
Aplicación de las tecnologías SIG para la elaboración de una cartografía de biodiversidad en Andalucía

J. Quijada¹, J. M. Delgado¹ y M. Rodríguez Surián

(1) Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Avda. Manuel Siurot s/n. 41013 - Sevilla.

RESUMEN

Se ha generado un mapa de biodiversidad de Andalucía donde se han utilizado una serie de variables ambientales normalizadas y espacializadas existentes dentro de la Red de Información Ambiental de Andalucía. Las más importantes son variables que hacen referencia a la caracterización de la fauna, flora, vegetación y usos del territorio, destacando la relativa a la tipología y distribución de las asociaciones vegetales, los diferentes usos del suelo, la distribución de los principales taxones de flora y fauna o el grado de amenaza de los hábitats naturales y seminaturales, obtenido a partir de otras variables contenidas en la Red. Todas las variables han sido integradas y analizadas en un sistema de información geográfica dando como resultado el mapa de biodiversidad que se expone. El índice que se presenta –diferenciado para las zonas naturales o seminaturales y las zonas cultivadas– responde básicamente a una medida clásica de biodiversidad: “variación y abundancia relativa de hábitats y especies”. Así, se ha considerado que la diversidad de hábitats, entendida como el número máximo de asociaciones vegetales diferentes que pueden reconocerse en un área geográfica concreta, es análoga a la riqueza de especies y que la diversidad estructural, que contempla tanto el número de estratos de vegetación existentes como la abundancia de cada uno de ellos, contribuye de forma decisiva a la generación de un índice de diversidad global. Finalmente, se ha incluido información sobre la presencia y distribución de los principales taxones de flora y fauna de Andalucía.

Palabras Clave: Biodiversidad, hábitats naturales y seminaturales, SIG, Red de Información, Andalucía

ABSTRACT

A map showing the biodiversity of Andalusia has been created using some of the information existing in the Andalusian Environmental Information Network. The most relevant variables are: number of fauna and flora species, vegetation and landcover characterization. In this sense, we have regarded the plant communities typology and distribution as the main parameter for describing vegetation diversity. We have had into account the distribution of the most threatened taxa present in the region. All these parameters have been analyzed in a geographical information system, using spatial analyst methods, resulting the showed biodiversity map. The resulting "biodiversity index", which distinguish natural or seminatural habitats from the cultivated areas, describe biodiversity in the "classical" way: "Variation and relativity habitats and species abundance". In this way, it has been considered that habitats diversity (regarded as the maximum number of plant communities which can be recognized in a given geographical area) is analogous to species richness and structural diversity (which is defined as the number of vegetation strata and the abundance of each of them) contributes importantly to the global biodiversity index. Finally, it has been included the information about the presence and distribution of the main flora and fauna species present in Andalusia.

Key words: *Biodiversity, natural and seminatural habitats, GIS, Information Network, Andalusia.*

INTRODUCCIÓN

La diversidad biológica es uno de los temas centrales en buena parte de los debates medioambientales actuales. Existe una gran discrepancia en cómo ha de medirse, cuáles son los indicadores que permiten establecer un mecanismo de evaluación y seguimiento, y qué factores influyen de forma decisiva en su mantenimiento y conservación.

Son muchas y variadas las formas de medir la biodiversidad, desde las más clásicas y más fácilmente comprensibles –mayor biodiversidad cuanto mayor número de especies– a modelos complejos que implican la utilización de multitud de variables, cuya comprensión y cálculo requiere un mayor grado de análisis.

Por otro lado, el mayor problema que existe actualmente para el cálculo de índices o indicadores de biodiversidad que resulten operativos es la inexistencia de datos básicos normalizados, más aún cuando nos enfrentamos con grandes territorios, cómo es el caso de Andalucía.

En este sentido, para la generación del mapa de biodiversidad se han utilizado una serie de variables normalizadas dentro de la Red de Información Ambiental de Andalucía. Las más importantes son variables que hacen referencia a la caracterización de la fauna, flora, vegetación y usos del territorio, destacando la relativa a la tipología y distribución de las asociaciones vegetales, los diferentes usos del suelo, la distribución de los principales taxones de flora

y fauna o el grado de amenaza de los hábitats naturales y seminaturales, obtenido a partir de otras variables contenidas en la Red. Todas las variables han sido integradas y analizadas en un sistema de información geográfica dando como resultado el mapa de biodiversidad que se presenta.

