA y se comparan los resultados con los obtenidos mediante el software superdecisions.

Palabras claves: Ecoturismo, análisis multicriterio, Objetivos de Desarrollo Sostenible, Proceso Analítico Jerárquico, borda, consenso.

FERIA DE PROYECTOS DE AULA

PROGRAMAS ACADÉMICOS DE INGENIERÍA



1. Modelo

A continuación se detalla el modelo de decisiones y las técnicas que se aplican.

1.1. Los decisores

Según el análisis de stakeholders, se definieron los siguientes decisores:

- Una psicóloga experta en igualdad de género.
- Un ecoturista influenciador.
- Un ingeniero oriundo de la Amazonía.
- Un académico, experto en proyectos de conservación en el Amazonas.
- Un biólogo experto en ecosistemas acuáticos.
- Los autores del proyecto.

1.2. Los criterios

Se definieron como criterios los enfoques del turismo sostenible según la OMT (2017).

- Mitigación de la pobreza

Este criterio se refiere al crecimiento económico y empleo decente que puede generar el ecoturismo en la región.

- Dispersión de viaje

El turismo a nivel global tiende a concentrarse en los mismos puntos. Este criterio se refiere a la influencia del ecoturismo en este lugar puede dispersar a los turistas de los destinos más convencionales.

- Emisiones de carbono

Este criterio se refiere a la importancia de mitigar la huella de carbono generada por el turismo en la región, dado que el turismo es un contribuyente importante a las emisiones globales de gases de efecto invernadero.

- Uso eficiente de recursos

Este criterio se refiere al impacto por el uso de materiales y energía renovables en el destino, principalmente por los operadores de servicios complementarios, como alimentación y hospedaje.

FERIA DE PROYECTOS DE AULA

PROGRAMAS ACADÉMICOS DE INGENIERÍA

- Áreas protegidas

Este criterio se refiere a la relevancia de promover la planeación de turismo en zonas protegidas de la región y el cumplimiento de los planes de cuidado de zonas protegidas.

- Igualdad de género

Este criterio se refiere a la importancia de la promoción del empleo y ascenso a cargos administrativos para el género femenino en el sector turismo en la región.

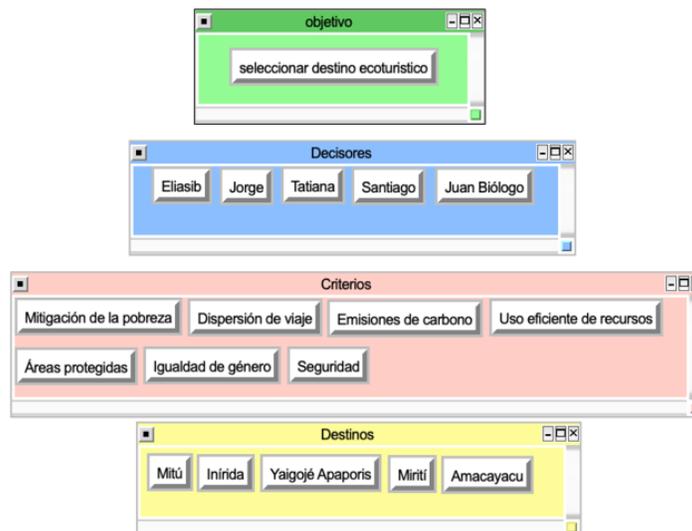
- Seguridad

Este criterio se refiere al cuidado de los turistas frente riesgo de fallecer o sufrir injurias por ataques terroristas.

1.3. Las alternativas

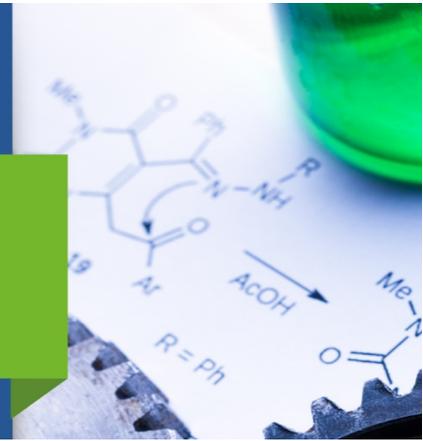
Se establecieron como posibles destinos para ecoturismo en el Amazonas:

- Amacayacu
- Mitú
- Inírida
- Yaigojé Apaporis
- Mirití



FERIA DE PROYECTOS DE AULA

PROGRAMAS ACADÉMICOS DE INGENIERÍA



El modelo anterior es construido en el software super decisions® y pretende agregar de manera didáctica todos los juicios de valor de los decisores.

