

Influencia del aporte de humus y de la protección de los frutos en la germinación de carrasca *(Quercus ilex ssp. ballota)* **en el medio natural**

Chabier de Jaime Lorén *

Resumen. Se realizó una experiencia en el monte de Luco de Jiloca para conocer la posible influencia del aporte de humus y de la protección frente a roedores en la germinación de bellotas de carrasca (*Quercus ilex*). Este trabajo se desarrolló como una actividad didáctica de carácter experimental con alumnos de Enseñanza Secundaria y, tras el análisis de los resultados, se valoró por su utilidad como proceso de aprendizaje.

Abstract. Test made in the Luco mount of Jiloca to know the possible influence of the contribution of humus and the sprouting of holly oak acorns (*Quercus ilex*) and its protection from rodents. This job was developed as a didactics activity of experimental nature with pupils of Secondary Education.



Introducción

Uno de los principales problemas medioambientales de la comarca del Jiloca es la ausencia de bosque en casi todo su territorio. Los fondos de valle y buena parte de las vertientes de los montes se dedican al laboreo. Amplias laderas y planicies de escaso suelo son pastizales orientadas a la ganadería extensiva de ovino; tan sólo las áreas menos accesibles y de relieve abrupto conservan restos de los bosques, explotados hasta hace poco para el suministro de leña y por los ganados.

El escaso desarrollo de la cubierta vegetal en los montes comarcales y el carácter torrencial de las precipitaciones estivales conllevan graves consecuencias ambientales, económicas y sociales: intensa erosión de suelos, riesgo de avenidas, reducción de la recarga de acuíferos, pérdida de hábitats y disminución de la biodiversidad, entre otras.

La mayor parte de los proyectos reforestadores que se han realizado en la zona emplearon especies autóctonas de este territorio, como son los pinos (silvestre, laricio de Austria, carrasco y rodeno) y el ciprés de Monterrey. Los resultados han sido aceptables, en líneas generales, obteniéndose masas forestales que han reducido las avenidas y la pérdida de suelo, además de ofrecer espacios de esparcimiento ciudadano (hongos, excursionismo). Sin embargo, la afección de los hielos, las plagas y la sequía sobre las distintas especies ha limitado su vigor. Por otra parte, estas plantaciones de coníferas no han acelerado el proceso de sucesión ecológica que permitiera alcanzar las etapas maduras de la serie, los bosques de quercíneas, siendo en la actualidad comunidades muy pobres en cuanto a su flora y fauna.

Las repoblaciones forestales realizadas con las especies autóctonas (carrasca, rebollo, marojo y sabina albar) han sido muy poco representativas en relación con las de coníferas. Generalmente, se ha optado por la plantación de jóvenes plantones obtenidos en viveros. Los resultados han sido muy dispares, dependiendo de forma directa de la abundancia de precipitaciones en los meses posteriores a la misma; la adaptación al medio natural supone un cierto trauma para la planta, situación que se agudiza si coincide con sequías estivales. Por ello, diversos autores consideran más adecuada y viable la reforestación con siembra directa de bellota, caso que nosotros hemos querido experimentar.

Cuando se ha aplicado esta técnica se han observado diversas dificultades. Por un lado, la bellota introducida bajo tierra es habitualmente consumida por mamíferos (ratones, zorro, jabalí) o por córvidos que la localizan por el olfato o por la remoción del suelo. Por otra, la ausencia de los horizontes ricos en humus en el suelo de los montes donde se procede a reforestar dificulta el crecimiento de las jóvenes plantas.

Esta situación problemática nos ha movido a realizar una sencilla experiencia para intentar comprobar si la protección de las bellotas sembradas dificulta su extracción por animales y si el aporte de humus forestal favorece la germinación y el crecimiento de las plantas.

Las reforestaciones como actividad de Educación Ambiental, cuando se orientan a alumnado de Enseñanza Secundaria, todavía suelen tener como finalidad incidir en aspectos afectivos entre la persona y el árbol, más que en la reconstrucción de ecosistemas en términos de procesos de sucesión ecológica. Así, aún suelen realizarse en áreas ajardinadas próximas a centros urbanos y, por lo general, consisten en actividades puntuales a las que no se da continuidad, de modo que el alumno no llega a conocer la viabilidad de su plantación.

La actividad experimental que se describe ha sido proyectada y realizada por los alumnos y alumnas de la asignatura "Botánica Aplicada" de 4º E.S.O. del I.E.S. "Valle del Jiloca" durante el curso 2001-2002. Como el proceso de germinación de la bellota se extiende desde el final de la primavera (cuando termina el curso lectivo) hasta el final del verano, ha requerido de su continuación durante el curso 2002-2003, ahora bien, ya de un modo voluntario y extracadémico.

Una de las señas de identidad del Instituto ha sido fomentar una gestión sostenible de los recursos naturales del entorno comarcal. Esta línea educativa queda recogida en el Proyecto Educativo de Centro, y dentro de tal marco debe contemplarse la presente actividad de investigación.

Objetivos

Al diseñar esta experiencia nos propusimos alcanzar los siguientes objetivos:

a) Objetivos relacionados con contenidos conceptuales:

- Conocer la influencia de los factores abióticos sobre las plantas, así como algunas de sus relaciones interespecíficas establecidas entre ellas y otros seres vivos.
- Conocer diversas técnicas de reforestación forestal, valorando su eficacia e impacto ambiental.
- Identificar elementos del medio natural de su entorno: rocas, suelos, clima, flora, fauna y paisaje vegetal.
- Comprender la dificultad y lentitud que entraña la recuperación de un bosque.

b) Objetivos relacionados con contenidos procedimentales:

- Aplicar el método científico para comprender un fenómeno natural concreto.
- Diferenciar entre bosque autóctono y cultivo forestal con especies alóctonas.
- Reconocer la influencia de los factores abióticos sobre las plantas, alguna respuesta adaptativa y algunas de sus relaciones interespecíficas con otros seres vivos.
- Manejar diversas fuentes de información.
- Reconocer algunos de los usos históricos del territorio y su relación con los procesos ecológicos dinámicos.
- Entender las dificultades que entraña la experimentación en pleno medio natural al intervenir variables imprevistas.

c) Objetivos relacionados con contenidos actitudinales:

- Fomentar la actividad investigadora como trabajo cooperativo.
- Fomentar la solidaridad intergeneracional mediante actividades cuyos resultados se obtienen a largo plazo.
- Favorecer la estima por los ambientes y paisajes naturales del entorno del alumno.

