

ESTUDIO PRELIMINAR DE LA ELECCIÓN DE LA VEGETACIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN UN PROYECTO DE ORDENACIÓN FORESTAL

Francisco Pardo Fabregat⁽¹⁾; David Blanco Fernández⁽¹⁾; Teófilo Sanfeliu Montolio⁽¹⁾; Antonio Gallardo Izquierdo⁽²⁾; Ana Belén Vicente Fortea⁽¹⁾; Amparo Soriano Rodríguez⁽¹⁾

(1) Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. (2) Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción.

Universitat Jaume I de Castellón.

Abstract

For over 20 years the company has maintained a concern for environmental issues such as climate change and the effects it can have on various ecosystems (agricultural, forestry, water resources, tourism, health, etc). There has been an increase in studies on the effects of climate change on forest ecosystems, which have resulted in recommendations and corrective measures on the vegetation. This work presents the recommendation to perform a preliminary study of the effects of climate change on vegetation in order to apply it to the state forest and natural of forest management projects

The preliminary study of the choice of vegetation to climate change is performed by simulation models of climate change and climatic and bioclimatic indices. Then there is we see the possible edaphoclimatic adaptation of existing species in the study area with the new climatic conditions and limiting factors. This study identifies the species adapted in the future and the possible need to introduce new species that are acclimated. This study should be used in the decision of the forestry on the forest and may be the success or failure of project management.

Keywords: *Forestry Project, climate change, water shortage, State natural forest management.*

Resumen

Desde hace más de 20 años la sociedad ha mantenido una preocupación por temas medioambientales tales como el cambio climático y los efectos que éste pueda tener en los diferentes ecosistemas (agrario, forestal, recursos hídricos, turismo, salud, etc). Ha habido un aumento de los estudios sobre los efectos del cambio climático en los ecosistemas forestales, que han concluido en recomendaciones y medidas correctoras sobre la vegetación. Este trabajo plantea la recomendación de realizar un estudio previo de los efectos del cambio climático sobre la vegetación con el fin de aplicarlo en los estados naturales y forestales de los proyectos de ordenación forestal.

El estudio previo de la elección de la vegetación ante el cambio climático se realiza mediante modelos de simulación de cambio climático e índices climáticos y bioclimáticos. Posteriormente, se observa la posible adaptación edafoclimática de las especies existentes en el área de estudio con las nuevas condiciones climáticas y los factores limitantes. Este estudio identifica las especies adaptadas en el futuro y la posible necesidad de implantar nuevas especies que estén aclimatadas y se debe utilizar en la decisión de las etapas silvícolas en el monte y puede ser el éxito o fracaso del proyecto de ordenación.

Palabras clave: *Proyecto forestal; Cambio Climático; Déficit hídrico; Estado natural; gestión forestal.*

1. Introducción

Los ecosistemas forestales constituyen una de las unidades paisajísticas más complejas en cuanto a su función, estructura y dinámica. Desde los inicios de la humanidad, el hombre se ha beneficiado de los productos forestales (hongos, frutos, resinas, maderas y leñas). Las tradicionales funciones y usos del monte como son extracción de madera, leñas y carbón han perdido valor frente a usos recreativos y protectores. En el pasado, los montes se aprovechaban de acuerdo con las necesidades de los pueblos y comunidades que vivían en el entorno, sin tener en cuenta su capacidad productiva. El aumento de la calidad de la vida y el desuso de leña y carbón como mitigador del frío han hecho que no se extraigan productos del monte y este quede prácticamente destinado a un uso recreativo y protector. El sector forestal tiene una gran importancia en cuanto su extensión, siendo el 54,4 % de la superficie española y ha habido un incremento de la superficie arbórea española, según el tercer y último Inventario Nacional Forestal (2007-2008).

