

CLASIFICACIÓN ESTACIONAL DE LA VERTIENTE SUR DE LA SIERRA DE AYLLÓN.

Autores: Pedro Mecha López, Ramón Elena Rosselló y Rafael Serrada Hierro.

Dirección postal: C/ Laponia, nº 15, 4º D. 28030 MADRID

Correo electrónico: emarcediano@jccm.es.

Mesa temática número 1: Caracterización, dinámica y biodiversidad de los ecosistemas forestales.

Palabras clave: estación forestal, Twinspan, SIG, comarca forestal.

Resumen.

La comunicación se enmarca en la problemática de la gestión forestal de las extensas comarcas forestales marginales existentes en la Península Ibérica (más de siete millones de ha), concretándose en la vertiente Sur de la Sierra de Ayllón (Provincia de Guadalajara). Para realizar una correcta gestión forestal en estas comarcas se necesita contar con modelos del territorio que enfatizen aquellos aspectos que sean útiles de cara a su gestión sostenible.

Como parte de la investigación que constituyó una tesis doctoral, se desarrolló un modelo de clasificación estacional del territorio atendiendo a variables ecológicas bióticas, según las especies vegetales presentes. Para ello se llevó a cabo un muestreo exhaustivo de la vegetación en una muestra de parcelas representativas de la variabilidad ecológica del territorio. De esta manera se obtuvieron una serie de grupos de vegetación en función de la composición florística mediante la aplicación del análisis multivariante TWINSpan. Esta clasificación se extrapoló a todo el territorio mediante un análisis discriminante a través de los valores que presentaban en los grupos las variables abióticas. La extrapolación se realizó mediante estas variables

ya que era la información disponible para todos los puntos del territorio. Finalmente se obtuvieron 12 unidades territoriales denominadas tipos estacionales.

1. INTRODUCCIÓN.

La presente comunicación encuentra su justificación en la necesidad de encontrar herramientas de análisis territorial que apoyen la gestión forestal de tantas extensas comarcas forestales marginales que existen en la Península Ibérica. En conjunto, estas comarcas suman más de siete millones de hectáreas, un 15 % de área total española. Esta problemática se presenta con su mayor rigor en la Sierra de Ayllón, vasta comarca situada a caballo entre las dos Castillas.

La marginalidad de comarcas como la Sierra de Ayllón queda expresada en su escaso o nulo desarrollo industrial y urbano, provocado por su lejanía de los grandes núcleos de población y de las principales vías de comunicación, por lo que han quedado fuera de los grandes flujos de materiales, energía, mano de obra y capitales. En este contexto de marginalidad surgen las siguientes preguntas clave: ¿cuál podría ser la gestión a realizar actualmente en estas vastas superficies? y ¿cómo se puede apoyar dicha gestión desde el campo del análisis territorial?

Actualmente se está produciendo una reasignación de usos en el medio rural, reconociéndose que estas zonas prestan una gran cantidad de servicios a otras comarcas limítrofes (sirven de lugar de almacenamiento de agua para el abastecimiento, dan servicios de ocio y de protección de la naturaleza y albergan masas forestales refugio de biodiversidad y almacén de gases efecto invernadero). Sin embargo, todavía existen numerosos puntos débiles en el desarrollo rural de estas zonas (demografía decreciente, importante nivel de desempleo, graves carencias de servicios). Con las nuevas políticas de desarrollo rural impulsadas desde la Comunidad Europea se trata de paliar todos estos inconvenientes (programas LEADER y PRODER).