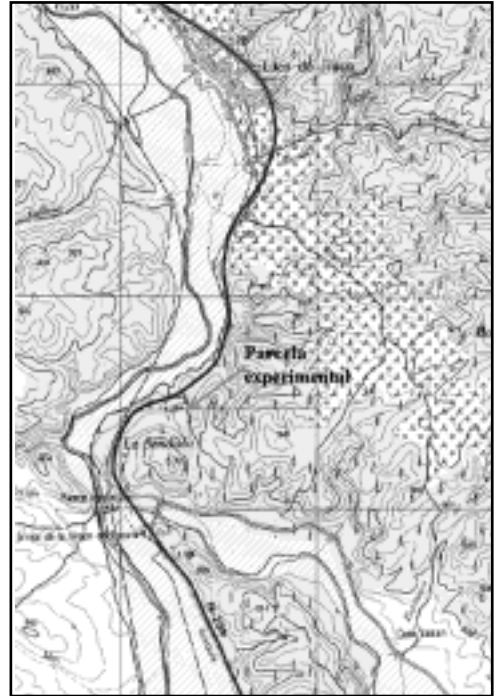
Características del medio rural

El lugar en el que se ha realizado la experiencia está a 1,5 km. de Luco de Jiloca, en la actualidad barrio pedáneo del municipio de Calamocha, comarca del Jiloca (Aragón). Se encuentra en un cerro muy próximo al monte Sendilla y al km. 197,5 de la carretera N-234. Le corresponde las coordenadas U.T.M. 30TXL423388 y una altitud de 880 m.s.n.m.

Se localiza en la zona central de la cordillera Ibérica, en un pequeño sector montano situado en la margen occidental de la depresión intermedia entre la Rama externa o Aragonesa y la Rama interna o Castellana. En su fisiografía, corresponde a una prolongación de la sierra de Santa Cruz que ha quedado aislada por la acción erosiva del río Jiloca, en un sector en el que contactan las fosas de Daroca y del Jiloca. Es decir, en una vertiente del sistema de fosas establecido entre Calatayud y Teruel.

Es un afloramiento paleozoico que forma parte de una alineación montañosa de dirección NO-SE que ha quedado separada tras el paso abierto por el río Jiloca. El sustrato litológico está formado por pizarras y, en menor medida, cuarcitas.

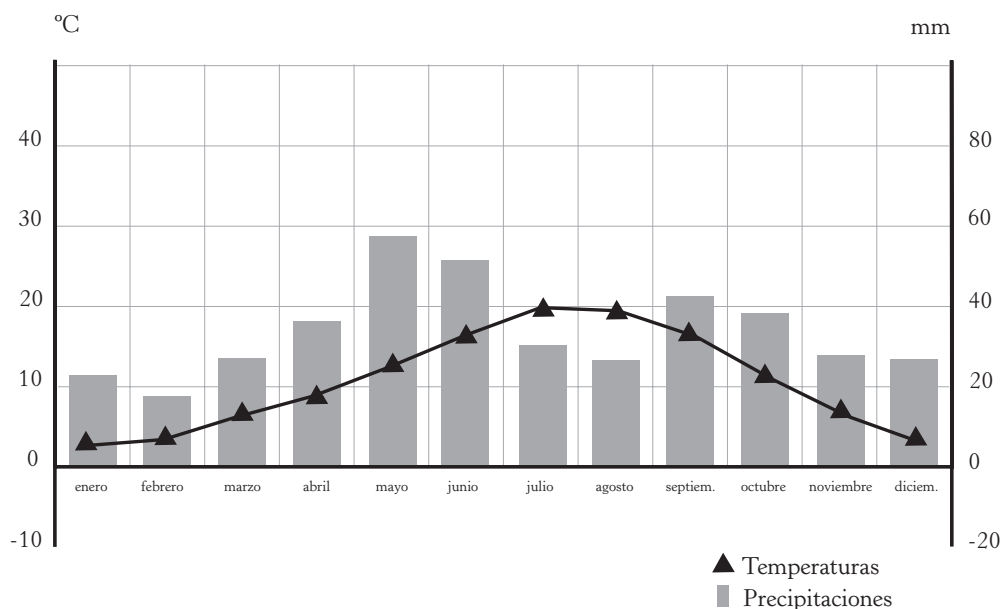
En cuanto a su hidrografía, la parcela de experimentación reforestadora se sitúa en una ladera de un corto y abrupto barranco que desemboca de modo directo en el propio río Jiloca, principal afluente del Jalón (cuenca del Ebro). Su carácter estacional es muy acusado, portando caudal sólo tras las esporádicas lluvias tormentosas estivales o tras periodos prolongados de temporal. Al otro lado del inmediato interfluvio las aguas ya son vertidas al río Pancrudo, que desemboca -al poco- en el propio Jiloca junto al puente romano y la ermita de la Virgen del Rosario.



Las formas de relieve dominante son las laderas de corto recorrido por la proximidad del valle del Jiloca y por la escasa altitud de los montes. Sin embargo, las pendientes son notables, oscilando entre el 15 y 40%. La escasa resistencia de la pizarra ha favorecido la acción modeladora de los agentes geológicos, creando formas de suaves relieves. La reforestación se ha realizado en una ladera de orientación este.

Esta zona se incluye en el dominio del clima mediterráneo con los rasgos de continentalidad propios de su aislamiento orográfico. Los datos climatológicos se han obtenido de los proporcionados por la estación meteorológica de Calamocho.

La temperatura media anual es de 10,5 °C, aunque son acusadas las oscilaciones térmicas tanto diarias como estacionales. Se obtienen temperaturas medias de 2,3 °C en enero y de 20,2 °C en julio (una variación de 17,9 °C); estos rasgos de continentalidad se ponen de evidencia al considerar los valores de temperaturas extremas, con mínimas de -20 °C y máximas que rozan los 40 °C. Para su notable altitud, las precipitaciones son escasas y muestran una notable irregularidad interanual. Los valores medios son de 405 mm. Se concentran en las lluvias primaverales y otoñales, aunque también deben considerarse los habituales episodios tormentosos estivales.



La vegetación potencial de este territorio estaría compuesta por densos y frondosos carrascales a los que acompañaría una corte de arbustos, lianas y hierbas adaptados a suelos profundos y no muy ricos en bases.

Estos bosques han sufrido un intenso aprovechamiento histórico por el ser humano. La deforestación ha sido el resultado de una suma de actividades: la roturación de los montes para la obtención de tierras de labor (cereal y viñas), la tala para la obtención de combustibles domésticos (vecindario de Luco) o industriales (quedan restos de las minas y de explotaciones metalúrgicas de cobre en las inmediaciones) y el intenso y secular sobrepastoreo (caprino y ovino) sobre los pastizales y matorrales correspondientes a las series regresivas del carrascal original. A partir del testimonio oral de los vecinos y del análisis de la vegetación actual se ha podido interpretar la composición y estructura de la vegetación que configuraría el paisaje vegetal de estos montes durante más de la primera mitad del siglo XX. Así, la mayor parte de estas laderas estarían laboreadas, bien mediante la construcción de bancales soportados por pequeños muros de piedra (cultivo cereal y forrajeras), bien como parcelas más extensas pero con mayor pendiente (viñas). Aquellos enclaves en los que se producía un afloramiento del sustrato rocoso y en los de un relieve más pronunciado se instalaría un pastizal compuesto por herbáceas xerófilas intercalado con tomillo y aliaga, con vocación ganadera. Algunas dispersas y pequeñas matas de carrasca, testimonio de los bosques primigenios, salpicarían estas laderas, mientras que líneas de zarzales marcarían el curso de los barrancos. Los fenómenos erosivos tendrían una gran actividad, produciendo la pérdida de suelo y favoreciendo las avenidas torrenciales en las ramblas.