Finalmente, se añade información sobre la presencia y distribución de los principales taxones de flora y fauna de Andalucía.

MATERIAL Y MÉTODOS

La cartografía que se presenta pretende reflejar la variación y abundancia relativa de hábitats y especies. Para ello, se ha utilizado la combinación de datos de diferentes fuentes y a diferentes escalas. Por un lado, se ha calculado un índice de diversidad vegetal –diversidad fitocenótica–, a partir de la diversidad de hábitats, entendida como el número máximo de asociaciones vegetales diferentes que pueden reconocerse en un área geográfica concreta, y la diversidad estructural, que contempla tanto el número de estratos de vegetación existentes como la abundancia de cada uno de ellos.

Mediante la combinación de estos factores: diversidad de hábitats y diversidad estructural, se ha calculado la diversidad fitocenótica. Si bien en las zonas cultivadas únicamente se utiliza la diversidad estructural, ya que el proceso metodológico seguido excluye en estas zonas el cálculo de la diversidad de hábitats. Ese índice representa tanto la variedad y complejidad de los estratos vegetales como las posibilidades de albergar un número determinado de asociaciones vegetales, por lo que se constituiría como un indicador relativo de la diversidad vegetal (diversidad fitocenótica) existente. Sin embargo, es necesario hacer una pequeña matización, la información utilizada para el cálculo del índice procede de áreas con alguna figura de protección, por lo que, para poder generalizar el índice a la totalidad de la región, ha sido necesario ponderar el mismo a partir de los datos del grado de amenaza de los hábitats referido a las tipologías de paisajes existentes en Andalucía, variables generadas en la Red de Información Ambiental de Andalucía.

Complementando este índice, se refleja la distribución y abundancia de los principales taxones de flora y fauna presentes en Andalucía.

La relativa complejidad del procedimiento seguido requiere una explicación y definición de los conceptos utilizados que ayude a entender el mapa elaborado.

Cálculo de la diversidad de hábitats

En el nivel más simple, la diversidad de hábitats no es más que el número de tipos de hábitats en un área geográfica definida (Magurrán, 1989). Por tanto, para la correcta interpretación de esta característica, se hace necesario adoptar un sistema de clasificación de los tipos de hábitats.

En este sentido, la Consejería de Medio Ambiente está desarrollando un programa de trabajo denominado la Cartografía y Evaluación de la Vegetación y Flora a escala de detalle de los

ecosistemas forestales de Andalucía –cuya finalización está prevista para el año 2006 y que actualmente se ha desarrollado en más de 1.350.000 has–, lo que supone más del 30 % del territorio forestal de la región. Esta cartografía se basa en la metodología fitosociológica propuesta por *Braun-Blanquet* (1979), que clasifica los hábitats vegetales existentes en Andalucía.

Cada una de las teselas identificadas en la cartografía de vegetación a escala de detalle dispone de información sobre los hábitats naturales y seminaturales que contiene, siendo relativamente fácil calcular un índice de diversidad de hábitats, como el número máximo de hábitats diferentes presentes en una tesela. Sin embargo, es necesario extrapolar esta información a aquellos territorios forestales en los que no se disponga de cartografía de vegetación. El proceso de extrapolación se ha realizado mediante la correlación de los datos disponibles para más de 1.300.000 has con las unidades correspondientes del Mapa de Usos y Coberturas Vegetales del suelo de Andalucía de 1999, información a escala 1:50.000 disponible para toda la región y generada igualmente en el contexto de la Red de Información Ambiental de Andalucía por la Consejería de Medio Ambiente.

