

LA CREACIÓN DE NÚCLEOS DE DISPERSIÓN Y RECLAMO COMO MODELO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA FORESTAL

Xavier García-Martí¹, P. Pablo Ferrer Gallego^{1,2}

¹ Centro para la Investigación y Experimentación Forestal (CIEF), Generalitat Valenciana, Avda. Comarques del País Valencià, 114, 46930 Quart de Poblet, València. Correo electrónico: mappletree@gmail.com

²Servicio de Espacios Naturales y Biodiversidad. (CIEF). Generalitat Valenciana. Avda. Comarques del País Valencià, 114, 46930, Quart de Poblet, Valencia. Correo electrónico: flora.cief@gva.es

Resumen

Se expone un proyecto de aplicación del modelo de restauración ecológica forestal mediante la creación de núcleos de dispersión y reclamo (NDR) en el Parque Natural de Chera-Sot de Chera (Valencia, España). Los núcleos de dispersión y reclamo son espacios de pequeñas dimensiones insertos en una matriz forestal donde, a través del fomento de la heterogeneidad de especies y de los flujos bióticos y abióticos presentes en el ecosistema, se espera potenciar la atracción y dispersión de diásporas y su establecimiento. El área forestal implicada recoge tres unidades diferenciadas de paisaje a restaurar: pinares termófilos en mosaico con matorrales y aulagares de degradación, fragmentos de quejigares mixtos con encinar y pequeñas manifestaciones de tejeras con carácter residual. En total se han seleccionado y adecuado 15 áreas-núcleo; siete fragmentos ya existentes y ocho de nueva creación. Entre las especies contempladas en las acciones de restauración destacan *Quercus faginea*, *Arbutus unedo*, *Acer granatense*, *Fraxinus ornus* y *Taxus baccata*, junto a un grupo de especies de etapas tempranas e intermedias de la sucesión y fruto carnoso como *Juniperus phoenicea*, *Crataegus monogyna*, *Ramnus alaternus* y *Rosa agrestis*. Los objetivos principales de este proyecto son el refuerzo e introducción de especies y comunidades vegetales para la potenciación de corredores biológicos estratégicos entre los fragmentos nativos existentes y la promoción de interacciones positivas planta-animal y planta-planta para la posterior colonización del espacio circundante.

Palabras clave: especies clave, interacciones de facilitación, plantaciones, stepping stones, Valencia, vectores de dispersión.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de nuevas técnicas de restauración adaptadas a la promoción de la biodiversidad mediante la conservación y potenciación de hábitats de interés es cada vez más patente en la gestión del medio natural con independencia de su ámbito biogeográfico. Los últimos avances científicos en el campo de la ecología de conservación requieren modelos experimentales de adaptación con un marcado carácter práctico *per se*, que, a su vez, puedan ser aplicables a la gestión forestal en escalas amplias. Los conocimientos derivados de las teorías ecológicas deben, por tanto, ser adaptables a la gestión en cada territorio, conociendo y canalizando en la medida de lo posible los factores locales concretos que desencadenarán un mayor o menor éxito de consecución de los objetivos de la restauración a realizar. De este modo, la

utilización de flujos bióticos y abióticos presentes (o pendientes de instauración) en las zonas de actuación, pueden servir como trampolines ecológicos para optimizar y mejorar los resultados esperados, así como para conocer mejor el comportamiento y características de los grupos de interés que integran un ecosistema dado.

En este artículo se describe la aplicación de un proyecto de restauración ecológica realizado desde el año 2009 al 2012 que incluye el refuerzo e introducción de especies de comunidades vegetales estructurales del ecosistema forestal maduro mediante la creación de infraestructuras que promuevan las interacciones positivas planta-animal y planta-planta para la posterior colonización del espacio circundante. También se espera potenciar corredores biológicos con material de reproducción adecuado que contribuyan a mejorar la estructura global de los fragmentos de hábitat ya existentes y el

aumento de la capacidad de resiliencia del territorio (ver nivel 1).