En la década de 1960 se producen dos acontecimientos socioeconómicos que influyeron en este territorio. La acusada emigración en la población de Luco ocasionó el abandono de buena parte de aquellas parcelas de menor rendimiento (reducida extensión, con suelos pobres y notables pendientes) permitiendo la dinámica recolonizadora de estos terrenos (todavía muy pastoreados) propia de la sucesión vegetal. Por otra parte, la firma de convenios con el Patrimonio Forestal supuso la implantación de repoblaciones forestales con pino carrasco y negral en una extensa proporción del término de Luco de Jiloca.

El paisaje vegetal actual presenta una estructura tipo mosaico que está constituido por una gama de pequeñas teselas que corresponden a diversos ambientes. Predomina un pastizal xerofítico compuesto por lastón (*Brachypodium retusum*) y por tomillo (*Thymus vulgaris*) en las áreas más soleadas e inclinadas, y por la aliaga (*Genista scorpius*) en aquellos enclaves de suelo no tan esquelético; en algunos suelos frescos prosperan densas formaciones de líquenes y de musgos terrícolas. En aquellos enclaves de suelo más profundo y húmedo hay matorrales espinosos de zarza (*Rubus ulmifolius*), escaramujo (*Rosa canina*) y majuelo (*Crataegus monogyna*), lo que coincide con los lechos de los barrancos y las orillas de antiguos banales. Todavía se mantienen algunos pequeños campos dedicados al cultivo del cereal o de los almen-dros, aunque se aprecia la ausencia de cuidados por su escasa rentabilidad. Donde ha quedado al descubierto la roca madre pizarrosa se desarrolla una flora rupícola en la que predominan líquenes crustáceos silicícolas y plantas crasas (*Sedum acre*, *Umbilicus pendulinus*). Las plantaciones de pino, mayormente de carrasco (*Pinus halepensis*) y en menor medida de negral (*P. nigra ssp. austriaca*) y de rodeno (*P. pinaster*) han devenido en densas masas de fustales y con un estrato herbáceo de lastonar.

El suelo actual es el resultado de una compleja suma de interacciones entre los ya referidos factores litológicos, topográficos, climáticos, biológicos y de gestión de los recursos naturales. La destrucción del carrascal y la posterior extensión de la agricultura y la ganadería propiciaron la manifiesta degradación edáfica. Tras el abandono de los aprovechamientos agrícolas y, en menor medida, pecuarios, se ha producido un lento proceso de reconstrucción edáfica en estas laderas, muy condicionado por el escaso desarrollo de la cubierta vegetal y por los intensos procesos erosivos que ocasionan las tormentas estivales. Son suelos pardos sobre rocas metamórficas, del grupo de los leptosoles; están muy poco evolucionados; los espesores son inferiores a los 10 cm. y no es raro que la roca madre asome en lugares expuestos. Predominan las arenas y los limos, que proceden de la disgregación superficial de la pizarra, sobre las arcillas. En las últimas décadas, la acción meteorizadora mecánica -en un marco climático seco y frío- ha prepondera sobre la alteración litológica, acumulándose mientras tanto un modesto aporte de humus todavía sin madurar.

Diseño experimental

Tras el análisis y discusión con los alumnos de los posibles factores ambientales que condicionan la germinación de las bellotas en el medio natural se propusieron las tres hipótesis de partida:

1ª Hipótesis: la protección de las bellotas en el hoyo de siembra puede dificultar su extracción por animales potencialmente consumidores de estos frutos y mejorar así el rendimiento de la siembra.

2ª El aporte de humus forestal en el fondo del hoyo de siembra puede favorecer la germinación y el crecimiento de las plantas.

3ª. La realización de cada una de estas prácticas da lugar a un aumento significativo en la proporción de bellotas germinadas.

La justificación de la primera hipótesis se fundamenta en el análisis de la bibliografía, así como en la propia experiencia obtenida tras otras campañas reforestadoras con alumnado. Es conocida la costumbre que tienen ratones, córvidos y zorros, entre otros vertebrados, en desenterrar las bellotas sembradas al detectar la remoción del suelo en los hoyos de plantación en los meses posteriores a su siembra, provocando el fracaso de las reforestaciones.

Para evitarlo se ha ideado un tubo protector obtenido a partir de un tetra-brik abierto totalmente por los dos extremos. Este sistema pretende dificultar el acceso de los aquellos animales, especialmente de los ratones. Aporta diversas ventajas:

- Es idóneo para introducirlo en el hoyo ya que permite el crecimiento de raíces y de tallos.
- Ofrece sombra a la joven planta durante el crítico primer verano.
- Tiene una notable resistencia al deterioro ambiental.
- Es ligero y deformable para su transporte aunque muestra la rigidez necesaria para evitar la deformación del tubo.
- Es un residuo doméstico que se reutiliza.

En cada hoyo, tras la colocación de las bellotas, se dispone un envase tipo tetra-brik abierto por los dos lados y se introduce un tercio del mismo en el suelo, quedando el resto por encima del nivel del suelo, una vez se recubren las bellotas y se rellena el hoyo.

La segunda hipótesis pretende comprobar que la presencia de suelos forestales ricos en humus maduro de la misma especie que se siembra favorece la germinación y la supervivencia de las jóvenes plántulas. Por un lado, la presencia de materia orgánica en las inmediaciones de las bellotas favorece la retención hídrica y la disposición para su absorción en la germinación. Por otra parte, es conocida la importante función que desempeñan numerosas especies de hongos edáficos en el establecimiento de asociaciones simbióticas con las raíces de casi todas las plantas superiores, relaciones interespecíficas mediante las que las plantas se procuran un mayor suministro de agua y de sales minerales; esta circunstancia tiene una notable importancia en climas secos y suelos pobres. Debe considerarse que en los suelos en los que se realizó la experiencia la degradación histórica del suelo por la inadecuada gestión antrópica ha sido tan acusada que la microflora de bacterias y hongos casi ha desaparecido, lo que dificulta todavía más la restauración de la cubierta vegetal en estos ambientes.