En las últimas décadas la preocupación por la defensa del bosque y la protección de las áreas naturales se ha incrementado de forma importante y por tanto el valor adquirido de las funciones recreativas y productivas, se incrementan los estudios científicos relacionados con la protección del monte. En consecuencia han surgido temas medioambientales, que con anterioridad no se tenían en cuenta, como es el cambio climático.

El cambio climático es uno de los temas más importantes de nuestro tiempo. La alerta por parte de los científicos e investigadores de un cambio en el clima como se observa en IPCC (2007), ha puesto de manifiesto la preocupación tanto de la Administración como de la ciudadanía. En la actualidad, se pueden encontrar multitud de estudios acerca del cambio climático, que en ocasiones se vinculan a ambientes diversos y tienen en cuenta los impactos que conlleva el cambio climático en ellos.

Los 4 informes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) desde 1988 son prácticamente la base bibliográfica de la mayoría de estudios realizados hasta el momento. En España se han formado grupos de trabajo de expertos que estudian las consecuencias y efectos del cambio climático, basándose en el cuarto informe del IPCC publicado en febrero de 2007.

Los efectos del cambio climático en el sector forestal pueden producir un impacto previsiblemente negativo en cuanto a plagas y enfermedades, producción maderera, erosión hídrica, conservación de la biodiversidad, calidad de los usos recreativos. Existen numerosos estudios que investigan las consecuencias producidas por un cambio global en diversos ecosistemas y en particular, en los ambientes del área mediterránea, donde se piensa que evolucionarán hacia una mayor xericidad. A pesar de las diferencias entre las proyecciones de los distintos modelos sobre tendencias de cambio de los parámetros climáticos (Regato, 2008), se espera que en las regiones de clima mediterráneo experimenten mayores aumentos de temperatura y de aridez que otras regiones biogeográficas (McCarthy et al, 2001). En particular, se prevé un aumento generalizado de

las temperaturas que provocará un calentamiento estival y en menor medida invernal, así como una disminución general de la precipitación anual propiciada por una reducción de las lluvias estivales, aunque en el resto de las estaciones no se aprecien grandes cambios de las mismas (Kettunen et al., 2007; Giannakopoulos, 2006; IPCC, 2007). Probablemente las causas más importantes del cambio en los ecosistemas serán el aumento de los episodios climáticos extremos (Lindner, 2006). En este sentido, las precipitaciones para Europa prevén un incremento de frecuencias e intensidades de las olas de calor, así como en el riesgo de sequía estival y la frecuencia de precipitaciones intensas (Kettunen et al., 2007). Aunque existen dudas importantes en las predicciones de cambios climáticos regionales, pero probablemente la región del Mediterráneo se calentará considerablemente, con mayores precipitaciones en invierno y menores en verano, disminuyendo las precipitaciones anuales en la parte norte de África y SE de España, aumentando la frecuencia la frecuencia y la severidad de las sequías y eventos extremos (Pla, 2006).

Hay estudios que indican en sus conclusiones un incremento altitudinal en la zona de distribución actual de la vegetación, como es el caso de Peñuelas y Boada (2003), donde se manifiesta un incremento de 70 metros desde 1945 hasta la fecha actual de la distribución espacial del *Fagus sylvatica* en el Monseny. El calentamiento global modificará las situaciones altitudinales de las comunidades vegetales, así como la competencia y la posible desaparición, colonización o adaptación de especies a la nueva situación (Rull et al. 2005). En las zonas donde los bosques puedan tener déficit hídrico, que representa la mayoría de los ecosistemas terrestres de Cataluña, se pueden esperar cambios importantes, que van desde la reducción de la densidad de los árboles hasta cambios en la distribución de especies (Gracia et al, 2002). Cabe destacar que las diferencias en la resistencia a la sequía entre especies del bosque mediterráneo pueden llevar a cambios importantes en la distribución de plantas (Martínez-Vilalta et al, 2002). Se espera un aumento de la variabilidad interanual en el crecimiento de los bosques en los últimos años, probablemente relacionado con el incremento de la variabilidad climática asociada con el cambio climático (Tardif et al, 2003). Rodríguez M. A. (2008) comenta en su artículo que no se deben esperar grandes cambios en cuanto a la distribución de las especies y que solo afectará a las especies que se encuentren cerca de los límites de su autoecología.