Los criterios técnicos utilizados se basan en principios ecológicos teóricos y aplicados. YARRANTON & MORISON (1974) describieron en dunas canadienses el concepto de nucleación como un proceso en la dinámica de sucesión primaria mediante el cuál, algunos organismos vegetales, tienen la capacidad de crear microhábitats que atraen a otros organismos generando núcleos de diversidad. Posteriormente, desde una visión más amplia y ya enfocada a la restauración ecológica, diversos estudios analizan la creación de nuevos nichos de regeneración/colonización generadores de nuevas situaciones de conectividad en el paisaje en áreas tropicales (REIS *et al.*, 2003; ZAHAWI & AUGSPURGER, 2006; SCHLAWIN & ZAHAWI, 2008; CORBIN & HOLL, 2012; ZAHAWI *et al.*, 2012). También han sido descritos en el ámbito mediterráneo procesos de nucleación de arbustos dispersados por pájaros en antiguos cultivos (VERDÚ & FAYOS, 1996) y en islas forestales insertas en paisajes agrícolas extensivos (REY-BENAYAS *et al.*, 2008).

Consideramos los núcleos de dispersión y reclamo una variación de los anteriores pero insertos en una matriz forestal. Representan también una aproximación al modelo stepping stones, que constituye un tipo de corredor discontinuo formado por teselas de paisaje o comunidad parecidas entre sí lo suficientemente cercanas geográficamente como para permitir flujos de diásporas a través de todo el conjunto (FORMAN, 1997). Resultan de gran importancia cuando la matriz circundante se caracteriza por contener una barrera que impide el movimiento de especies (ver nivel 3) o dificulta procesos ecológicos (FISCHER *et al.*, 2006). En el área geográfica de actuación, la degradación secular del medio, las restricciones económicas y la propia naturaleza bioclimática del territorio, inserto en un ambiente mediterráneo de ombroclima seco, impiden contemplar acciones a gran

escala. Así, el apoyo a futuros eventos de interconexión natural entre estos hábitats mediante el modelo propuesto y la mejora de la estructura de los núcleos nativos ya existentes, puede ser una opción exportable a otros contextos biogeográficos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización

El área de trabajo se sitúa dentro de la cuadrícula UTM de 30SXJ78 que se circunscribe al Parque Natural de Chera - Sot de Chera (Valencia) (Figura 1). Este territorio comprende 6.451,17 ha, situadas entre las comarcas de la Plana de Requena-Utiel y Los Serranos. Geomorfológicamente, el territorio se vertebraba desde una fosa tectónica, ocupada por el río Reatillo que divide el territorio en dos cordales montañosos paralelos a la cuenca hidrográfica principal. Las cotas de altitud oscilan desde los 350 m del propio curso fluvial y los 1.170 m de la cima de Cinco Pinos y los 1.105 m del Pico Burgal al norte y al sur de la fosa, respectivamente. La precipitación media anual es de 620 mm. Desde el punto de vista biogeográfico, la zona queda encuadrada dentro del subsector Valenciano del sector Setabense (provincia Valenciano-Catalana-Provenzal, región Mediterránea). La vegetación potencial del territorio corresponde a la serie mesomediterránea manchega basófila de *Bupleuro rigidi-Quercetum rotundifoliae* Sigmatum.

Zonificación de las acciones.

Se han realizado durante varios años prospecciones y caracterizaciones mediante inventario de la composición y zonificación de las comunidades vegetales del área estudiada. A partir de los resultados obtenidos y mediante el apoyo de un sistema de información geográfica y un análisis *in situ* del territorio, se ha inferido el nicho potencial a partir del nicho actual de las diferentes especies/comunidades de interés teniendo en cuenta factores

históricos, orográficos y edafoclimáticos. Las acciones de restauración sobre el terreno se reparten en varias fases programadas en diferentes escalas,

basándose en la sectorización y análisis de las características de los hábitats a restaurar e interconectar, aunque son frecuentes los solapamientos entre las distintas fracciones.