1.4. Encuesta

	9 extre	7 muy fuert	5 fuert	3 ligeri	1 igual impr	3 ligeri	5 fuert	7 muy fuert	9 extre	
Mitigación de la pobreza	<input type="radio"/>	Dispersión de viaje								
Mitigación de la pobreza	<input type="radio"/>	Emissiones de carbono								
Mitigación de la pobreza	<input type="radio"/>	Uso eficiente de recursos								
Mitigación de la pobreza	<input type="radio"/>	Áreas protegidas								
Mitigación de la pobreza	<input type="radio"/>	Igualdad de género								
Mitigación de la pobreza	<input type="radio"/>	Seguridad								
Dispersión de viaje	<input type="radio"/>	Emissiones de carbono								
Dispersión de viaje	<input type="radio"/>	Uso eficiente de recursos								
Dispersión de viaje	<input type="radio"/>	Áreas protegidas								
Dispersión de viaje	<input type="radio"/>	Igualdad de género								
Dispersión de viaje	<input type="radio"/>	Seguridad								
Emissiones de carbono	<input type="radio"/>	Uso eficiente de recursos								
Emissiones de carbono	<input type="radio"/>	Áreas protegidas								

Ordene las alternativas de la mejor a la peor con respecto a su aporte potencial al criterio: **Emissiones de carbono**

Ejemplo:

para 5 alternativas A1, A2, A3, A4 y A5

1. A5
2. A3
3. A4
4. A1
5. A2

la mejor es A5 y la peor es A2

Categorías disponibles:

-
-
-
-
-

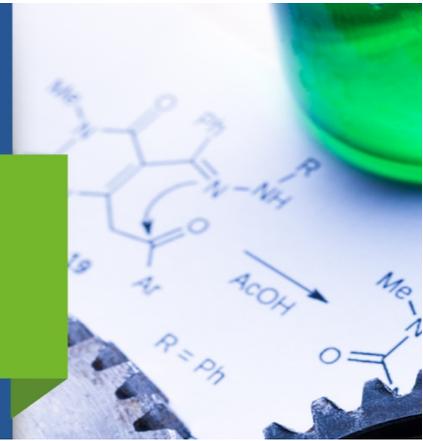
0/5

Categorías clasificadas:

1.
2.
3.
4.
5.

FERIA DE PROYECTOS DE AULA

PROGRAMAS ACADÉMICOS DE INGENIERÍA



2. TECNICAS UTILIZADAS

2.1. Proceso analítico jerárquico

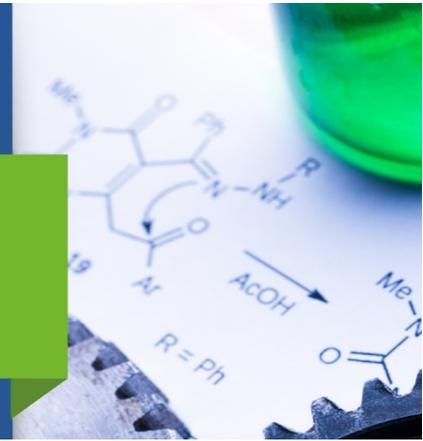
Según Saaty (Saaty, 2014) el PAJ es una herramienta útil para estructurar problemas complejos en los que influyen múltiples criterios y al mismo tiempo clasificar en orden de importancia un conjunto de alternativas. La lógica del método es: Inicialmente se realiza una estructura jerárquica en donde se identifica el problema de decisión principal, luego se identifican los criterios y sub criterios que se tienen en cuenta para la toma de la decisión. Estos criterios se ponen en niveles de importancia que se denominan jerarquías. El último nivel corresponde al conjunto de alternativas que serán evaluadas respecto a cada uno de los criterios y sub criterios. Esta evaluación se desarrolla mediante una serie de comparaciones binarias en una matriz $n \times n$, donde n es el número de elementos a ser comparados. Para poder realizar la comparación se requiere de una escala. Saaty propuso una escala entre 1 y 9 en donde cada valor intermedio tiene una interpretación para el decisor. (Ver Tabla 1 a continuación)

Tabla 1: Escala de comparaciones binarias (Tomado de Saaty (Saaty, 1977, 2014))

Intensidad Relativa	Definición
1	Igual importancia
3	Importancia moderada de un elemento sobre otro
5	Importancia fuerte de un elemento sobre otro
7	Importancia muy fuerte de un elemento sobre otro
9	Extrema importancia de un elemento sobre otro
2, 4, 6, 8	Valores intermedios