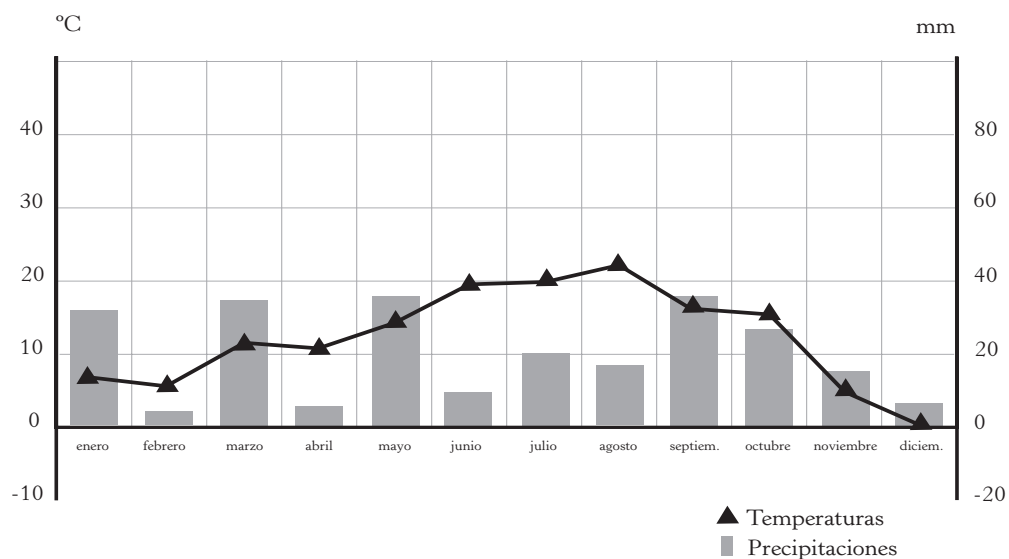
Para intentar aportar hongos micorrizógenos de carrasca a las bellotas sembradas se recogió humus maduro bajo algunos ejemplares de esta especie que crecen en la misma misma zona. Una vez realizado el hoyo, se añadieron dos puñados de humus y sobre ellos se depositaron las bellotas.

En el año 2001 la producción de bellota de carrasca fue muy escasa debido a la intensa sequía. Se intentó conseguir frutos de plantas en zonas próximas al paraje a reforestar, para intentar conseguir la menor diferenciación genética, pero ello no fue posible. Por ello, las bellotas empleadas en el proyecto tuvieron que ser obtenidas de unas viejas carrascas arbóreas situadas en el Barrio de Las Minas, dentro del término municipal de Ojos Negros (Comarca de Jiloca), que crecían sobre un substrato silíceo. Su recolección se realizó en la última semana del mes de octubre y hasta su siembra se conservaron estratificadas en arena húmeda y mantenidas en refrigerador a 5 °C. Un día antes de la siembra se pusieron en remojo, para humedecerlas y para desechar las bellotas secas y las que tenían algún orificio, al quedar a flote.

Para garantizar el éxito de la experiencia se seleccionó una parcela de propiedad privada cuyo dueño había mostrado sensibilidad e interés hacia la actividad y que gustosamente se nos ofreció. Se trataba de unas laderas cubiertas con cultivos abandonados de almendros y por matorral, que en la actualidad tan sólo se dedicaban al pastoreo extensivo.

Los alumnos aportaron los 40 tetra-briks vacíos y lavados, nueve estacas de madera numeradas, unas tijeras de podar y una cuerda medida. El profesor consiguió una azada de monte para cada grupo y las bellotas conservadas y humedecidas.

Las condiciones de humedad del suelo eran aceptables para el laboreo superficial, más por la baja evapotranspiración invernal que por la abundancia de precipitaciones. De hecho, en el climograma del año 2001 se observa que fue un año con valores de temperatura superiores a los habituales (temperatura media anual de 11,6 °C) y con precipitaciones claramente inferiores a las medias (precipitación anual de 330 mm). Cabe destacar la sequedad del invierno (que afectó sobremanera al cereal de secano) y, sobre todo, la del verano. El otoño, sin alcanzar los valores medios, fue algo menos seco e incrementó la humedad edáfica, aunque no llegó a permitir el desarrollo de los hongos.



El profesor aportó documentación bibliográfica y cartográfica con información técnica precisa sobre las características físicas (geográficas, geológicas, topográficas, etc.), biológicas (vegetación) y socioeconómicas (usos actuales del suelo, problemas ambientales). Los alumnos buscaron los datos climáticos en internet.

La reforestación fue realizada la mañana del día 21 de diciembre del 2001. Una vez accedimos a la zona, los alumnos realizaron una prospección por el territorio observando los principales rasgos físicos y algunos de los constituyentes más representativos del ambiente. El profesor suscitó cuestiones relativas a los usos tradicionales del medio a partir de la identificación de indicios, de modo que, entre todos, realizamos una sencilla descripción de las modificaciones que habían podido afectarles en las últimas décadas.

El grupo de alumnos y alumnas se dividió en cuatro subgrupos de 5-6 personas. Cada uno de ellos debía definir una parcela cuadrada con 20 metros de lado (400 m^2) empleando la cuerda de diez metros y las estacas numeradas. A su vez cada parcela se dividió en cuatro cuarteles de 10 metros de lado (100 m^2).

Se intentó que cada parcela tuviera la mayor homogeneidad posible, tanto en su pendiente, en su orientación y en su desarrollo edáfico, con el propósito de controlar -en lo posible- las variables.

En cada cuartel se realizaron diez hoyos de 25 cm. de profundidad y 20 cm de diámetro. En cada uno se sembraron tres bellotas dispuestas de forma horizontal. Las condiciones de siembra fueron diferentes en cada una de ellas:

a) Parcela 1: se añadieron dos puñados de suelo con humus de carrasca en el fondo del hoyo y no se protegió con tubo de tetra-brik.

b) Parcela 2: no se añadió al hoyo suelo con humus ni se protegió con tubos de tetra-brik (patrón)

c) Parcela 3: se aportaron a cada hoyo dos puñados de suelo con humus de carrasca y se protegió con tubos de tetra-brik

d) Parcela 4: no se aportó suelo con humus al hoyo pero si se protegió con tubos de tetra-brik.

Debido a la pendiente de las laderas y para favorecer la acumulación de agua en los hoyos, se acumuló parte de la tierra extraída con una inclinación contraria a la de la superficie del terreno. Una vez sembradas las bellotas y dispuestos los correspondientes tratamientos a experimentar, se cubrió con el propio suelo de remoción, presionándose después con el pie para así compactarlo; ello fue especialmente necesario para asegurar la estabilidad los tubos protectores.

Alrededor de cada hoyo se preparó un círculo de piedra conseguidas del entorno. El propósito era doble: por un



Siembra de bellotas protegidas

lado servían para proteger el suelo de la intensa iluminación con lo que se reducía la pérdida de agua por evaporación, por otra facilitaba la localización de los hoyos.

Por último, todos los hoyos fueron cubiertos con varias ramas de aliaga que se obtuvieron del mismo matorral. Se pretendía tanto el dificultar el acceso de vertebrados de tamaño medio (córvidos, zorros) como la protección de los jóvenes brotes de los dientes de la oveja y tamizar la intensa insolación.