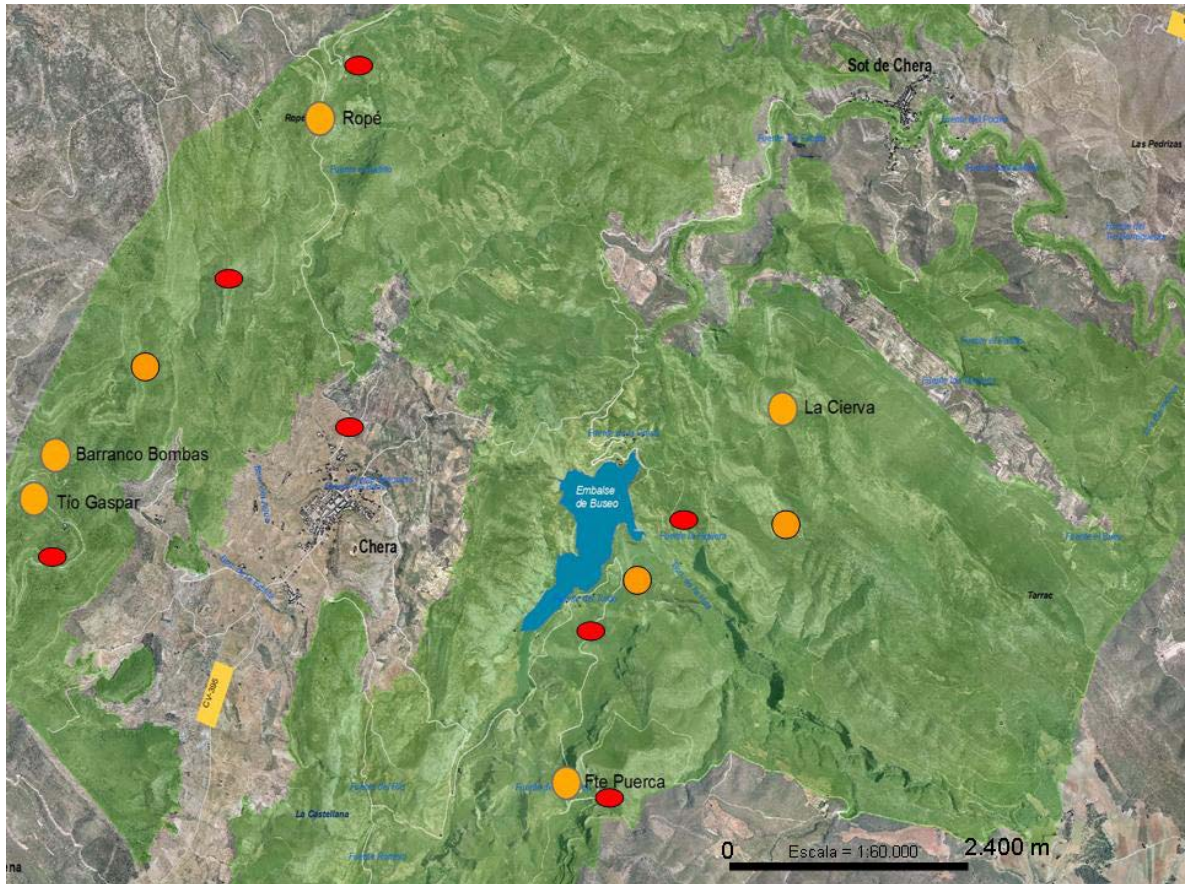


Figura 1. Localización de los NDR de nueva creación (círculos de color rojo) y de los NDR nativos (círculos de color amarillo) en el Parque Natural Chera-Sot de Chera (polígono de color verde).

Las unidades de paisaje y sus respectivas actuaciones específicas se han clasificado de menor a mayor tamaño en:

- Nivel 1. Pinares termófilos en mosaico con matorrales pirófitos de degradación. En el territorio resulta frecuente la existencia de áreas ocupadas por pinares adultos con baja estratificación arbustiva y pimpollares hiperdensos propios de masas intervenidas dando lugar a formaciones con baja capacidad de resiliencia y pobres en especies, donde los procesos de evolución temporal se ven limitados o se colapsan generándose bucles de hiperdensidad-incendio-hiperdensidad.
- Nivel 2. Fragmentos de quejigares mixtos con encinar basófilo mesomediterráneo. Integran la

vegetación potencial de una considerable extensión de los ambientes más mésicos del territorio. Los procesos históricos de origen antrópico han incidido negativamente en los robledales valencianos de *Q. faginea* que en la actualidad conforman conjuntos de metapoblaciones de desigual tamaño no superior a 5 ha.

- Nivel 3. Pequeñas manifestaciones de tejas mediterráneas. Constituyen fragmentos relictos aislados a nivel inter e intrapoblacional (ver Figura 2), incluidos en dos Microreservas de Flora. Se encuentran en un estado de creciente amenaza y están sometidas posiblemente a una deuda de extinción debido a los incendios recurrentes y las fuertes restricciones climáticas. En los

últimos 16 años, sin embargo, se han realizado refuerzos poblacionales puntuales con apreciable éxito que nos han servido como test de idoneidad.