FERIA DE PROYECTOS DE AULA

PROGRAMAS ACADÉMICOS DE INGENIERÍA



El siguiente paso es encontrar las prioridades relativas de los criterios y/o las alternativas. Este paso se basa en la teoría del eigenvector. Por ejemplo si una matriz de comparación es A , entonces

$$Aw = \lambda_{\max} w \quad (2.1.1)$$

Donde w corresponde al vector columna de los pesos relativos que se obtienen realizando el promedio de cada renglón de la matriz de comparación normalizada. La normalización de la matriz se realiza dividiendo cada uno de los elementos de cada columna por la suma de todos los elementos de la misma. El valor de λ_{\max} se obtiene al sumar el vector columna correspondiente a la multiplicación de la matriz de comparación original con el vector columna de pesos relativos.

$$\lambda_{\max} = \sum_i^n Aw \quad (2.1.2)$$

Debido a que las comparaciones se realizan subjetivamente, se requiere de un índice de consistencia para medir la coherencia de quien realiza las calificaciones. El índice de consistencia se calcula de la siguiente manera:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2.1.3)$$

La relación de consistencia CR se calcula de la siguiente forma:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.1.4)$$

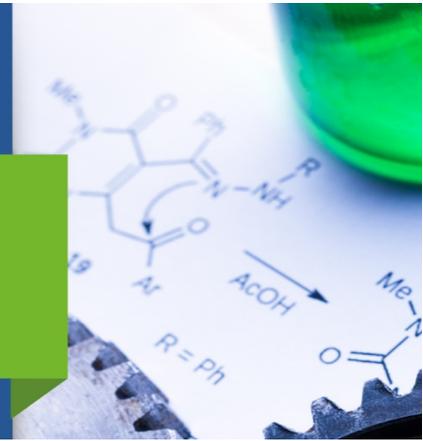
En donde el ratio de inconsistencia RI es una constante de comparación que depende del tamaño de la matriz de comparación pareada para tamaños de $n=9$ (nuestra matriz de criterios x criterios) $RI = 1.45$

2.2. Método de Borda

El método de Borda plantea la asignación de un peso desde 1 hasta n a las n alternativas que se tienen para el problema de decisiones, por esto asignaremos un valor de 12 a la mejor alternativa y 1 a la peor alternativa en nuestro problema de

FERIA DE PROYECTOS DE AULA

PROGRAMAS ACADÉMICOS DE INGENIERÍA



decisión. Una vez que se tienen los vectores para cada criterio se normalizan para obtener valores $V_i \in [0, 1]$ siendo la sumatoria de las componentes del vector $V_i = 1$.

2.3. Análisis de consenso

Un proceso de consenso en problemas de toma de decisiones grupal es un proceso cuya intención es lograr acuerdo entre los involucrados, usualmente con varias rondas de discusión donde los expertos (o los decisores) modifican sus preferencias de acuerdo a los consejos dados por el facilitador. Este estudio muestra el nivel de acuerdo con la decisión final y con la ponderación de los criterios mediante medidas de similaridad en sus matrices de decisión individuales. De acuerdo con (Cabrerizo, Chicalana, & Herrera-viedma, 2013) la búsqueda de consenso presenta retos en las siguientes áreas: Consejería, modelos basados en la confianza, visualización y verbalización del proceso, la importancia de los expertos, contextos dinámicos de decisión y persuasión. Este trabajo se enfoca en la visualización del proceso con altos volúmenes de información. A continuación se muestran los pasos del índice de consenso propuesto por (Chiclana, Herrera-Viedma, Herrera, & Alonso, 2007; Herrera-viedma, Alonso, Chiclana, & Herrera, 2007) basado en la medida de similaridad para la matriz de decisión de cada participante, como se explica a continuación.

Por cada par de expertos (e_k, e_l) ($k=1, \dots, m-1, l=k+1, \dots, m$) se obtiene una matriz de similaridad $SM_{ij}^{kl} = (sm_{ij}^{kl})$ comparando cada matriz de decisión de cada decisor E_{ij}^k con el resto de ellos $E_{ij}^{k+1} \dots E_{ij}^l$ como se muestra a continuación.

$$sm_{ij}^{kl} = 1 - |p_{ij}^k - p_{ij}^l|. \quad (2.3.1)$$

Donde, p_{ij} es la valoración de las alternativas A_j contra los criterios C_j , que son, los eigen vectores para cada decisor.