Los efectos predecibles del cambio climático en el ámbito de plagas y enfermedades forestales han sido estudiados por Sebastià et al, 2005. En su trabajo manifiesta que se espera que aumenten las enfermedades y las plagas por invasión de organismos desconocidos hasta el momento en ciertas áreas, las cuales se encuentran restringidas por los periodos de frío invernal, como es el caso de la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*). Resco de Dios et al, 2007 repasan en su artículo estudios anteriores referentes al cambio climático y el monte y avala la corriente que afirma el aumento de plagas y enfermedades, el aumento de riesgo de incendios y la fragmentación del paisaje respecto a la migración de especies. Existen otros estudios que comentan que desde hace 100 años, el *Viscum album*, considerado como un semiparásito indicador del aumento de la temperatura, ha afectado a la vegetación situada 200 metros sobre la altitud donde se situaba. Este mismo estudio predice que para el 2030 este aumento altitudinal se incrementará en otros 130 metros (Dobbertin et al. 2005).

El incremento de la concentración de CO₂ y de la temperatura del aire, así como los cambios en las precipitaciones estacionales, tendrán efectos contrapuestos y no uniformes en las diferentes regiones españolas. El cambio climático tiene multitud de efectos negativos en los sectores agrícolas, forestales, turismo, seguros, salud humana, en los recursos hídricos y edáficos. En los ecosistemas forestales y agrícolas se puede entender que existe un efecto positivo del cambio climático, el incremento de CO₂ sobre las tasas fotosintéticas, es decir, las plantas son sumideros de CO₂, que mediante los procesos fotosintéticos metabolizan para la obtención de azúcares y otros compuestos que requieren para el normal

desarrollo de su ciclo vital. La actividad vegetativa anual aumenta como consecuencia del incremento de las temperaturas (inviernos mas suaves aunque veranos mas secos y calidos. Los inviernos suaves adelantan la actividad vegetativa y por tanto la fijación de CO₂ por la vegetación. Se debe tener en cuenta el efecto negativo sobre el adelantamiento de la actividad vegetativa (adelantamiento de floración y fructificación, etc.) con la posibilidad de incrementarse algunos efectos meteorológicos extremos como heladas o granizadas.

La sinergia del aumento de temperatura, disminución de la precipitación, el sustrato fácilmente disgregable de la zona (calizas y margas), el aumento de la respiración y del consumo de almidón, produce un debilitamiento del árbol y la aparición de plagas y enfermedades (*Thaumetopoea pytiocampa*), (C. Gracia, 2008 Com. Pers.). Moreno Rodríguez et al. (2005) coordinador del informe final del proyecto ECCE, manifiesta un aumento de la aparición de enfermedades y plagas en zonas altitudinales superiores a las actuales. El aumento de las temperaturas promueve un aumento en la duración de la estación de crecimiento de los bosques y una disminución de la longitud de la hoja en la vegetación perenne (Sabaté et al, 2002).