Para el desarrollo de este proyecto se han seleccionado 15 áreas-núcleo, siete fragmentos existentes y ocho de nueva creación (Figura 1), cinco de estos últimos se incluyen como ejemplo en la Tabla 1.



Figura 2. Ejemplo núcleo de dispersión y reclamo creado en la Fuente de la Puerca (Parque Natural de Chera-Sot de Chera, Valencia). En color rojo se indica la localización de una población nativa de tejo (nivel 3) con una evidente fragmentación intrapoblacional. En azul se indica el núcleo de nueva instauración, en el que se han realizado tratamientos silvícolas, creación de un punto de agua y plantación de especies según el modelo propuesto en este trabajo (ver Tabla 1). En color amarillo se engloba un quejigar nativo (nivel 2) que puede ver favorecida su colonización ladera abajo solapando a escala espacial con los anteriores.

Trabajos de adecuación. Infraestructuras y ubicación de los NDR

Se ha establecido un orden cronológico de actuaciones que ha comenzado con trabajos silvícolas previos y adecuación del terreno. Para la selección y posterior creación de los nuevos NDR se han contemplado, además del contexto vegetal, la idoneidad del terreno -en profundidad y calidad de suelo- para realizar labores mediante ahoyado manual. También se ha tenido en cuenta la presencia o canalización por gravedad de puntos de agua (abrevaderos, balsas contra incendios, manantiales, etc.) ya que constituyen un atrayente de fauna dispersora en períodos secos en los que hay presencia de frutos y hacen viables riegos de apoyo de las

plantaciones durante períodos de máximo estrés hídrico con mínimos recursos humanos y materiales necesarios. Asimismo, se ha contemplado la cercanía de pequeñas áreas de cultivo de cereales destinadas a fomentar la presencia de fauna cinegética considerando, en este caso, los efectos positivos de adyacencia (ZAMORA *et al.*, 2010) que puede aumentar, además, el flujo de frugívoros depredadores y dispersores a larga distancia (MATÍAS *et al.*, 2008).

Diversos estudios (OHSAWA *et al.*, 2007; GONZÁLEZ-MORENO *et al.*, 2011) que analizan patrones de diseminación de especies forestales con dispersión barócora sugieren la promoción de núcleos de dispersión ladera arriba que puede facilitar

también la dispersión efectiva de especies anemócoras. Se han seleccionado, en este sentido, algunas cabeceras de valles que albergan microhábitats óptimos (humedad, luz y temperatura) propios de ambientes frescos. La instauración de los diferentes núcleos contempla tanto distancias cortas (<600m) que permitan la conectividad intrapoblacional esperada a medio plazo entre fragmentos de los distintos niveles, como la posibilidad de conectar otras unidades a mayor distancia, muy probablemente en mayores períodos de tiempo. También se han seleccionado áreas con escasa presencia de especies clave en procesos de interacción compuestas por

pinos maduros con una fracción de cubierta del 40% al 60%, atendiendo a su carácter protector durante los primeros estadios de las plantaciones allí establecidas y considerando la promoción del “efecto percha” a muy corta distancia. En el caso de aves frugívoras, la capacidad para el refugio que implica esta cubierta protectora puede en ocasiones ser más determinante que la propia abundancia de frutos (GARCÍA et al., 2010). Se ha realizado un inventario de la fauna potencial que pudiera estar implicada en los procesos de dispersión a través de censos ya existentes (ARMERO et al., 2001) y observaciones propias en campo dentro del territorio.

Especies	Madurez sexual (años)		Período de fructificación	Núcleos y su superficies					
	vivero	campo		Bombas	Ropé	Puerca	Gaspar	Cierva	Total
				1,68 ha	0,34 ha	0,22 ha	0,23 ha	0,34 ha	2,81 ha
<i>Taxus baccata</i>	8-10	> 15	IX-XI	-	22	23	70	-	115
<i>Acer granatense</i>	7-8	¿?	X-XI	74	-	-	40	-	114
<i>Quercus faginea</i>	7-8	> 10	IX-XI	220	286	95	62	100	763
<i>Arbutus unedo</i>	5-6	7-9	X-I	278	145	84	185	205	897
<i>Sorbus aria</i>	¿?	¿?	IX-XI	65	-	-	34	-	99
<i>Crataegus mononyna</i>	3-4	5-7	IX-XI	98	59	-	68	55	280
<i>Juniperus phoenicea</i>	3-4	5-6	X-II	194	125	45	-	130	494
<i>Viburnum tinus</i>	4-5	7-9	XI-XII	210	89	78	-	94	471
<i>Rhamnus alaternus</i>	3	5-6	V-VII	193	74	52	50	64	433
<i>Fraxinus ornus</i>	6-7	¿?	X-XI	-	-	-	-	155	155
<i>Rosa agrestis</i>	3-4	5-7	IX-XII	87	90	49	81	55	362
TOTAL	-	-	-	1419	890	426	590	858	4183