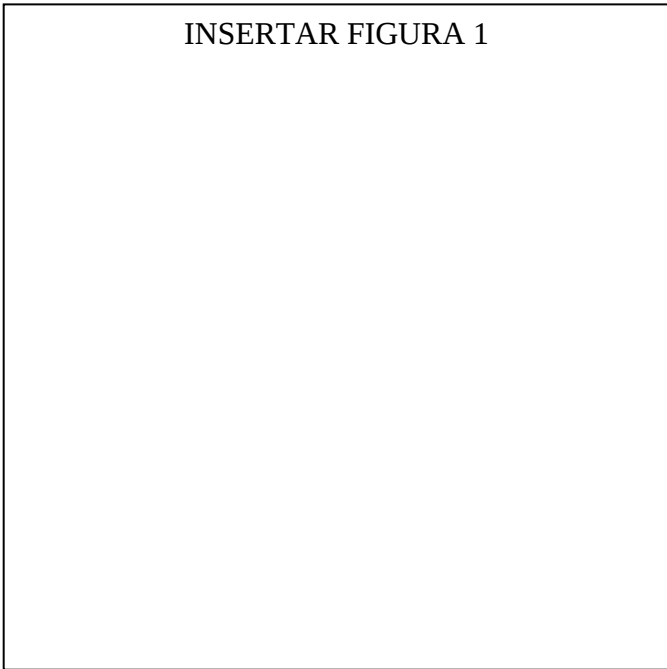
La intervención en estas zonas a través de la adecuada gestión forestal será la única herramienta para su desarrollo, ya que la ausencia de inputs (materiales, energía, mano de obra, capitales) provoca que la respuesta natural del territorio sea el único potencial con el que se puede contar. Precisamente, en este trabajo se plantea una metodología de clasificación del territorio desde el punto de vista de su respuesta natural y con la vista puesta en su gestión. Se ha pretendido desarrollar una metodología de fácil aplicación y de baja relación coste/beneficio, dadas la escasez de recursos económicos y la falta de métodos poco costosos de inventariación y análisis territorial. Estos factores van a condicionar que la escala de trabajo utilizada no haya sido la de estación forestal, por ser ésta demasiado detallada y costosa para los requerimientos del estudio. La escala espacial

utilizada ha sido la del denominado tipo estacional con un orden de magnitud del millar de ha, que se considera la más adecuada para comarcas forestales deprimidas con una extensión superficial como la de este estudio.

2. MARCO TERRITORIAL.

2.1. Medio abiótico.

INSERTAR FIGURA 1



La zona de estudio se encuentra en la vertiente meridional de la Sierra de Ayllón, abarcando una extensión de 98.617 ha. La zona posee destacables contrastes paisajísticos como resultado de una gran variedad de manifestaciones fisiográficas, geológicas, biológicas y climáticas.

La Sierra de Ayllón fue clasificada como Zona Especial de Protección de las Aves (ZEPA) en febrero de 1998. Actualmente también está ratificado como Lugar de Interés Comunitario (LIC). Así mismo, las 1.641 ha del Parque Natural del Hayedo de Tejera Negra están incluidas en su totalidad en nuestro territorio.

El territorio se distribuye en dos subcuencas principales, la del río Jarama y la del río Henares, separadas ambas por el cordal de la Sierra del Ocejón. El afluente principal del Henares dentro de nuestro territorio es el Sorbe.

Su gran variabilidad geológica abarca desde pizarras, esquistos, cuarcitas, gneises, areniscas y granitos hasta calizas, yesos y margas. (I.G.M.E., 1980, 1981). El clima dominante en la región puede definirse como submediterráneo con uno o dos meses secos. Al desplazarnos hacia el este y sur de la región se acentúa el carácter mediterráneo (HERNÁNDEZ Y SAINZ, 1984).

2.2. Medio biótico.

En el área de estudio se encuentran zonas potenciales pertenecientes a la serie oromediterránea de *Juniperus nana*, junto a las series supramediterráneas de *Fagus sylvatica*, *Quercus pyrenaica*, *Quercus rotundifolia*, *Juniperus thurifera* y *Quercus faginea* y la mesomediterránea de *Quercus rotundifolia* (RIVAS MARTÍNEZ, 1987).

En lo que atañe a la vegetación real en las partes altas encontramos pastizales de alta montaña, piornales, pinares de pino silvestre, rebollares y hayedos, en las partes medias pinares de pino laricio y pino negral, encinares, quejigares y sabinars, y en las partes bajas zonas de matorrales, cultivos y pastizales (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 1999).

2.3. Medio antrópico.

Dentro de su carácter forestal, la actividad antrópica mas destacada ha sido la repoblación. Estas labores fueron llevadas a cabo por la Administración Forestal durante dos etapas bien diferenciadas: 1948-1970 y 1970-1985. En ellas se justificó la repoblación por tres principales

motivos: la reposición de la cubierta vegetal, la restauración hidrológica y la producción de madera (FERNÁNDEZ MUÑOZ, 2002).