Por otro lado y, dadas las peculiaridades bioclimáticas y biogeográficas de Andalucía, en el proceso de extrapolación y correlación se ha tenido en cuenta la clasificación biogeográfica propuesta por *Rivas-Martínez et al.* (1997) y la adaptación de la misma al mapa de paisajes de Andalucía elaborado por la Consejería de Medio Ambiente. Para realizar correctamente el proceso de extrapolación en función de la distribución de los datos existentes ha sido necesario realizar una síntesis de la tipificación biogeográfica original según el siguiente esquema:

A) Superprovincia Mediterráneo-Ibero-Atlántica

- | | | |
|--|---|------------------------------|
| I. Provincia Bética | } | Provincia Bética |
| II. Provincia Gaditano-Onubo-Algarviense | | |
| III. Provincia Luso-Extremadurens | } | Provincia Luso-Extremadurens |

B) Superprovincia Mediterráneo-Ibero-Levantina

- | | | |
|--|---|--|
| I. Provincia Murciano-Almeriense | } | Provincia Murciano-Almeriense |
| II. Provincia Castellano-Maestrazgo-Manchega | } | Provincia Castellano-Maestrazgo-Manchega |

Por tanto, una vez realizados los análisis, cruces de información, uniones y reclasificaciones pertinentes, lo que se obtiene es el número máximo de hábitats diferentes en cada región biogeográfica, identificados para cada uno de los tipos de cubiertas vegetales definidas según el mapa de usos y coberturas vegetales del suelo de Andalucía.

Cálculo de la diversidad estructural

Para el cálculo de la diversidad estructural se ha utilizado tanto el número de estratos verticales presentes como la abundancia de vegetación en ellos, información, que se encuentra recogida a una escala de semidetalle (1:50.000) en la Cartografía de Usos y Coberturas Vegetales del Suelo integrada dentro de la Red de Información Ambiental de Andalucía.

Para la obtención del valor estructural de la vegetación (Ev), se han considerado dos parámetros: ocupación espacial (Ee) y variedad de estratos (Ke). El primero de ellos, a su vez, se obtiene a partir de otros dos: desarrollo vertical (Dv) y cobertura (Cc).

Aunque existe una notable variabilidad en cada uno de estos estratos (especialmente en el estrato arbustivo, que oscila entre los tomillares de menos de 25-50 cm de altura media, hasta formaciones como los madroñales, que pueden superar los 5 m), se ha considerado que, en promedio, cada estrato superior debe considerarse con el doble de importancia que el inmediatamente inferior. Es decir, se han aplicado los siguientes valores a cada caso de Dv:

Estrato herbáceo = 1 (D1)

Estrato arbustivo = 2 (D2)

Estrato arbóreo = 4 (D3)

Con esta asignación de valores se considera el desarrollo vertical de la vegetación.

Con respecto a la cobertura de los diferentes estratos (Cc). En la base cartográfica utilizada, se explicita la posibilidad de diferenciar varios niveles de cobertura horizontal. A éstos se les han asignado también unos valores de similar rango, con los que se pretende representar, de forma proporcional, la importancia de la cobertura en la diversidad estructural para cada rango considerado en la leyenda del Mapa de Usos y Coberturas:

Ausente = 0

Cobertura 1-25 % = 1

Cobertura 26-50 % = 3

Cobertura > 50 % = 6

Para la asignación de estos valores se ha considerado que en los ecosistemas mediterráneos se puede constatar la existencia de un sotobosque arbustivo asociado a las formaciones arboladas (normalmente más denso y complejo en los bosques de quercíneas, frente a pinares o eucaliptales), a la vez que es habitual la presencia de un estrato herbáceo (más o menos estacional) subordinado a las formaciones leñosas en general.

Ambos parámetros (Dv y Cc) se pueden considerar como argumentos que permiten calcular el "volumen" de la cubierta vegetal (Dv = altura; Cc = superficie). Por ello, para obtener la ocupación espacial de la vegetación en cada caso, se ha de calcular el sumatorio del producto de ambos valores:

$$Ee = \left[\sum (Dv_i \times Cc) \right]$$

Ecuación 1. "Volumen" de la cubierta vegetal teniendo en cuenta su altura y superficie

Además de la importancia espacial de la cubierta vegetal, el otro parámetro, que se ha tenido en cuenta para asignar un valor estructural a la vegetación que permita relacionar éste con la biodiversidad, es la presencia de un mayor o menor número de estratos en la conformación de cada categoría. Se ha considerado que cuanto mayor sea la variedad de estratos presentes más importante será la diversidad estructural. Este incremento se ha considerado exponencial cúbico (n³):

Un estrato = 1

Dos estratos = 8

Tres estratos = 27

Este rango se ha elegido para igualar la importancia de la ocupación espacial y la variedad de estratos.