Tabla 1. Ejemplos de núcleos de dispersión y reclamo de nueva creación. Relación de especies y número de ejemplares plantados en cinco núcleos de nueva creación. La madurez sexual se indica en la tabla a través de los resultados obtenidos en los viveros del CIEF en Quart de Poblet (Valencia) durante un período de 16 años y los datos de campo han sido obtenidos a través de observaciones personales de los autores en anteriores experiencias de reforestación en la zona. Para el período de fructificación se indican los meses del año con números romanos. El signo de interrogación significa desconocido. *Fraxinus ornus*, debido a su óptima facultad neocolonizadora, y *Acer granatense* son las dos especies anemócoras empleadas. Obsérvese cómo *Juniperus phoenicea* y *Rhamnus alaternus* cubren distintas fenofases con frutos maduros respecto al resto de especies. Así mismo son, junto a *Rosa agrestis*, las especies utilizadas en plantaciones que más rápido se espera lleguen a su madurez sexual.

Análisis y elección de especies introducidas, densidad y marco de plantación

Para los ocho NDR de nueva creación, las acciones se han dirigido a crear espacios conectores mediante refuerzo y/o reintroducción de especies de interés con marcado papel funcional. En relación al elenco y dinámica de las especies plantadas, se espera que algunas den respuesta en reducidos nichos propios de sus requerimientos autoecológicos

(microhábitats restringidos y muy localizados) mientras que otras, más generalistas, ofrezcan cobertura y facilitación a las anteriormente citadas además de aumentar la resiliencia y colonizar el entorno circundante al marco de actuación (matriz permeable). Mediante un muestreo en vivero y en campo se ha inferido el tiempo mínimo necesario que debe transcurrir hasta que gran parte de las especies forestales utilizadas en la restauración alcancen la madurez sexual y

tengan capacidad de dispersión (Tabla 1). Se han establecido además otros criterios para la elección de especies forestales endozoócoras y anemócoras como su capacidad de colonización, respuesta a la instauración de manera artificial, carácter funcional como especie nodriza, grado de alternancia en producción de frutos, capacidad de rebrote post-incendio y grado de importancia en la comunidad. Se han contemplado también, en el conjunto de especies, el desigual tamaño de los frutos, su color y su contenido nutricional debido a la correlación entre estos atributos y el nivel de interacción con cada uno de los dispersores potenciales (HERRERA, 1984). Las especies elegidas permiten cubrir el mayor espectro temporal con presencia de frutos maduros (Tabla 1), garantizando así la máxima convergencia fenotípica animal-planta (JORDANO et al., 2009)

Para las restauraciones se ha utilizado planta de dos savias cultivada en los viveros del CIEF utilizando material forestal de reproducción de la misma región de procedencia suministrada por el Banco de Semillas Forestales de la Generalitat Valenciana. Para estas plantaciones se han utilizado protectores individuales de malla de polietileno negra o verde con un 40% de sombreo. Se han diseñado diversos módulos de plantación con el que potenciar comunidades arbustivas clave en los procesos de interacción mutualista planta-animal y planta-planta (HERRERA et al., 1994; GARCÍA et al., 2000; GARCÍA & OBESO, 2003). El diseño de diferentes marcos de plantación/parcela (Figura 3), varía en función de la estructura y de las especies clasificadas como: (1) arbóreas en marco de 4×4 m (28% del total), (2) arbustivas en marco de 2×2 m (60% del total) y (3) arbustivo-nodrizas (*Crataegus monogyna* y *Rosa agrestis*) en forma de subnúcleos de 9 m² en marco de 0,5×0,5 m (12% del total). La densidad de plantación en los NDR es de 1.800 plantas/ha. Se ha realizado una reposición de marras y riegos de apoyo durante los dos primeros años

para conseguir un número constante de plantas instauradas con éxito.