En ambos períodos, las especies usadas en las repoblaciones fueron casi exclusivamente del género *Pinus*: *P. sylvestris* para las zonas de más de 1.300 m. de altitud y *P. pinaster* y *P. nigra* en las zonas de menor altitud.

En la primera etapa las repoblaciones afectaron a pequeños sectores de monte sobre todo en las partes de mayor altitud y pendiente, mientras que en la segunda etapa el objetivo fue repoblar la mayor parte de los espacios forestales.

Las técnicas de repoblación fueron evolucionando desde el inicial empleo del ahoyado manual y fajas hasta los más recientes aterrazados con subsolado, técnicas que fueron incrementando de manera notable la capacidad de transformación del paisaje. A partir de finales de la década de los setenta empiezan a surgir fuertes críticas sociales frente a estas intervenciones, iniciándose una evolución paulatina en los métodos y ritmos de la reforestación.

3. METODOLOGÍA.

3.1. Elección de la zona de estudio.

Para la elección y delimitación de la zona de estudio, se tuvo en cuenta que la comarca presentara las siguientes condiciones: alejamiento y aislamiento de importantes núcleos urbanos y grandes vías de comunicación, baja población, gran extensión y una gran variabilidad altitudinal, geológica, de vegetación y climática. La vertiente sur de la Sierra de Ayllón, incluyendo la antigua Reserva de Caza del Sonsaz y algunos términos municipales adyacentes, cumplía en alto grado las condiciones exigidas.

3.2. Elaboración de mapas geológicos, climáticos y fisiográficos.

En primer lugar se digitalizaron los mapas topográficos escala 1:50.000, usando el Sistema de Información Geográfica (SIG) Arc View 3.2. (ESRI, 1996). Asimismo, se adquirieron los mapas geológicos a escala 1:50.000 ya digitalizados, haciéndose una reclasificación de su leyenda para simplificarla.

Para la construcción de los mapas relativos al clima se utilizó el programa de ordenador ESTCLIMA.EXE (Sánchez Palomares *et al.*, 1999) en el entorno de un SIG ArcView 3.2. Concretamente se delineó la cartografía de las temperaturas medias anuales, de las temperaturas medias de las máximas del mes más cálido, de las temperaturas medias de las mínimas del mes más frío y de las precipitaciones totales anuales. Esta cartografía se apoyó en un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) con un tamaño de píxel de 250 metros de la zona de estudio. El MDE fue construido a partir de las curvas de nivel en formato digital de la provincia de Guadalajara proporcionadas por la Consejería de Medio Ambiente de Castilla-La Mancha. A partir de dichos datos topográficos, se aplicaron las regresiones correspondientes a los datos de posición y de altitud, obteniéndose los valores de precipitaciones y temperaturas medias para cada celda del modelo.

Para la construcción de los mapas fisiográficos se utilizó el SIG ArcView 3.2, tomando también el MDE como base de apoyo. Así se construyeron los mapas de altitudes, de pendientes y de orientaciones.

3.3. Diseño del muestreo florístico y toma de datos.

Se llevó a cabo un muestreo exhaustivo de la vegetación en parcelas representativas de la variabilidad ecológica del territorio y con suficiente contraste estadístico. Para ello se procedió a realizar la reclasificación de cada tesela del Mapa Forestal digitalizado de España a escala 1:50.000 (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 1999) según el Mapa de Series de Vegetación (RIVAS MARTÍNEZ, 1987). Observando su vegetación potencial y el grado de evolución actual de cada tesela según las etapas de regresión y bioindicadores de cada serie, se evaluó su potencialidad. A continuación, en base a un criterio de accesibilidad se seleccionaron las teselas muestrales, eligiendo finalmente 148 puntos de muestreo con vegetación potencial y grados de evolución diferentes. En la muestra así seleccionada, quedó recogida toda la variabilidad biótica existente en el territorio.

Posteriormente, se realizó la toma de datos florísticos y fisiográficos en las parcelas seleccionadas previamente, tomándose en cada punto del muestreo los siguientes datos: altitud, orientación, pendiente, geología, presencia de pedregosidad y de suelo desnudo, así como el porcentaje de cobertura de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas. Así mismo se tomaba una

fotografía de la parcela.