Aún así, el contorno de la ladera en la que se situaron las cuatro parcelas fue "amojonado". Es decir, se marcó en su perímetro con pequeños apilamientos de piedras que además se pintaron con cal. Este es el procedimiento tradicional que en la comarca tiene el propietario de un terreno para comunicar a los ganaderos el acceso restringido de sus rebaños.

Resultados

Es conocido el hecho de que la germinación de las bellotas de carrasca tiene lugar al cabo de varios meses de la siembra, estrategia de lento crecimiento que en otros ámbitos fisiológicos resulta característica para la especie.

El seguimiento de las parcelas en los primeros meses del año permitió comprobar que la proporción de plantas nacidas era muy baja. Por ello se decidió posponer la toma de datos para las últimas semanas de primavera para así dar tiempo a la planta para realizar su desarrollo.

Esta decisión, derivada de la fisiología de la planta, limitó su aprovechamiento didáctico. Al necesitar del transcurso de los meses de finales del curso lectivo, las actividades experimentales de toma de datos y su interpretación no se pudieron realizar dentro del propio proceso de enseñanza habitual. Se prefirió utilizar para la reforestación especies forestales autóctonas anteponiendo el valor educativo y ambientalista asumiendo la mayor dificultad de su aplicación didáctica.

Se realizó una toma de datos el día 1 de julio del año 2002. Al haber terminado ya el curso, la participación del alumnado tuvo un carácter voluntario.

La primera observación fue que en las dos parcelas experimentales más próximas al camino se habían desplazado premeditadamente las ramas y piedras de protección, levantado los tubos de aislamiento, descubierto los hoyos y extraído las estacas de señalización. Esta acción, de origen y de causa desconocida, invalidó estas parcelas y, para nuestra desgracia, ya no se obtuvo dato alguno de ellas.

En las dos parcelas restantes no se apreció ninguna anomalía destacable. Se observó que, en número variable según las condiciones de siembra, las plantas habían nacido y se estaban desarrollando. Al descubrir algunos hoyos en los que no había plántulas, se encontró que en ocasiones era debido a que las bellotas todavía estaban germinando. Por ello, se tomaron datos pero de carácter provisional y se decidió volver al cabo del verano para contabilizar de nuevo las plantas nacidas.

El día 20 de septiembre del 2002 acudimos a la zona y obtuvimos los datos definitivos que a continuación se recogen:

Cuando sólo se considera la posible influencia de la protección de las bellotas en su germinación y, por tanto, se elude la de la presencia del humus, se obtienen los siguientes resultados:

Parcela nº 1	Parcela nº 2
Nº de hoyos sin germinación: 5 (25%) Nº de hoyos con germinación: 15 (75%)	Nº de hoyos sin germinación: 10 (50%) Nº de hoyos con germinación: 10 (50%)
Parcela nº 3	Parcela nº 4
Nº de hoyos sin germinación: 4 (20%) Nº de hoyos con germinación: 16 (80%)	Nº de hoyos sin germinar: 9 (45%) Nº de hoyos con germinación: 11 (55%)

a) hoyos sin protección:

- sin germinación: 15 (37,5%)
- con germinación: 25 (62,5%)

b) hoyos con protección:

- sin germinación: 19 (47,5%)
- con germinación: 27 (67,5%)

En cambio, si se tiene en cuenta tan sólo la influencia de la presencia de humus en la inmediatez de las bellotas, y no se considera el factor protección, obtienen los siguientes resultados:

a) hoyos sin humus:

- sin germinación: 19 (47,5%)
- con germinación: 21 (52,5%)

b) hoyos con humus:

- sin germinación: 9 (22,5%)
- con germinación: 31 (77,5%)

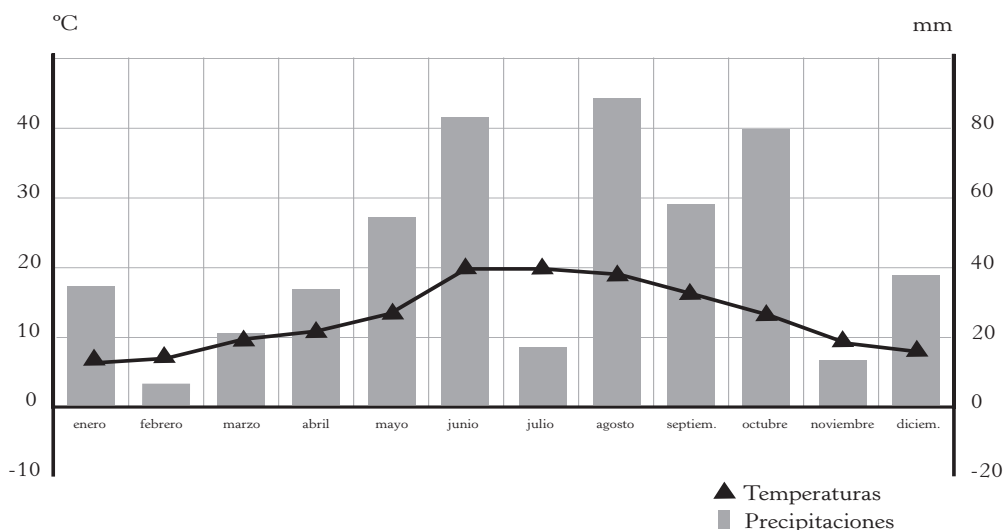
Una información que puede resultar de interés antes de proceder a la interpretación de los resultados es la correspondiente a los datos climáticos de los meses en los que las bellotas se encontraban en el monte.

Previamente deben destacarse las intensas heladas continuadas (con mínimas absolutas de $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$) que se produjeron de modo continuo durante la última semana de diciembre del 2001.

A continuación se ofrece el diagrama ombrotérmico parcial del año 2002 para Calamocha:

Cabe indicar que los valores de temperatura media han sido ligeramente mayores a los valores medios en casi todos los meses. Sin embargo, si que pueden ser significativos los resultados de precipitaciones, en los que se aprecia un invierno algo más seco de lo habitual, una primavera con abundantes lluvias en junio y un verano inusualmente húmedo con valores destacables en agosto y septiembre.

Interpretación estadística de los resultados



En primer lugar se analiza la posible influencia de la protección de las bellotas sobre su germinación. Como hipótesis nula (H_0) se considera el que "la protección con

tetra-brik de las bellotas sembradas no condiciona a su germinación". Es decir, se trata de dos fenómenos independientes. La hipótesis alternativa (H_1) propone que existe dependencia entre los dos aspectos (χ^2 experimental = $\sum(o_j - e_j)^2 / e = (27-26)^2/26 + (13-14)^2/14 + (25-26)^2/26 + (15-14)^2/14 = 0.220$

Tabla de frecuencias observadas	Germinadas	No germinadas
Con protección	71	3
Sin protección	25	15
Totales	52	28
Tabla de frecuencias esperadas	Germinadas	No germinadas
Con protección	26	14
Sin protección	26	14
Totales	52	28

Si para esta experiencia se considera un nivel de significación de 0,05 se obtiene en las tablas un valor de χ^2 de 3.84.