Los procesos de degradación de suelo afectan a la conservación de los cada vez más escasos recursos suelo y agua, de los que depende la vida sobre la tierra. Entre los efectos del futuro cambio climático global sobre los procesos hidrológicos se prevén cambios en la cantidad, distribución e intensidad de las lluvias, incrementando los riesgos tanto de sequía como de inundaciones, con efectos negativos sobre la población humana y sobre los ecosistemas (Pla, I., 2009). La erosión de los suelos ha sido reconocida como una de las causas principales de degradación de tierras a escala global (Poesen y Valentín, 2003; Valentín et al., 2005) y entre los dos tipos de erosión principales (hídrica y eólica), la que más afecta a los suelos mediterráneos es la erosión hídrica. Las causas de la erosión son diversas, pudiendo ser por un cambio de uso de suelo, técnicas de cultivo o riego inapropiados, sobrepastoreo, construcción de caminos, carreteras o incluso urbanizaciones, etc, lo cual puede verse agravado actualmente por mayor frecuencia de eventos de lluvia de alta intensidad (Ramos, M. C., 2001; Ramos y Martínez-Casasnovas, 2006, 2009). Particularmente la erosión por cárcavas y barrancos es un serio problema en algunas regiones del área mediterránea debido a la confluencia de factores como el clima, la litología, los suelos, el relieve y la cubierta vegetal y usos de suelo. En España existen diferentes trabajos que muestran la problemática por este tipo de erosión en distintas áreas (Poesen et al, 2006). La erosión hídrica, la sequía fisiológica y la modificación en índices y clasificaciones bioclimáticas es posiblemente el tema más estudiado de todos ellos y sin duda cabe destacar Allué Andrade (1990), Rivas Martínez (1987) y Gandullo et al. (1998). Se calcula que una reducción del 10% de la precipitación, puede llegar a reducir la reserva hídrica como consecuencia del aumento de la tasa de transpiración de los árboles y la mayor evaporación (Gracia et al, 2001). La sequía estival induce a una dramática mortalidad de las raíces finas (Sabaté et al, 2002). Un aumento de la sequía como consecuencia del cambio climático conlleva un aumento del riesgo de incendios en las zonas mediterráneas y un desplazamiento del riesgo en zonas geográficas y épocas del año donde ahora es baja (Scarascia-Mugnozza et al, 2000).

Hasta hace pocos años, no se tenía en cuenta cuales serían los factores limitantes en el sector forestal en el futuro y que vegetación se debería instaurar para que se mantuviera la estabilidad desde el punto de vista protector, productor, paisajístico y recreativo.

Hay que destacar que existen numerosos estudios donde se alerta del cambio climático y de los efectos de éste en el sector forestal como se puede observar en Moreno Rodríguez (2005), sin embargo son pocos los que proporcionan soluciones concretas y no dan recomendaciones generales. Es complicado encontrar estudios que den una metodología que se debe seguir a la hora de realizar planes y proyectos de ordenación forestal, así como trabajos selvícolas concretos, teniendo en cuenta factores limitantes en el futuro.

En este trabajo se plantea la necesidad de realizar un estudio previo a los proyectos de ordenación forestal, con el fin de conocer los efectos del cambio climático sobre la vegetación ya que las actuaciones y decisiones que se tomen sobre la implantación de la vegetación forestal en la actualidad serán la consecuencia del éxito o fracaso de nuestros montes en el futuro. Se deben estudiar las estrategias silvícolas óptimas para mitigar, contrarrestar o reducir los efectos del cambio climático sobre los recursos vegetales.

2. Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es evaluar la mejor estrategia silvícola para la gestión forestal de los ecosistemas forestales en el futuro como consecuencia de los efectos del cambio climático, a través de la simulación de condiciones bioclimáticas y cálculo de pérdidas de suelo con escenarios diversos con el fin de poder realizar unos proyectos de ordenación forestal más eficientes y acordes a los factores limitantes en el futuro.