Dada la dificultad de la medición real de la insolación, se calculó indirectamente a partir de la orientación y pendiente de la ladera, utilizando el índice propuesto por Gandullo (1974).

3.4. Aplicación de técnicas multivariantes.

Tras el muestreo de campo se procedió a la elaboración y análisis de los datos. Se construyó la matriz de parcelas-especies necesaria para poder aplicar el programa TWINSpan, indicando en cada parcela las especies presentes seguidas de su grado de cobertura de 0 a 100%. Se aplicó TWINSpan a las 148 parcelas caracterizadas por las 271 especies inventariadas, obteniéndose 15 grupos de vegetación al quinto nivel de clasificación.

Para estudiar las relaciones entre las variables ambientales y los grupos de vegetación se ha utilizado el análisis de la varianza (ANOVA). Mediante este análisis se pueden identificar las variables más definitorias de cada grupo y se pueden detectar los gradientes ambientales implícitos en la distribución de las especies. Por último, para observar la variación conjunta de todas las comunidades vegetales en función de los distintos parámetros ambientales, se utilizó el análisis CANOCO (TER BRAAK, 1.987).

3.5. Diseño del muestreo edáfico.

En primer lugar se seleccionaron las parcelas muestrales donde realizar la toma de datos edáficos. Se eligieron parcelas representativas de los grupos de vegetación utilizándose dos criterios para su selección: la accesibilidad y la existencia de especies indicadoras del grupo de vegetación obtenido en el análisis TWINSpan.

En total se abrieron 18 calicatas y en cada una se hizo una descripción del perfil del suelo. De cada horizonte se recogió una muestra de aproximadamente 2 kg para la realización posterior de análisis físicos y químicos en el laboratorio. Una vez analizados se calcularon todos los parámetros edáficos de acuerdo con los métodos descritos por Gandullo *et al.* (2003).

3.6. Extrapolación de los grupos de vegetación.

El objetivo fue el representar la distribución de los grupos de vegetación mediante un mapa con formato vectorial. Para ello, se partió de la hipótesis de que las Unidades territoriales homogéneas respecto del análisis integrado de los factores abióticos deberían tener una respuesta biológica similar. En primer lugar, se realizó un análisis discriminante entre los 15 grupos de vegetación usando 7 variables de las 148 parcelas (altitud, pendiente, insolación, precipitación total anual, temperatura media anual, temperatura media de las mínimas del mes más frío, temperatura media de las máximas del mes más cálido). Mediante la insolación, que es una variable cuantitativa, se tuvo en cuenta la orientación, que es una variable cualitativa y, por tanto, no se pudo usar en el análisis discriminante.

Mediante el análisis discriminante se pretendió la identificación del conjunto de variables abióticas que mejor discriminaban a los grupos preestablecidos de vegetación. Formando funciones discriminantes se consiguió clasificar nuevas observaciones en uno de los grupos existentes a través de sus variables abióticas. Esta técnica también fue utilizada por Bunce *et al.* (1996) en la Clasificación Territorial de Gran Bretaña.

Usando las funciones discriminantes se clasificaron todas las celdas de tamaño de 250 metros de todo el área de estudio a través de estas 7 variables. De esta manera se extrapolaron los 15 grupos de vegetación a todo el territorio obteniendo los denominados tipos estacionales. Antes de aplicar este análisis se observó qué grupos de vegetación tenían una predominancia de geología silíceas y qué grupos lo tenían de geología caliza ya que la geología, al ser una variable cualitativa como la orientación, no se podía usar en este análisis. El análisis discriminante se aplicó, entonces, por separado a estos dos conjuntos de grupos. A continuación, la extrapolación a todo el territorio se hizo de manera que los grupos considerados silíceos se extrapolaron a la parte del territorio que tenían esta geología, y lo mismo se hizo con los grupos considerados calizos sobre la parte del territorio con geología caliza.