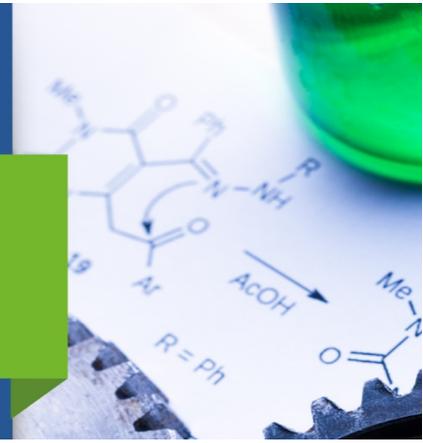
Es calculada una matriz de consenso, $CM = (cm_{ij})$, agregando las matrices de similaridad usando la media aritmética como función de agregación.

$$cm_{ij} = \phi(sm_{ij}^{kl}, k=1, \dots, m-1, l=k+1, \dots, m). \quad (2.3.2)$$

Donde, sm_{ij} es la matriz de similaridad para cada decisor. Una vez que la matriz es calculada, los grados de consenso se obtienen en tres niveles diferentes.

FERIA DE PROYECTOS DE AULA

PROGRAMAS ACADÉMICOS DE INGENIERÍA



- a. **Nivel 1** – Grado de consenso en pares de alternativas. El índice de consenso de un experto con un grupo de expertos sobre una alternativa. x_i bajo un criterio C_j es

$$CE_{ij}^h = cm_{ij} \quad (2.3.3)$$

- b. **Nivel 2** – Grado de consenso sobre las alternativas. El índice de consenso de un experto con un grupo de expertos con respecto a la alternativa x_i

$$CA_i^h = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n CE_{ij}^h \quad (2.3.4)$$

- c. **Nivel 3** – Índice de consenso sobre la matriz de decisión.

$$CI^h = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m CA_i^h \quad (2.3.5)$$

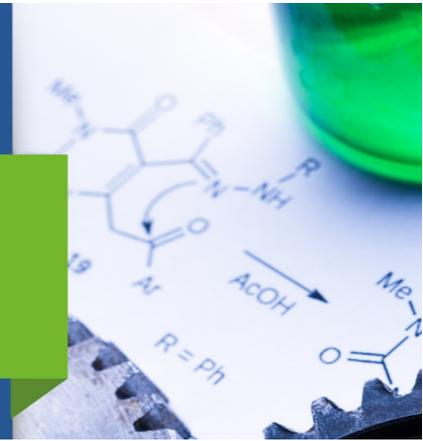
Donde m , es el número de criterios para cada matriz de decisión.

Una vez se obtenga el índice de consenso, CI , es comparado con el mínimo nivel de consenso establecido para el problema, $CL \in [0, 1]$, el cual dependerá del tipo de problema abordado. CL es un valor de referencia predefinido por el moderador y puede ser diferente para cada problema. Un CI más alto significa un mayor nivel de consenso para el problema. Cuando $CI \geq CL$, el modelo de consenso termina y se acepta aquella alternativa que tenga la mayor valoración para el problema sobre las decisiones agregadas de los participantes. De otra forma, se debe dar retroalimentación a los participantes y se aplica nuevamente todo el proceso de cálculo de consenso sobre las nuevas valoraciones. Con base en (Romero-gelvez & Garcia-Melón, 2016) se proponen a continuación seis tipos de consenso para el problema:

- Ninguno = 0 – 0.17
- Muy bajo = 0.17 – 0.33
- Bajo = 0.33 – 0.5
- Medio = 0.5 – 0.67
- Alto = 0.67 – 0.83

FERIA DE PROYECTOS DE AULA

PROGRAMAS ACADÉMICOS DE INGENIERÍA



f. Muy alto = 0.83 – 1.0

Bibliografía:

Borda, J. de. (1781). Memoire sur les Elections au Scrutin. Retrieved from <http://www.citeulike.org/group/1480/article/792703>

Cabrerizo, F. J., Chicalana, F., & Herrera-viedma, E. (2013). Challenges and Open Questions in Soft Consensus Models, 944–949.

Chiclana, F., Herrera-Viedma, E., Herrera, F., & Alonso, S. (2007). Some induced ordered weighted averaging operators and their use for solving group decision-making problems based on fuzzy preference relations. *European Journal of Operational Research*, 182(1), 383–399. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-34147108016&partnerID=40&md5=85f55eb7ef3d593b491ce643f294b926>

Herrera-viedma, E., Alonso, S., Chiclana, F., & Herrera, F. (2007). A Consensus Model for Group Decision Making With Incomplete Fuzzy Preference Relations, 15(5), 863–877.

Romero-gelvez, J. I., & Garcia-Melón, M. (2016). Influence Analysis in Consensus Search | A Multi Criteria Group Decision Making Approach in Environmental Management, 15(4), 791–813. <https://doi.org/10.1142/S0219622016400034>

Saaty, T. L. (1977). A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 2496(June), 234–281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)

Saaty, T. L. (2014). *Toma de decisiones para líderes*. RWS Publications.

LA PRESENTACION SE REALIZARA EN POSTER