Para cumplir este objetivo principal es necesario la obtención de estos cinco objetivos secundarios o parciales:

1. Recopilación bibliográfica de los trabajos relacionados con el estudio tanto por su localización similar o próxima al área de estudio o por tener unas condiciones climáticas y de vegetación similares a las actuales o unas condiciones que se podrían parecer a las futuras en el área de estudio.
2. Evaluación de la dinámica sucesional de los montes repoblados por razones de protección física y posteriormente abandonados por falta de gestión, en entornos mediterráneos, así como las amenazas y oportunidades generadas para la gestión forestal relacionadas con los cambios producidos y las nuevas demandas sobre estos montes, teniendo en cuenta las características y limitaciones propias de los montes mediterráneos.
3. Modelización del futuro de las principales especies arbóreas en el entorno mediterráneo y en particular, en la zona Mediterránea y diagnóstico de cambios cualitativos y cuantitativos.
4. Evaluación de las consecuencias erosivas e hidrológicas de una gestión forestal dirigida a la adaptación o posible sustitución de especies y estructuras en el monte.
5. Se pretende evaluar la posible continuidad o la necesidad de cambio de estrategia silvícola, debido a la variación en la vegetación y en la erosión hídrica potencial por el cambio climático. Se estudiará esta futura situación mediante los parámetros de las simulaciones seleccionadas.

3. Metodología

En este proyecto inicialmente se estudian los antecedentes climáticos y estudios forestales anteriores y se describe las características del medio físico mediante factores vinculantes al estudio:

- Localización del área de estudio mediante coordenadas geográficas, mapas de situación, etc.
- Descripción del medio legal. En el caso de ser monte de utilidad pública, figura de protección legislada, etc.
- Descripción de la climatología, teniendo en cuenta la estación termo pluviométrica escogida como la diferencia actitudinal con el área de estudio. Se deben valorar los regímenes de precipitaciones y temperaturas de un periodo de tiempo de al menos 40 años.
- Descripción de la vegetación actual y potencial del área de investigación.
- Descripción de la hidrológica, geología, litología, geocronografía y geomorfología.

La metodología aplicada es diversa, teniendo en cuenta el abanico de parámetros que se deben tener en cuenta para seleccionar la mejor estrategia silvícola.

El estudio de la fisiografía en épocas pasadas, se basaba en tres factores: suelo, agua y vegetación. Ese estudio hoy en día es un poco más riguroso y tiene en cuenta los cambios climáticos que afectan a estos tres factores. Los condicionantes actuales de la vegetación pueden dejar de serlo en el futuro y que aparezcan otros que actualmente no se representan como tales.

A continuación se va a explicar brevemente la metodología para conseguir los objetivos marcados en este estudio.

Metodología utilizada para escoger el modelo de cambio climático

Este estudio tiene en cuenta los modelos y escenarios de cambio climático, utilizando siempre los últimos resultados de los estudios anteriores de zonas similares y/o cercanas al área de estudio. La selección de los parámetros que se aplican en este estudio, se realiza teniendo en cuenta bibliografía básica como es el estudio de generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España publicado en febrero de 2007 en la web del Instituto nacional de meteorología (www.inm.es).

En este tipo de trabajos se suele seleccionar parámetros del estudio de escenarios regionalizados de cambio climático para España extraídos a partir del último informe publicado hasta el momento (Febrero 2008) del IPCC. Los cambios de precipitación y temperatura media seleccionados están bajo la emisión SRES A2 para el período (2015 - 2086) con respecto al período de referencia (1961 – 1990) basado en el promedio de 16 AOCGM (Atmosphere-Ocean General Circulation Model).

Se toma la determinación de escoger estos parámetros ya que son el promedio de 16 modelos y teniendo en cuenta la gran cantidad de modelos y que los resultados pueden ser diferentes, parece conveniente escoger un modelo con resultados medios y no uno alarmista o de resultados extremos. Este modelo es regionalista y por tanto da unos parámetros más ajustados a la zona de estudio. Este modelo está basado en un escenario socioeconómico que parece el más adecuado para el área de estudio.

El IPCC propone unos escenarios socioeconómicos, sobre los que a partir de ellos se trabaja en los futuros cambios en temperatura y precipitación. Los cuatro escenarios hipotéticos que selecciona son:

A1→ Crecimiento económico muy rápido, con una población mundial que alcanza un máximo a mediados de siglo para descender posteriormente, y una rápida disponibilidad de tecnologías más eficientes. También se supone una creciente convergencia entre las distintas regiones del mundo, con intensas interacciones culturales y sociales y reducción substancial de diferencias en la renta per cápita.