En el ámbito de este trabajo, un tipo estacional queda definido como aquella superficie terrestre homogénea respecto de las características bióticas (especies vegetales presentes) dentro del cual existe una alta probabilidad de encontrar estaciones forestales con valores de las variables abióticas próximos a los valores medios que lo caracterizan. Teniendo en cuenta que en una

clasificación del territorio aplicada a la gestión las unidades de actuación no pueden estar disgregadas y que no pueden ser excesivamente pequeñas, se procedió al establecimiento definitivo de 12 tipos estacionales en el área de estudio. El análisis ANOVA se empleó para determinar aquellos parámetros más discriminantes de los tipos estacionales.

4. RESULTADOS

Se han definido los siguientes tipos estacionales (T.E.):

1. T.E. que se presenta con dos subtipos algo diferenciados. Supone un 6,1% del territorio y se sitúa sobre zonas calizas y depósitos cuaternarios. La altitud media es cercana a los 940 metros. El primer subtipo se ha denominado Encinares y quejigares basales calizos, localizándose en los bordes del río Jarama cerca de Valdepeñas de la Sierra, desde Alpedrete de la Sierra hasta Retiendas, pasando por Tortuero y Valdesotos y en los alrededores del embalse de Beleña. El segundo subtipo se ha denominado Encinares y sabinas basales calizos y se sitúa en los alrededores de Tamajón.

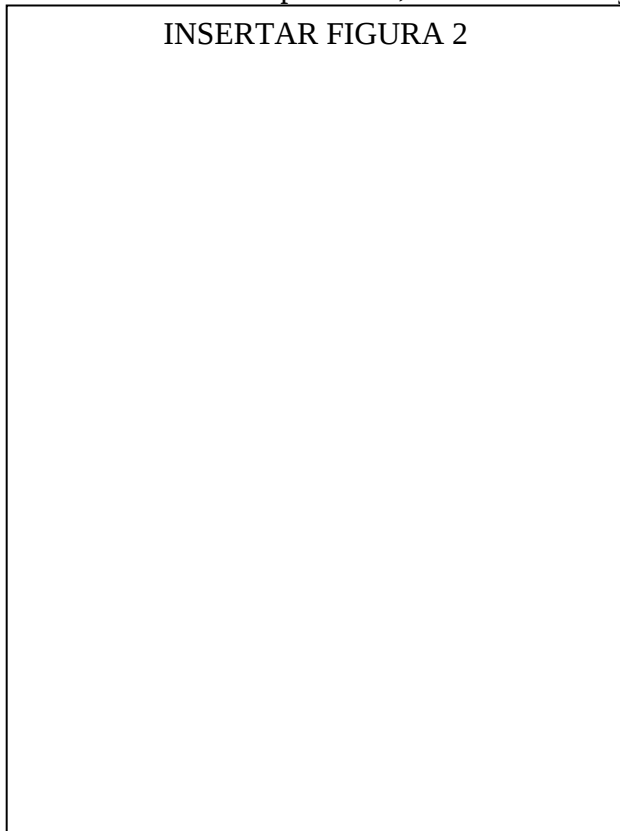
2. T.E. de los Quejigares y encinares basales silíceos. Supone un 8,7% del territorio y se sitúa sobre zonas de sustrato silíceo. La altitud media es 890 metros. Ocupa junto con el tipo estacional 1 todo el sur del área de estudio.

3. T.E. de los Encinares y melojares subbasales y sabinas acidófilos. Supone un 15,8% del territorio y se sitúa sobre zonas de sustrato silíceo. La altitud media es 1.050 metros. Se localiza en el centro-sur del territorio.

4. T.E. de los Encinares y melojares subhúmedos orientales. Supone un 8,4% del territorio y se sitúa sobre zonas de sustrato silíceo. La altitud media es 1.240 metros. Los tipos estacionales 4 y 5 se encuentran a una altitud muy similar pero el 4 se localiza en el centro-este del área de estudio.

5. T.E. de los Encinares y melojares subhúmedos occidentales. Supone un 12,4% del territorio y se sitúa sobre zonas de sustrato silíceo. La altitud media es 1.260 metros. Se localiza en el centro-oeste del área de estudio.

6. T.E. de los Pinares de silvestre sobre sustrato calizo. Supone un 10,9% del territorio y se sitúa sobre zonas de sustrato calizo. La altitud media es 1.400 metros. Se localiza en una meseta llana de los términos de Campisábalos, Galve de Sorbe y Cantalojas.