El valor estructural definitivo se obtiene mediante la suma algebraica de los parámetros calculados previamente.

$$Ev = Ee + Ke$$

Ecuación 2. Valor estructural de la vegetación

Integración de la diversidad de hábitats con la diversidad estructural: obtención de la diversidad fitocenótica

La integración de la diversidad estructural y de hábitats dará lugar a un índice que se ha denominado diversidad fitocenótica. Para su elaboración se han seguido los siguientes pasos:

1. Estandarización de las variables a una escala común. Tanto el índice de diversidad de hábitats como el de diversidad estructural presentan escalas de valores diferentes en cada caso. La integración de ambas fuentes de datos requiere su representación en una escala de valores homogénea, que en este caso será de 0 a 100. La aplicación de estas funciones de pertenencia da lugar a la representación espacial de los índices que muestran valores progresivamente más altos conforme mayor es la diversidad en cada mapa original.
2. Integración de los dos índices espacializados anteriores. Desde un punto de vista teórico se ha considerado que la diversidad vegetal de Andalucía depende tanto del número de hábitats por superficie como de la diversidad estructural de la vegetación. Para integrar estos dos conceptos en un único mapa de diversidad vegetal, se recurrió a una evaluación en la que el valor del mapa final en cada unidad depende tanto de los valores iniciales como de los pesos asignados a cada criterio, tal y como muestra la siguiente ecuación:

$$A = \sum W_i \times X_i$$

Ecuación 3. Índice de diversidad vegetal de Andalucía

donde:

A: es el valor final del mapa resultante en una unidad considerada.

W_i : Peso asignado a cada criterio. La suma de todos los pesos debe ser 1.

X_i : Valor del criterio i en la unidad considerada.

Debido a la complejidad de modelizar un concepto como la biodiversidad, se optó por asignar un peso idéntico a cada una de los criterios a evaluar. Es decir, se consideró que el número de comunidades vegetales tiene el mismo valor que la diversidad estructural a la hora de condicionar la diversidad fitocenótica de un lugar determinado. Por ello el peso asignado a cada criterio es de 0,5.

Corrección del índice de diversidad fitocenótica en función del grado de amenaza

Tras el análisis de los resultados derivados del cálculo de la diversidad fitocenótica se observó que había ciertas zonas que albergaban gran diversidad vegetal, según el modelo, pero que se correspondían con islas de vegetación natural rodeadas de cultivos. Para matizar estos resultados y ajustar más el modelo a la realidad se consideró oportuno ponderar el índice de diversidad fitocenótica con otro índice que muestra el grado de amenaza del territorio, en función de las actividades humanas, referido a las unidades de paisaje diferenciadas en Andalucía. El procedimiento empleado consiste en ponderar el valor de la diversidad fitocenótica mediante un coeficiente que hace que el resultado obtenido se ajuste más a la realidad de Andalucía, al tener en cuenta la teoría de islas que considera que las zonas de vegetación natural rodeadas de zonas agrícolas cuentan con un menor número de especies y de formaciones vegetales que otras del mismo tamaño situadas en ambientes naturales (MacArthur y Wilson, 1967; Santos y Tellería, 1998).

Cálculo de diversidad específica de vertebrados

Para la obtención de un valor de diversidad específica se han utilizado los datos del Atlas de Vertebrados, fruto de la culminación del Inventario Nacional de Hábitats y Taxones realizado por el Ministerio de Medio Ambiente. En concreto, se disponen de datos de distribución por cuadrículas de 10 x 10 Km de los principales taxones de vertebrados –aves, peces, anfibios, reptiles y mamíferos– presentes en Andalucía.

Se ha utilizado el índice de Shannon-Weaver (Krebs, 1985), como un índice que considera la abundancia proporcional de especies. De esta forma:

$$Diversidad = -\sum_{i=1}^n Div_i$$

Ecuación 4. Expresión del índice de diversidad de Shannon-Weaver

$$Div_i = P_i \times \ln(P_i)$$

Ecuación 5. Diversidad de los distintos grupos taxonómicos considerados

$$P_i = \frac{N^{\circ} \text{ especies del grupo } I \text{ en el píxel } X}{N^{\circ} \text{ especies del grupo } I \text{ en Andalucía}}$$

Ecuación 6. Abundancia relativa de especies para cada grupo taxonómico

Lógicamente hay que empezar a obtener información desde la última ecuación hacia la primera. Para ello se han seguido los siguientes pasos:

1. En primer lugar se ha recopilado toda la información sobre especies disponible en la Consejería de Medio Ambiente. Los grupos taxonómicos considerados fueron: Peces continentales (64), Anfibios (34), Reptiles (89), Aves (309) y Mamíferos (105).
2. La aplicación sucesiva, mediante tratamiento informático, primero de la ecuación 6 y

Sobre esta base, se ha representado tanto la diversidad de taxones como el grado de endemicidad de los mismos (Figura 2), según los datos obtenidos de la revisión de varias fuentes bibliográficas: *Blanca et al. (1999)*, *Hernández-Bermejo et al. (1999)*, *Hernández-Bermejo et al. (1994)*, *Rodríguez et al. (2002)*, *Rivas et al. (1997)*.

RESULTADOS

Diversidad de hábitats

En la Figura 3 se muestra el resultado de la aplicación del cálculo de diversidad de hábitats asociados a usos del suelo y sectores biogeográficos.

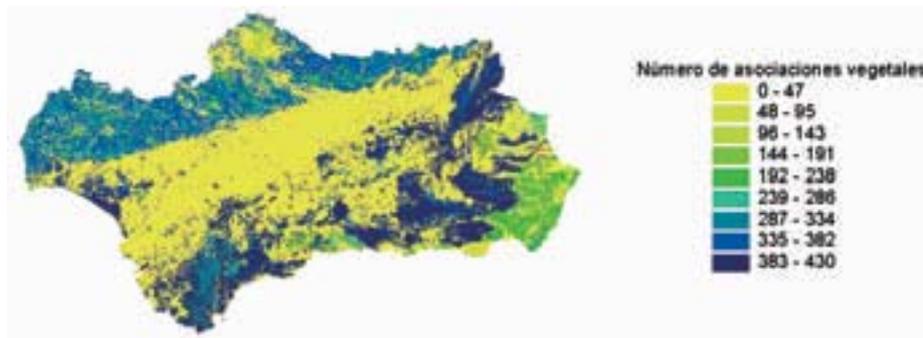


Figura 3. Número de asociaciones vegetales por unidad de uso del territorio.

El mayor número de asociaciones vegetales por uso del territorio se da claramente en la provincia bética, si bien, es en Sierra Morena donde se observa una mayor heterogeneidad. La provincia de Almería, exceptuando la sierra de Gádor, el extremo oriental de Sierra Nevada y la sierra de los Filabres, presenta un menor número de asociaciones vegetales y una mayor uniformidad en los valores, hecho debido a la presencia de un mismo tipo de uso del suelo –matorrales dispersos– en la mayoría del territorio.

Diversidad estructural

La Figura 4 representa el índice de diversidad estructural obtenido a partir del proceso metodológico.

Se observa una clara diferencia entre las zonas cultivadas y las zonas naturales o seminaturales. Dentro de las zonas con un menor grado de diversidad estructural destacan el valle del Guadalquivir y las depresiones intrabéticas, zonas donde predominan claramente los cultivos herbáceos. Por el contrario, las zonas con mayor diversidad estructural se corresponden básicamente con los grandes espacios naturales protegidos de Andalucía, destacando el Parque Natural de los Alcornocales como el que presenta mayores índices. También son destacables

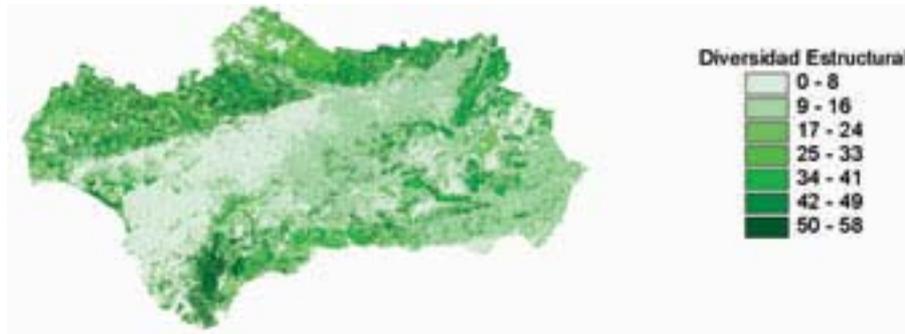


Figura 4. Índice de diversidad estructural.

en este sentido importantes áreas de Sierra Morena y las Sierras de Cazorla, Segura y las Villas. Dentro de las zonas naturales y seminaturales, es en la zona del Almería donde los índices de diversidad estructural presentan valores más bajos, lo que parece lógico teniendo en cuenta la carencia del estrato arbóreo en buena parte del territorio. Dentro de las zonas cultivadas merecen ser destacadas la provincias de Jaén y Málaga por presentar valores más altos, debido fundamentalmente a la presencia de cultivos leñosos.