A2 → Mundo muy heterogéneo, con autosuficiencia y preservación de las identidades locales, y una población en continuo crecimiento. El desarrollo económico y el cambio tecnológico es más lento y menos generalizado que en los otros grupos de hipótesis.

B1 → Hipótesis similares a las A1, pero con un cambio muy rápido hacia una economía de servicios e información, con menor consumo de materias primas e introducción de tecnologías limpias y eficientes. Se enfatiza la sostenibilidad económica, social y ambiental, incluyendo una mayor equidad.

B2 → Se describe un mundo en el que predominan las soluciones locales a los problemas de sostenibilidad. La población mundial aumenta de modo continuo pero a un ritmo inferior

al de A2, con niveles intermedios de desarrollo económico y un cambio tecnológico más lento y diversificado que en A1 y B1.

Se considera que la mejor opción es la A2 ya que es la que tiene mayor probabilidad de representarse en el futuro. El escenario A1 habla de crecimiento máximo poblacional a mediados de siglo y reducción substancial de las diferencias en la renta per cápita, algo que en la actualidad parece imposible. El escenario B1 plantea unas condiciones bastante idílicas, planteando un cambio brusco y encaminado hacia una sostenibilidad difícil de conseguir en un tiempo menor a 100 años. El escenario B2 indica soluciones locales y un cambio tecnológico lento pero es evidente que las soluciones no pueden ser locales ya que el cambio climático es un problema global y tiene que ser solucionado como tal por todos los países ya que el esfuerzo de unos países y el derroche energético de otros no soluciona ni mitiga los problemas emergentes. El escenario B2 indica un desarrollo más lento de la tecnología aunque parece que la corriente actual es contraria a esta hipótesis.

Metodología aplicada a las clasificaciones e índices climáticos y bioclimáticos

La estrategia silvícola realizada en la actualidad será el éxito o fracaso de la permanencia vital de la vegetación futura.

Por ello, se suelen calcular diversos índices bioclimáticos, con el fin de cuantificar la influencia del clima sobre las comunidades vegetales, así como la permanencia ante un cambio climático de esas comunidades o la necesidad de la selección de una nueva vegetación que se adapte a las nuevas condiciones. Teniendo en cuenta que en el ámbito forestal y más concretamente en el selvicultor, la elección de una estrategia u otra requiere de un periodo de tiempo amplio (≈ 100 años).

Para la obtención del tipo de clima existente en una determinada zona, hay numerosos índices y criterios a seguir, tales como el índice de mediterraneidad de Rivas Martínez, índice de humedad, hídrico y de aridez de Thornthwaite, la clasificación de la UNESCO sobre aridez, índice de Lang, índice de aridez de Martonne, índice termopluviométrico de Dantín y Revenga, índice de aridez de Gaussen, índice de Currey, índice de Gorezynski, índice de Conrad, índice de González Duque temopluviométrico e índice de Vernet. Son importantes para conocer las variaciones climáticas y bioclimáticas los diagramas bioclimáticos de Montero de Burgos y González Rebollar y la clasificación fitoclimático de Allué Andrade:

Metodología aplicada al cálculo de la erosión hídrica potencial

En el ámbito forestal, el cálculo de pérdidas de suelo es imprescindible porque el suelo es parte necesaria para el mantenimiento de una buena área vegetal (Montes et al., 2009). La erosión hídrica potencial muchas veces difiere de la erosión hídrica real, pero sin duda alguna es una buena herramienta para caracterizar las pérdidas de suelo en el área de estudio.