$0.220 < 3.84$ y, por tanto χ^2 experimental $< \chi^2$

Puede concluirse que la hipótesis inicial (H_0) no es rechazable con un 95% de probabilidad. Esto es, que *"la protección de las bellotas sembradas con tetra-briks no influye en el porcentaje de germinación de las mismas"*.

Al comprobar que no existe dependencia entre las dos variables anteriores, podemos iniciar el estudio estadístico de la posible influencia entre la presencia de humus en el hoyo de siembra de las bellotas y su porcentaje de germinación (ignorando la influencia de la protección).

Así, ahora consideramos nueva hipótesis nula (H'_0) plantea que el aporte de humus en la siembra de las bellotas es independiente sobre su germinación. Por el contrario, la nueva hipótesis alternativa (H'_1) propone lo contrario, es decir, que existe dependencia entre ambos aspectos.

Tabla de frecuencias observadas	Germinadas	No germinadas
Con humus	31	9
Sin humus	21	19
Totales	52	28
Tabla de frecuencias esperadas	Germinadas	No germinadas
Con protección	26	14
Sin protección	26	14
Totales	52	28

$$\chi^2_{\text{experimental}} = \sum(o_j - e_j)^2 / e = (31-26)^2/26 + (9-14)^2/14 + (21-26)^2/26 + (19-14)^2/14 = 5,494$$

como $5,494 > 3,84$ podemos comprobar que $\chi^2_{\text{experimental}} > \chi^2$

y, por tanto, con un nivel de significación del 0.05 se rechaza la hipótesis nula. O lo que es lo mismo, con un 95% de probabilidad se puede aceptar la hipótesis alternativa. Es decir, que *"el aporte de humus de carrasca en el hoy de siembra favorece la germinación de las bellotas de carrasca"*.

Interpretación de los resultados y evaluación de la cantidad por el alumnado

Los alumnos y alumnas participantes en esta experiencia educativa no pudieron realizar la actividad evaluadora en el mismo curso lectivo en el que la iniciaron. Así, tras obtener los resultados en septiembre del 2002 y prepararlos, fueron convocados por su, entonces ya, ex-profesor para abordar su análisis y extraer conclusiones.

De las veintitrés personas que intervinieron en la experiencia, diecinueve colaboraron en esta última fase. Estos estudiantes, ahora en Primer Curso de Bachillerato, dedicaron algunas horas prestadas por otros profesores para, primero interpretar de manera colectiva los resultados obtenidos y, después, para evaluar de forma individual y anónima la experiencia mediante un cuestionario. Dispusieron de cuarenta y cinco minutos para responder a las cuestiones planteadas. Para favorecer la espontaneidad de las respuestas se contaba con que esta última actividad ya no tenía valor alguno de calificación pues durante el presente curso, el profesor que realizó esta experiencia educativa ya no les impartía ninguna asignatura. Además, la colaboración era voluntaria y el cuestionario anónimo.

A continuación se realiza un comentario sintético de las contestaciones aportadas para cada una de las preguntas del cuestionario:

Bloque I. Diseño y desarrollo de la experiencia

1.- En esta experiencia, ¿qué hipótesis se querían demostrar?

La totalidad de las respuestas reconocen el objetivo de comprobar la influencia de la protección y el aporte del humus en la germinación de las bellotas (algo más de la mitad) o en el crecimiento de las jóvenes carrascas, proceso para el que no se habían aportado datos.

2.- ¿Consideras que se ha comprobado la hipótesis? Razona la respuesta.

Predominan los comentarios que directamente señalan la eficacia del aporte de humus en el hoyo de siembra. Otros señalan los buenos resultados de la aplicación combinada de ambas variables, pero no entran en la valoración por separado de cada técnica. Por último, algunos estudiantes apuntan la indiferencia de la protección de las bellotas.

3.- Si recuerdas, en cada hoyo se sembraban siempre tres bellotas, de la misma especie (carrasca) y a la misma profundidad. Se consideran variables controladas. ¿Podrías citar algún otro factor (o condición) que haya sido o se haya mantenido constante durante el experimento?

En la mayor parte de las respuestas se hace referencia a la pendiente de la ladera, a las condiciones climáticas y al tipo de suelo. Algunos otros también incluyen las influencias de la vegetación, de la fauna salvaje y del ganado, el tiempo de permanencia en tierra y otras condiciones de la plantación (efecto de la aliaga y de las piedras)

4.- ¿Crees que esta experiencia podría haberse realizado en el laboratorio? ¿Por qué?

Todas las respuestas son negativas. Se reconoce la necesidad de la experimentación en el medio natural para exponer la variable dependiente ante "*condiciones ambientales naturales*", especialmente ante la influencia del clima y la de los animales comedores de bellotas.

5.- ¿Por qué piensas que puede ser interesante publicar los resultados de la experiencia?

Todas las respuestas valoran el interés de la publicación. Predominan los comentarios alusivos a la necesidad del intercambio de información entre "*personas interesadas en realizar una reforestación similar*". Otros apuntan a la concienciación ambiental de la sociedad "*para que la gente se dé cuenta de que podemos repoblar con facilidad nuestra comarca*".

6.- ¿Por qué la presencia de humus en el hoyo puede haber influido en que las bellotas germinaran mejor?

Se confirma el hecho de que los alumnos reconocen la importancia de la adición de humus. Su efecto beneficioso se debe, en este orden, al aporte de nutrientes (materia orgánica y sales minerales), a la existencia de hongos (micorrizas) y a la mayor retención de agua (absorción) junto a las bellotas.

7.- ¿Qué ventajas encuentras tú en que la misma experiencia se haya realizado con cuatro grupos distintos?

Abundan las respuestas que comentan la mejora en los resultados ("*tenemos más pruebas para analizar la hipótesis*", "*al haber más resultados las conclusiones son más fiables y*

seguras") ya que se reducen la influencia de otras variables no siempre controlables ("porque la situación no era la misma y no en todas parcelas afectaban los mismos agentes: solana / umbría, inclinación..."), o de riesgos imprevisibles ("puede haber destrozos en algunas parcelas como ocurrió en algunos grupos").

8.- ¿Para qué se ponían ramitas de aliaga sobre los hoyos de siembra?

Es unánime la función protectora de las mismas, aunque se relacionan más con la imposibilidad del acceso de ratones (!), las ovejas y los zorros de acceder a las bellotas. Son menos frecuentes las que hablan de la protección del joven tallo, verdadera razón de ser de esta medida.

Bloque II. Contexto natural

9.- Intenta recordar qué tipo de roca predominaba en la zona de plantación y subraya su nombre:

Cuarcita, granito, lava volcánica, arenisca, pizarra, caliza, arcilla, mármol. Destaca la elección de la caliza, roca muy común en la comarca pero ausente en el paraje de la experimentación. A mayor distancia, se encuentra la arenisca, la pizarra y la cuarcita.