Diversidad fitocenótica

La Figura 5 representa el índice de diversidad fitocenótica.



Figura 5. Índice de diversidad fitocenótica.

Este índice representa la combinación de la diversidad de hábitats con la diversidad estructural, por lo que el patrón espacial de distribución responde a la distribución de cada uno de estos índices. La Figura 5 representa este índice en las zonas naturales y seminaturales, ya que en las zonas cultivadas no se ha calculado la diversidad de hábitats, por lo que únicamente se representa la diversidad estructural.

Si se discretiza el índice en tres clases (baja: valores inferiores a 0,239; media: valores entre 0,239 y 0,478 y alta: valores mayores a 0,478), se puede afirmar que más del 90 % del territorio evaluado se encuentra con valores de diversidad media o alta. Destaca la provincia bética

como la que presenta un mayor número de zonas con elevado índice. Dentro de Sierra Morena la provincia de Huelva se caracteriza por tener unos índices menores que los de las provincias de Sevilla, Córdoba y Jaén, debido fundamentalmente al elevado número de cultivos de eucaliptos existentes. En la provincia de Almería predominan los índices medios en las zonas más surorientales y los valores altos en las zonas próximas a los macizos montañosos.

Corrección del índice de diversidad fitocenótica en función del grado de amenaza

La cartografía resultante (Figura 6) muestra el elevado índice de amenaza de los hábitats que se presenta en todo el valle del Guadalquivir así como en las depresiones de Guadix y Baza y en el poniente almeriense. Asimismo, puede observarse un gradiente entre estas zonas de máxima amenaza y las zonas más interiores de Sierra Morena o de las Béticas.



Figura 6. Grado de amenaza de los hábitats (valores más bajos implica mayor amenaza).

Diversidad específica de vertebrados

Los resultados (Figura 7) muestran cómo se distribuye el número y la proporción de los vertebrados en Andalucía.



Figura 7. Diversidad específica.

En el mapa aparecen tres grandes zonas donde los valores son más bajos: las campiñas de Carmona y Osuna, la campiña occidental de Jaén y buena parte de la provincia de Almería.

Por el contrario, el resto de Andalucía presenta valores bastante altos, destacando especialmente la zona comprendida entre la bahía de Algeciras y Fuengirola, el parque Nacional de Doñana y algunas zonas de Sierra Morena y las Béticas.

Generación del Mapa de Biodiversidad de Andalucía

Como se comentó al inicio de este trabajo, la cartografía aquí expuesta pretende reflejar la variación y abundancia relativa de hábitats y especies. Por tanto, el mapa resultante es la unión de todas las variables, cuyo cálculo se ha ido explicando a lo largo del texto. Así, la base de este mapa la constituye el índice de diversidad fitocenótica en las zonas naturales o seminaturales y el índice de diversidad estructural en las zonas cultivadas. Sobre esta información se ha representado la abundancia proporcional de taxones de vertebrados, mediante el uso de isolíneas calculadas a partir de la aplicación del índice de Shannon-Weaver. Por otro lado, la sectorización biogeográfica de la región constituye la base sobre la que se representa tanto la abundancia como la endemidad de los principales taxones de flora y fauna presentes en Andalucía (Figura 8).