Para el estudio de la erosión hídrica del monte se va a utilizar el modelo Universal Soil Loss Equation (U.S.L.E)(Wischmeier & Smith, 1958), que ha sido ampliamente estudiado y aplicado en numerosos proyectos relacionados con la ingeniería de los recursos naturales y mas concretamente con los proyectos de ordenación y planes técnicos selvícolas.

La expresión general del modelo U.S.L.E es la siguiente:

$$A = R \times K \times (L \times S) \times C \times P$$

Donde:

A = Pérdida media anual de suelo en t/ha/año.

R = Factor de erosión de la lluvia. (MJ × mm) / (hora × ha)

K = Factor erosionabilidad del suelo. (t × h) / (MJ × mm)

L = Factor longitud de la pendiente. (adimensional)

S = Factor ángulo de la pendiente. (adimensional)

C = Factor cultivo o vegetación. (adimensional)

P = Factor prácticas de conservación del suelo. (adimensional)

Metodología aplicada a otros factores: productividad y combustibilidad

En este estudio cabe destacar de forma complementaria la importancia de la combustibilidad y la productividad, la productividad se calculará mediante los diagramas bioclimáticos de montero de Burgos y González Rebollar y comparándolos con datos en ambientes similares reales obtenidos del Proyecto de ordenación forestal (Alcazar et al, 2003).

La combustibilidad se obtendrá de Velez, R. (2000) mediante la clasificación según vegetación. Se considera que en el futuro la vegetación cambiara y por tanto se debe comparar la combustibilidad actual con la futura e intentar gestionar la vegetación, que la combustibilidad y el peligro de incendios se minimicen.

Metodología aplicada al análisis de los resultados

Una vez se ha realizado el análisis de la información extraída de las simulaciones del estudio de la erosión hídrica y de los índices bioclimáticos en los diferentes casos, se han observado otros factores como son los socioculturales y se analizan las características de cada una de las especies principales actuales y las posibles para el futuro, eligiendo la mejor estrategia silvícola para el monte.

4. Caso práctico

A continuación, se expone un caso práctico (Pardo, F., 2009) de la utilización de la metodología expuesta anteriormente.

El área de estudio es el monte de Ordials, Graller i La Serra de Sant Adrià en el término municipal de Tremp, en la comarca del Pallars Jussà de la provincia de Lleida. ES un monte de utilidad pública con una superficie de 1400 ha, una altitud media de 1200 metros. Los datos termopluiométricos se obtuvieron de la estación de Talarn (572 m). Este área de estudio se caracteriza por estar en situación de transición entre región eurosiberiana y región mediterránea, es decir, mantiene vegetación típica de ambientes mediterráneos y eurosiberianos. La vegetación existente en el área de estudio se concentra en quercíneas y pináceas.

Tras realizar el estudio climático y bioclimático del área de estudio y calcular la ecuación (USLE) tal y como se marcan en la metodología anteriormente explicada, se obtuvieron unos resultados y conclusiones tales como que:

Se observa realizando los diferentes casos (actual, menos severo para el futuro y más severo para el futuro) que hay una mediterrización, es decir, desaparecen los rasgos

eurosiberianos y aparece una mayor aridificación. Se observa la aparición de un déficit hídrico estival cada vez más agudo y la pérdida de una parada vegetativa en el invierno debido al aumento de las temperaturas.

Del análisis de los diagramas bioclimáticos del monte de Ordials, se puede deducir que existe un alargamiento del periodo vegetativo. La parada vegetativa del verano producida por el déficit hídrico, se agrava en el futuro. La parada vegetativa por el frío en invierno, que se observa en la actualidad, en el futuro desaparece ya que la temperatura media del mes más frío es de 7.7 °C. El tipo de clima para el futuro es de inviernos suaves pero de veranos secos y cálidos (tª media del mes más cálido es de 28.4 °C en julio)

La zona donde actualmente hay *Quercus*, se debe mantener con la misma especie ya que las encinas son capaces de regular la transpiración cerrando los estomas y esto es bastante conveniente en un ambiente mediterráneo, ya que es posible la aparición de varios años de sequía.