7. Tipo de los Melojares húmedos y subhúmedos con elevadas pendientes. Supone un 4,4% del territorio y se sitúa sobre zonas de sustrato silíceo. La altitud media es 1.450 metros. Recorre una banda altitudinal entre los 1.400 y los 1.500 metros en el centro-oeste del territorio.

8. Tipo de los Melojares húmedos y subhúmedos con pendientes suaves y pinares de silvestre sobre sustrato silíceo. Supone un 12,2% del territorio y se sitúa sobre zonas de sustrato silíceo. La altitud media es 1.425 metros. Se localiza en los términos de Cantalojas y Galve de Sorbe entre los 1.300 y los 1.500 metros.
9. Tipo de los Melojares húmedos basales. Supone un 8,1% del territorio y se sitúa sobre zonas de sustrato silíceo. La altitud media es 1.600 metros. Se encuentra en contacto con el tipo estacional 8 a una mayor altitud y en orientaciones predominantemente norte.
10. Tipo de los Melojares húmedos de solana. Supone un 4,8% del territorio y se sitúa sobre zonas de sustrato silíceo. La altitud media es 1.650 metros. Se encuentra en las laderas sur de todas las cumbres más importantes del área de estudio a una altitud un poco menor que en el caso del tipo estacional 11.
11. Tipo de los Melojares húmedos culminales y hayedos. Supone un 2,9% del territorio y se sitúa sobre zonas de sustrato silíceo. La altitud media es 1.700 metros. Se localiza en las laderas norte de todas las cumbres más importantes del territorio.
12. Tipo de los Pinares y brezales culminales. Supone un 3,7% del territorio y se sitúa sobre zonas de sustrato silíceo. La altitud media es 1.900 metros. Queda separado claramente del resto de tipos estacionales por situarse en las zonas culminales.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

Durante el desarrollo metodológico que ha concluido en la clasificación estacional, se han presentado distintas circunstancias que han condicionado los resultados. Entre las más críticas se encuentran las siguientes:

5.1. Establecimiento de los grupos de vegetación.

Las Series de Vegetación se han tenido que utilizar para seleccionar los puntos donde realizar los inventarios de vegetación, a pesar de que en nuestra zona de estudio estas series obvian las masas de pinares naturales de pino silvestre sobre calizas y margas al noreste del territorio.

En la elección de las parcelas para la toma de muestras de vegetación el primer condicionante fue la gran superficie del área de estudio, con cerca de 100.000 ha. A ello se le unían las dificultades de accesibilidad que presentaba el territorio debido a la accidentada orografía y a la escasez y deterioro de la red de carreteras asfaltadas y de pistas forestales. En consecuencia, el número de parcelas muestrales se redujo a 148, es decir, una parcela cada 660 ha. aproximadamente. Evidentemente se trata de una densidad de muestreo muy baja, pero con este método de selección de las parcelas se ha cubierto toda la posible variabilidad florística del territorio. Esto es compatible con uno de los objetivos que se estaban buscando: el desarrollo de métodos de fácil aplicación y poco costosos en relación con la enorme superficie que abarcan.

5.2. Importancia de los factores fisiográficos, climáticos y edáficos en la definición de grupos de vegetación.

Al analizar los resultados del análisis TWINSpan aplicado a las 148 parcelas según la vegetación se observa que los autovalores son elevados en los primeros niveles de la clasificación. Se alcanzan valores por encima de 0,4 en 6 ocasiones, valores medios entre 0,3 y 0,4 en otras 6 ocasiones y valores bajos entre 0,25 y 0,3 en otras dos ocasiones. Salvo en estas dos últimas divisiones, el conjunto de la clasificación obtenida presenta una significativa calidad discriminante de los grupos surgidos.

Una vez definidos los grupos de vegetación en función de las especies presentes se identificaron los parámetros o conjunto de ellos que tienen un mayor poder discriminante o son más característicos de cada grupo. Analizando los resultados se apreció que los parámetros climáticos y la altitud, dentro de los parámetros fisiográficos, son los que tienen mayor poder discriminante en la definición de grupos de vegetación. Las variables más definitorias en orden decreciente son: la temperatura media de las mínimas del mes más frío, la temperatura media anual, la precipitación, la temperatura media de las máximas del mes más cálido y, por último, la altitud. La altitud está condicionando las variables climáticas, por ello, se podría decir que es esta variable fisiográfica el parámetro más discriminante. Las variables que menos discriminan los grupos son por orden de más a menos discriminante: la pendiente, la insolación y la pedregosidad.