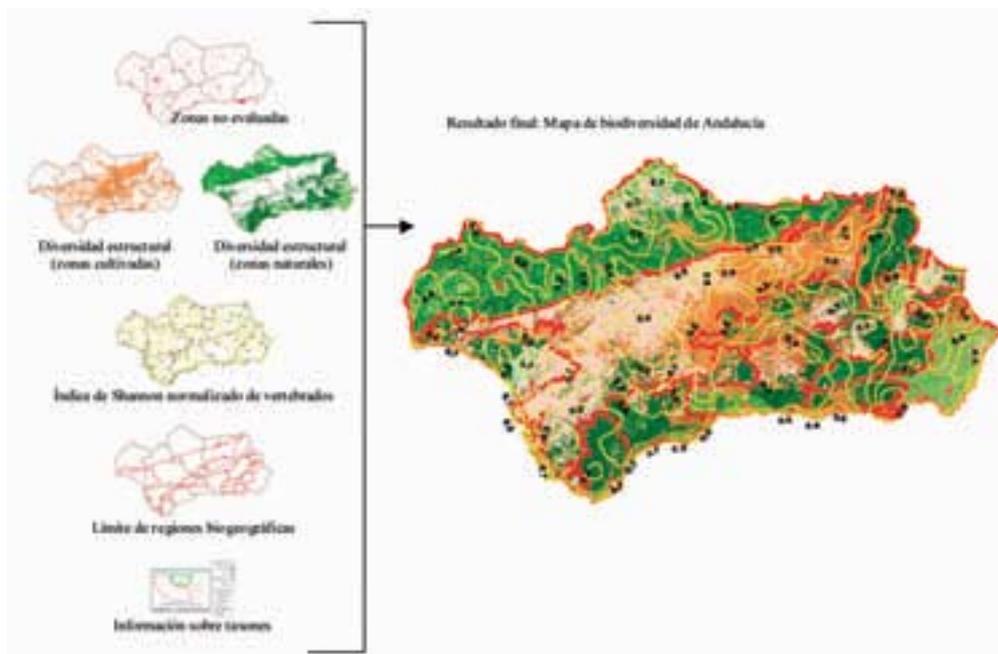


Figura 8. Resumen de los resultados intermedios y procesamiento para obtener el mapa final.

CONCLUSIÓN

La metodología utilizada en la realización de este mapa demuestra las posibilidades de desarrollar procesos de evaluación y seguimiento del estado y conservación de la biodiversidad a partir del uso de las nuevas tecnologías de la información. Los modelos de evaluación desarrollados a partir de las tecnologías de SIG deben apoyarse en sólidas bases de datos territorializadas y con criterios comunes de generación de información, siendo una de las principales limitaciones existentes actualmente. Según los resultados obtenidos Andalucía presenta unos niveles muy elevados de biodiversidad, existiendo diferencias apreciables entre las diferentes provincias biogeográficas que la componen.

REFERENCIAS

- Braun-Blanquet, J. (1979): *Fitosociología: Bases para el estudio de las comunidades vegetales*, H. Blume Ediciones. Madrid. 820 pp.
- Blanca, G., Cabezudo, B., Hernández-Bermejo, J.E. Herrera, C.M. Muñoz, J. y Valdés, B. (eds.) (1999): *Libro rojo de la flora silvestre amenazada de Andalucía*. Tomo I, *especies en peligro de extinción*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla. 302 pp.
- Hernández-Bermejo, J. E., Clemente Muñoz, M (eds.). (1994): *Protección de la flora en Andalucía*. Consejería de Cultura y Medio Ambiente. Agencia de Medio Ambiente. Junta de Andalucía
- Hernández-Bermejo, J. E., Clemente Muñoz, M. y Rodríguez, C. (1999): "Estrategias de conservación de la flora amenazada". *Medio ambiente*, Vol. 30, pp. 52-59.
- Krebs, Charles J. (1985): *Ecología, estudio de la distribución y la abundancia*. Editorial Harla. México. 753 pp.
- MacArthur R. H., and E. O. Wilson. (1967): *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton.
- Magurrán A. E. (1989): *Diversidad ecológica y su medición*. Ediciones vedrà. Barcelona. 200 pp.
- Rivas-Martínez, S., A. Asensi, B. Díez-Garretas, J. Molero, F. Valle (1997): "Biogeographical synthesis of Andalusia (southern Spain)". *Journal of Biogeography*, Vol 24, pp. 915-928.
- Rodríguez Hiraldo, C., Vilches Arenas, J. y Renau Casla, S. (2002): *Red de jardines botánicos en espacios naturales: espacios para la conservación de la biodiversidad*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Valdés, B. et al. (1993): *Introducción a la Flora Andaluza*. Junta de Andalucía. AMA.