En las zonas donde actualmente hay *P. nigra* y *P. sylvestris*, se deben repoblar con *P. pinaster*, *P. pinea* y *P. halepensis*, ya que las especies que actualmente están en el monte sufrirán una gran degradación al ser inviábiles en la zona de estudio como consecuencia de los nuevos factores limitantes.

Las pérdidas de erosión hídrica en el área de estudio no se pueden considerar preocupantes, ya que los valores resultantes dan una pérdida nula o moderada en la mayoría del área de estudio y solo en los barrancos, carreteras y roquedales puede aparecer esta pérdida potencial del suelo

En el sector forestal con respecto a los efectos del cambio climático en las masas forestales cabe destacar que hay pocas adaptaciones posibles y si un grave riesgo de degradación y por tanto cabe realizar los tratamientos silvícolas recomendados de forma muy precisa para que no se desencadene de forma antrópica una degradación de la masa ya que posteriormente será complicado remediarlo.

5. Resultados y discusión

Una vez obtenidos los resultados y conclusiones del estudio, se debe discutir cual es el mejor método de ordenación forestal, así como las ventajas e inconvenientes que estos desvelan en el área de estudio, Se debe determinar las condiciones de aplicación en cuanto a especies, selvicultura, medio físico y objetivos y usos del monte.

6. Conclusiones

La obtención de unas conclusiones claras pero fiables servirá de base ante la toma de decisiones en la estrategia silvícola que se debe desarrollar para alcanzar una buena sanidad vegetativa de los montes. Estas conclusiones pueden ser la base junto al estado legal, estado forestal, estado natural y estado económico de una metodología de futuros proyectos de ordenación forestal. La consideración de los efectos del cambio climático en los ecosistemas forestales en los proyectos de gestión y mejora forestal puede ser el éxito de las masas forestales

7. Bibliografía

1. Blanco Fernández, D., Pardo Fabregat, F., Restauración de una cantera de áridos mediante cambios de uso: extractivo-vertedero de residuos de construcción y demolición (RCD)-forestal. 4º Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. México 2011.
2. Gallardo, A., Bovea, M.D., Bordás, R. (2005), LIGRE: una herramienta para la generación de mapas de orientación a la ubicación de instalaciones de gestión de residuos. Aplicación al emplazamiento de vertederos en la provincia de Castellón. Revista Residuos nº 83, pags 2-9.
3. Ministerio de Medioambiente (2.007). II Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) 2008-2015, Versión preliminar, Anexo 6.
4. Pardo Fabregat, F. Modelización de la posible degradación del suelo y vegetación ante un cambio climático en un monte en proceso de mediterraneanización. Proyecto de Investigación del Doctorado. Universidad Jaume I. Castellón 2009.
5. Pardo Fabregat, F., Blanco Fernández, D., Meseguer Costa, S., Jordán Vidal, M. M., Sanfeliu Montolio, T. "Disipación de los efectos del cambio climático en la restauración edáfica y vegetal de una cantera". 3º Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos y 2º Seminário da Região Nordeste sobre Resíduos Sólidos. Brasil 2010.
6. Pardo Fabregat, F., Blanco Fernández, D., Meseguer Costa, S., Sanfeliu Montolio, T, Jordán Vidal, M. M. "Restauración ambiental y paisajística de un vertedero incontrolado en Castellón (este España)". 4º Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. México 2011.
7. REAL DECRETO 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
8. Sanfeliu Montolío, T., M.M. Jordan, S. Pina, García-Sánchez, E., F. García-Orenes. A + T. Uso conjunto de estériles mineros y lodos de depuradora en la restauración ecológica de canteras de roca caliza. Movilidad de nitratos, cloruros y sulfatos en columnas. Num. 10. pp. 93-96. 2008 Nacional.