En la distribución de los grupos de vegetación, existe un marcado gradiente altitudinal. Existen 6 grupos por encima de 1.400 metros y 9 por debajo de esta altitud. Los grupos 1, 2 y 3 se encuentran a la altitud más baja del área de estudio mientras que los grupos 13, 14 y 15 son los que se encuentran a una altitud más elevada.

Entre las conclusiones que se pueden extraer analizando los parámetros edáficos de las calicatas realizadas destaca que los grupos de vegetación considerados calizos tienen un porcentaje de arcilla mayor y, por lo tanto, tienen una mayor capacidad de cementación y de retención de agua que los grupos silíceos.

5.3. Análisis de correspondencias canónico.

Al realizar este análisis se ha observado que los módulos de los vectores correspondientes a variables climáticas son significativamente mayores que los fisiográficos. Esto conduce a pensar que las variables climáticas explican mejor la variación de los tipos estacionales que las fisiográficas. Entre estas variables, solamente la altitud se comporta como las variables climáticas. Resultados similares se obtuvieron al realizar un análisis de la varianza a los parámetros fisiográficos y climáticos en los diferentes grupos.

5.4. Análisis discriminante.

Con este análisis se ha calculado un conjunto de funciones discriminantes que permiten predecir grupos de vegetación basados en los valores de otras variables cuantitativas, en este caso, variables abióticas (fisiográficas, climáticas y geológicas).

En el caso de los grupos silíceos se usaron 103 de las 148 parcelas para desarrollar un modelo discriminante entre los 10 grupos de vegetación incluidos en este conjunto silíceo. Intervinieron las 7 variables predictivas explicadas anteriormente.

Hay 3 funciones discriminantes con valores de P menores que 0,05 que son estadísticamente significativas al 95% de nivel de confianza.

Entre las 103 parcelas clasificadas mediante la función discriminante han sido correctamente clasificadas un 66,02% de las parcelas (es decir, 68 de las 103 parcelas).

Por un razonamiento idéntico se puede desarrollar el caso del análisis discriminante realizado para los 5 grupos denominados calizos. Hay 2 funciones discriminantes con valores de P menores que 0,05 que son estadísticamente significativas al 95% de nivel de confianza. En este caso entre las 45 parcelas clasificadas mediante la función discriminante fueron correctamente clasificadas un 71,1% de las parcelas (es decir, 32 de las 45 parcelas).

En resumen, las funciones discriminantes encontradas clasifican correctamente el 66,02% de las parcelas silíceas y el 71,1% de las parcelas calizas. Estos porcentajes son comparables con los alcanzados en el trabajo de Bunce *et al.* (1996).

6. BIBLIOGRAFÍA.

- BUNCE, R. G. H.; BARR, C. J.; CLARKE, R. T.; HOWARD, D. C. & LANE, A. M. J.; 1996. ITE Merlewood Land Classification of Great Britain. *Journal of Biogeography*, nº 23, pp. 625-634.
- ELENA-ROSSELLÓ, R.; TELLA, G. y CASTEJÓN, M.; 1997. *Clasificación Biogeoclimática de España Peninsular y Balear (CLATERES)*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- ESRI; 1996. *ArcView Gis*. Environmental System Research Institute. Inc. New York.
- FERNÁNDEZ MUÑOZ, S.; 2002. Consecuencias socioeconómicas y territoriales de las repoblaciones forestales en el Alto Sorbe (Guadalajara). *Ería*, nº 58, pp. 183-203.
- GANDULLO, J. M.; 1974. Ensayo de evaluación cuantitativa de la insolación en función de la orientación y de la pendiente del terreno. Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Serie Recursos Naturales*, nº 1, pp. 96-107.
- GANDULLO, J.M.; RUBIO, A.; SÁNCHEZ O.; BLANCO, A.; GÓMEZ, V. y ELENA-ROSSELLÓ R.; 2003. *Las estaciones ecológicas de los castaños españoles*. Monografías INIA: Serie Forestal N.12.
- HERNÁNDEZ BERMEJO, J. E. y SAINZ OLLERO H.; 1984. *Introducción a la ecología de los hayedos meridionales ibéricos: el macizo de Ayllón*. Serie Recursos Naturales, 2ª edición. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- HILL, M. O.; 1979. *TWINSpan: A FORTRAN program for arranging Multivariate Data in an Ordered Two-way Table by Classification of the individuals and attributes*. Cornell University Press. Ithaca. New York.
- I.G.M.E.; 1980. *Mapa Geológico de España 1:200.000. Hoja 38. Segovia*.
- I.G.M.E.; 1981. *Mapa Geológico de España 1:200.000. Hoja 39. Sigüenza*.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE; 1999. *Mapa Forestal digitalizado de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Madrid.