10.- ¿Por qué no había bosque en la zona donde se realizó la experiencia?

La mayoría de las respuestas coinciden en relacionar la ausencia de bosque con antiguas talas de origen humano para la obtención de tierra agrícola, pastos y leña. Unas pocas indican que tras la pérdida del bosque, se erosionó el suelo y la dificultad de la regeneración natural ("tarda mucho en repoblarse en ese tipo de roca", "porque era un terreno seco"). Por último, alguna respuesta afirma que con anterioridad no existió el bosque ("en esa zona no había mucha vegetación, yo creo que a causa de la falta de lluvia").

11.- De las siguientes técnicas de reforestación; ¿cuál causa mayor impacto en el medio ambiente? Razona tu respuesta:

a) Labrar el monte con un tractor oruga antes de la plantación.

b) Practicar hoyos directamente en el monte y realizar la plantación.

También hay coincidencia en el mayor impacto ambiental del laboreo con tractor oruga. Las razones principales son los daños a la vegetación ("pisa todo y destroza muchos tipos de plantas", "destroza todos los árboles que encuentra a su paso"), en el suelo ("degrada mucho más al remover la tierra porque aumenta su erosión", "levantan y erosionan más la tierra") o en los ecosistemas. En otros casos se habla de la contaminación debida emisión de gases y humos de la máquina ("porque funciona con combustible y echa humo y contamina").

12.- Subraya el nombre de las plantas que viste en la zona de plantación:

Tomillo, aliaga, palmera, chopo, almendro, zarza, haya, sabina, carrasca. La mayoría han acertado al señalar, en este orden, carrasca, aliaga y tomillo. A mayor distan-

cia recuerdan haber observado alguna zarza, pero ninguna persona ha caído en la presencia de almendros en alguna parcela próxima; sin embargo, algunos dicen haber visto sabinas (inexistentes en la zona).

13.- Cita cuatro diferencias entre un bosque de pinos y una plantación de pinos.

Nadie consigue señalar más de dos diferencias, algunos no consiguen aportar ninguna o aluden a ideas inconcretas relativas al carácter natural o artificial de cada una de ambos ambientes ("el bosque es natural y la plantación artificial"). Sin embargo, abundan las respuestas que manifiestan la irregularidad en la distribución de los árboles de los bosques, sus diferentes edades y dimensiones ("en el bosque los pinos nacen todos revueltos y en la plantación son jovencicos los pinos y están en líneas rectas", "en la plantación todos los pinos son de la misma altura"), e incluso una apunta a la diferencia en la vegetación acompañante ("los pinos plantados están sin nada entre los pinos").

Bloque III. Motivación y actitudes

14.- Indica cinco conocimientos (cosas) que hayas aprendido tras esta experiencia.

Una buena parte de las contestaciones se dirigen al aprendizaje de destrezas específicas ("*aprender diferentes técnicas de plantación*", "*a conocer las condiciones necesarias para crecer*", "*a proteger las plantas*", "*la utilidad del humus*", "*reconocer especies de árboles*", "*utilidades que les puedes dar a las aliagas, rocas...*"), o generales ("*trabajar en equipo con los compañeros*"). Otras son de carácter actitudinal ("*posibilidad de cambios ambientales*").

15.- ¿Qué perjuicios en la Naturaleza se ha podido ocasionar en la experiencia?

La mayor parte de las respuestas coinciden en que el dejar envases protectores en el monte supone un impacto ambiental ("*la contaminación causada por tetra-briks*", "*quedan como basura*", "*el que estén allí los tetra-briks ya que les cuesta mucho degradarse*"). En segundo lugar también se ha señalado que la corta de ramas de aliaga perjudica a la cubierta vegetal ("*que cortamos alguna rama de aliaga*"), el pisoteo de la vegetación ("*podimos pisar algún tipo de planta*"), el abandonar envoltorios del propio almuerzo propios en la zona ("*podríamos haber dejado algún papel o basura que hiciera daño al monte*") y, en un caso se ha considerado la extracción de humus ("*le quitamos un poco de humus a la carrasca*").

También abundan las opiniones que indican que no se ha producido ningún perjuicio en la Naturaleza o si se ha producido ha sido insignificante.

16.- ¿Crees que merece la pena plantar árboles en una zona alejada de tu casa a la que posiblemente no vuelvas nunca?

La gran mayoría de las respuestas son afirmativas. Dentro de ellas predominan las que consideran a la actividad beneficiosa para el entorno en el sentido más general ("*lo importante es que has hecho algo bueno para la Naturaleza*") o de utilidad para las gene-

raciones venideras ("*igual otra persona saca luego beneficio de esos árboles que plantamos nosotros*"). Algunos alumnos van más lejos valorando la utilidad de proteger y mejorar el suelo ("*ayudas a que ese suelo se enriquezca y a la larga siempre es ventajoso*") o reconociendo la importancia estética del medio natural ("*queda el paisaje más bonito*").

Un par de personas consideran que no es adecuado reforestar donde resulta improbable volver por no poder realizar un seguimiento de las plantas ("*sería una tontería plantarlos para luego no saber como van creciendo y que cambios se producen en ellos*").

17.- Esta actividad, ¿te ha ayudado a comprender mejor cómo funcionan los bosques de nuestra comarca? ¿En qué sentido?

De nuevo predominan las respuestas afirmativas. Una buena parte afirman que la actividad les ha permitido conocer la historia de la degradación forestal y la difícil situación en que se encuentran actualmente los bosques ("*apreciar que nuestros bosques están pobres y que en tiempos anteriores se talaron ...*"). Otras señalan que les ha ayudado a conocer lo difícil que resulta recuperar la cubierta forestal ("*hemos aprendido cómo se crean los bosques, lo difícil que es y algunas de las adversidades que tienen*"). Alguna otra considera que le ha facilitado a entender la interrelación que se produce entre los elementos de los ecosistemas ("*todo está en relación, los árboles, los hongos, la sombra, etc.*").

18.- Esta actividad, ¿tiene alguna relación con alguna de las asignaturas que has estudiado en Educación Secundaria? Cita con cuáles y por qué.

En su opinión, la asignatura "Botánica Aplicada" es la que está más relacionada con esta experiencia ("*se dedica al estudio de las plantas*"), pues todos la han cursado y dentro de su desarrollo curricular se realizó. A continuación, también encuentran que la "Biología y Geología" o las "Ciencias Naturales" están directamente vinculadas ("*se estudian las rocas*", "*aprendimos todos los ecosistemas*", "*estudiamos la forma de dispersarse las semillas*"). Las "Ciencias Sociales", en particular la "Geografía" les ha permitido conocer rasgos del medio físicos ("*se ven los factores naturales y es bueno aplicarla a la experiencia*"). Para otros, la "Física y la Química" les ha proporcionado el método de trabajo científico la metodología científica ("*a hacer experiencias con hipótesis, conclusiones ...*") o han visto la relación con la Cinética ("*la inclinación del terreno*").