- RIVAS MARTÍNEZ, S.; 1987. *Mapa de las Series de Vegetación de España escala 1:400.000 y memoria*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. I.C.O.N.A. Madrid.
- SÁNCHEZ PALOMARES, O.; SÁNCHEZ SERRANO, F. y CARRETERO CARRERO, P.; 1999. *Modelos y cartografía de estimaciones climáticas termopluviométricas para la España peninsular*. Instituto Nacional de Investigaciones y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- TER BRAAK, C. J. F.; 1987. *CANOCO: A Fortran program for canonical community ordination*. Wageningen.

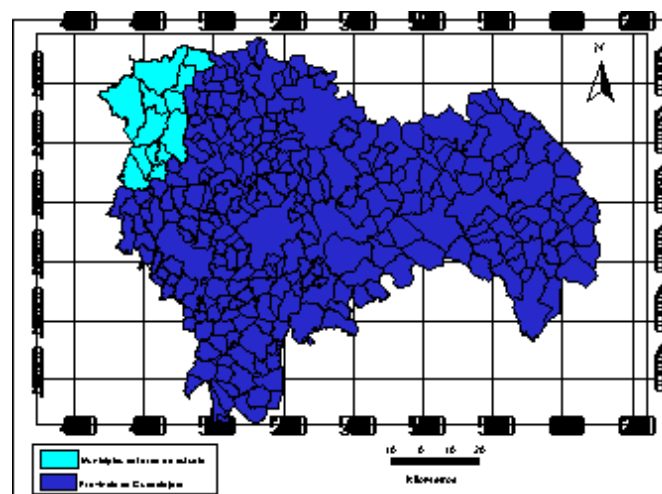


Figura nº 1. Mapa de localización de la zona de estudio dentro de la provincia de Guadalajara. (Fuente: Consejería de Medio Ambiente de Castilla-La Mancha)

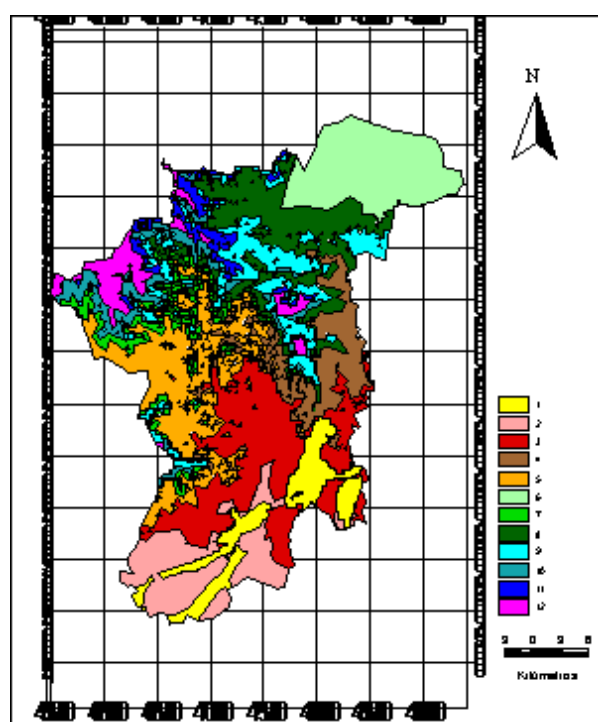


Figura nº 2. Mapa de los tipos estacionales encontrados en la vertiente sur de la Sierra de Ayllón.