19.- Califica con cinco adjetivos (al menos) esta experiencia

Los calificativos han sido muy variados. A continuación se han ordenado indicando entre paréntesis el número de veces que se nombra:

Educativa (10), interesante (10), divertida (10), entretenida (9), útil (4), naturalista (3), inolvidable (3), cultural (2), agradable (2), beneficiosa (2), simpática (2), experimental (1), esfuerzo (1), fácil (1), positiva (1), enriquecedora (1) y satisfactoria (1).

20.- Indica algún otro problema relacionado con la Naturaleza de tu comarca que pudiera ser estudiado mediante algún experimento parecido.

Se enuncian las situaciones problemáticas relacionadas con el medio natural que pueden ser abordadas con experimentos similares:

- Localizar los tramos de un río afectados por vertidos contaminantes
- Conocer el abono idóneo para una planta
- Seleccionar métodos para eliminar plagas agrícolas
- Conocer las características del suelo más propicias para una especie vegetal
- Selección de la técnica más adecuada para realizar la potabilización del agua
- Probar técnicas de reforestación con otras especies
- Comprobar la nidificación de aves en nidales artificiales
- Comprobar la contaminación producida por las granjas

En otros casos, se han propuesto problemas de carácter socioeconómico:

- Conocer cómo frenar la despoblación
- Conocer la ubicación más rentable para una empresa

En tres cuestionarios no se ha encontrado ninguna respuesta.

21.- Supón que eres periodista y responsable de la sección "ecología" de un importante semanario. Escribe, en menos de diez líneas, una reseña de esta experiencia para que los lectores de tu revista entiendan lo más importante de la experiencia realizada.

"Los alumnos del I.E.S. Valle del Jiloca han querido demostrar una hipótesis propuesta por ellos mismos para conocer las condiciones en las que mejor crecen las bellotas de carrasca: con humus o con protección de tetra-brik. Después de realizar experiencias han comprobado que la bellotas crecen mejor con humus y que la protección con tetra-briks no tiene demasiada importancia."

"Durante el curso 2001-2002 los alumnos de Botánica Aplicada del I.E.S. Valle del Jiloca han realizado una experiencia para conocer las mejores técnicas de plantación de bellotas de carrasca, los efectos de protección de los tetra-brik y del humus en el crecimiento de las plantas, así como la influencia de los factores climáticos en el impedimento del crecimiento de las plantas. Han conseguido unos resultados en los que demuestran que el humus es uno de los factores con mayor crecimiento".

Evaluación de la actividad educativa por el profesor

La valoración de esta actividad didáctica se realiza con relación a los objetivos iniciales propuestos:

a) Objetivos relacionados con contenidos conceptuales:

Se consideran tres de ellos suficientemente alcanzados, a excepción de la capacidad de identificar elementos del medio natural que hubiera requerido una mayor dedicación.

b) Objetivos relacionados con contenidos procedimentales:

La aplicación del método científico ha sido aceptable. La complejidad del problema ha requerido que el profesor debiera colaborar en las fases de "enunciado del problema" y en la "emisión de hipótesis". Las etapas de "diseño y realización experimental", "obtención de datos" e "interpretación de resultados" han sido bien realizadas. La "comunicación de las conclusiones" podía haber sido más precisa.

El manejo de las fuentes de información debió ser más autónomo, aunque la especificidad del tema no lo facilitó. Los cuatro objetivos restantes se consideran plenamente alcanzados.

c) Objetivos relacionados con contenidos actitudinales

Todos ellos se consiguieron de forma plena.

Bibliografía

BENEDICTO, E. (1997): *La crisis del siglo XVII en las tierras del Jiloca*. Centro de Estudios del Jiloca. Zaragoza.

BLANCO, E. y otros. (1997): *Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica*. Planeta. Barcelona.

DE JAIME, CH. (1996): "La reforestación con especies autóctonas (una introducción a la ecología vegetal)", *A Tres Bandas*, nº 18, pp. 21-26. C.P.R. de Alcañiz, Andorra, Calamocha, Teruel y Utrillas. Teruel.

DELGADO, A.M. (1983): "Cómo plantar árboles del género *Quercus*", *Quercus* nº 11, pp. 24-26. Madrid.

DELTELL, J.L.; Antón, J.J.; Rodríguez, J. Agilar, P. y García, M. (1998): "¿Cómo debemos plantar las frondosas? Debajo de los arbustos", *Quercus* nº 149 pp. 36-37 Madrid.

GONZÁLEZ, J.M. (1991): "Experiencias de repoblación por siembra de *Pinus* y *Quercus*", *Propagación de especies autóctonas y Restauración de la Vegetación Natural*, pp. 110-119. ARBA y COMADEN. Madrid.

JAIME, F. (1952): “Visión forestal de la provincia de Teruel”, *Conferencias forestales* pp. 55-71. Institución Fernando El Católico. Zaragoza.

MONTERO, J.L. y Queral, I. (1989): *Estudio ambiental para la repoblación del Desierto de las Palmas*. Ayuntamiento de Castellón de la Plana. Castellón.

MONTOYA J.M. (1988): “Elección y siembra de bellotas”, *Quercus* n° 42, p.32. Madrid.

MONTOYA, J.M. (1989): “Encinas y encinares”, *Agroguías*, Mundi-Prensa. Madrid.

MONTOYA, J.M. (1996): “La importancia de la biodiversidad en las repoblaciones con *Quercus mediterráneos*”, *Quercus* n° 120, p.22-23. Madrid.

ORIA, J.A. (1991): “Empleo de micorrizas y bacterias edáficas en la restauración del medio natural”. *Propagación de especies autóctonas y Restauración de la Vegetación Natural*, pp. 147-150. ARBA y COMADEN. Madrid.

PEÑA, J.L. (1984): *Geomorfología de la provincia de Teruel*, Instituto de Estudios Turolenses. Zaragoza.

PEÑA, J.L.; Cadrat, J.M. y Sánchez, M. (2002): *El clima de la provincia de Teruel*, Instituto de Estudios Turolenses. Zaragoza.

PORTERO, J.M. (1983): *Memoria y mapa geológico de España. E 1:50.000 Calamocha (491)*, IGME. Madrid.

RIVAS, S. (1987): *Memoria del Mapa de Series de Vegetación de España*. ICONA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

SAZ, J. (2001): *Del paisaje integrado a la cartografía de suelos. Sector intraibérico en el entorno del Pancrudo y del Jiloca*. Geoforma e Instituto de Estudios Turolenses. Zaragoza.

SOBRINO, E.; CASADO, E. y VIVIANI, A.B. (1999): “Técnicas para conservar en buen estado las bellotas de encina”, *Quercus* n° 166, pp. 28-38. Madrid.