En los siete fragmentos nativos ya existentes, las acciones han consistido fundamentalmente en, además del refuerzo con múltiples especies clave de las comunidades presentes, mejorar su estructura a través de tratamientos silvícolas basados en la eliminación de especies pirófitas para mitigar el efecto borde, podas y clareos de reducción de hiperdensidad de pimpollares y resalvos de conversión a monte medio y monte alto en el caso de los quejigares presentes. El tamaño total de los núcleos varía de 0,22 ha a 1,68 ha en el caso de los núcleos de nueva instauración y de 1,46 ha a 4,36 ha para los fragmentos nativos ya presentes. Se han distribuido dos parcelas georeferenciadas de seguimiento de 10x10 m en cada núcleo para la evaluación futura del reclutamiento de nuevas plántulas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de especies que han sido introducidas varía entre 7, en el núcleo Fte. de la Puerca, y 9 en Bco. de Bombas, para el resto se han utilizado un total de 8 especies. El total de ejemplares plantados asciende en el cómputo global a 6.263. En el núcleo Bco. de Bombas es donde mayor número de planta se ha introducido (Tabla 1), con un total de 1.419, con 1060 arbustivas y arbustivas-nodriza (74,70% respecto del total) y 359 arbóreas (25,30%). El porcentaje de supervivencia supera el 90 % al cuarto año desde el inicio de las acciones. La superficie total ocupada por los nuevos NDR creados es de 3,15 ha y de 16,83 ha para los NDR nativos.

Una evaluación de indicadores de éxito sobre el aumento del reclutamiento espontáneo en los NDR creados a partir de los elementos introducidos no puede ser inferida en las parcelas de seguimiento a corto plazo como ocurre, por ejemplo, en ambientes tropicales donde las dinámicas de sucesión se pueden analizar a escala

temporal más reducida (REIS *et al.*, 2003; SCHLAWIN & ZAHAWI, 2008; CORBIN & HOLL, 2012). Es fundamental un seguimiento futuro a largo plazo para poder

estudiar el grado de efectividad de los NDR en el ecosistema forestal mediterráneo que nos ocupa.



Figura 3. Detalle de un subnúcleo dentro de un determinado NDR, con un marco de plantación de $0,5 \times 0,5$ m y compuesto fundamentalmente por una especie arbustiva nodriza (*Rosa agrestis*). En la esquina inferior izquierda se muestra el diseño de plantación.

La aplicación de estas estrategias de nucleación asistida, sin embargo, posee el potencial de restablecer a corto plazo áreas degradadas mediante la promoción de doseles heterogéneos con una composición diversa de la comunidad (CORBIN & HOLL, 2012) que a su vez pueden servir para renaturalizar comunidades monoespecíficas hiperdensas y con baja capacidad de resiliencia en la actualidad. Además de su carácter funcional como conectores ecosistémicos y bajo condiciones ambientales propias de climas mediterráneos secos con largos períodos de estrés hídrico estival, la ubicación estratégica de los NDR puede proporcionar menores limitaciones bióticas y abióticas sobre el establecimiento de las plantas dentro de los núcleos que en las zonas circundantes, bajo condiciones climáticas

más severas y restrictivas, aumentando la probabilidad de supervivencia (ver por ejemplo GARCÍA *et al.*, 2000; PUGNAIRE & LUQUE, 2001; GÓMEZ-APARICIO, 2004; KENNEDY & SOUSA, 2006). También pueden resultar más económicos que los de proyectos con el mismo objetivo diseñados a partir de una visión clásica (REY-BENAYAS *et al.*, 2008; HOLL *et al.*, 2011) dados los factores limitantes actuales y lo reducido del nicho potencial de algunas comunidades o hábitats de interés.

En conclusión, los NDR pueden actuar como puntos calientes de llegadas de semillas y reclutamiento de especies en un primer estadio y como espacios generadores-fuente de una mayor cantidad de diásporas en fases más avanzadas del proceso. Estas estructuras podrán funcionar

como corredores, facilitando el flujo de genes e individuos entre poblaciones de especies forestales fragmentadas y aisladas (Figura 2), e incluso como avenidas de colonización y expansión de la vegetación.

Al margen de los resultados esperados, la finalidad de este proyecto redundaba en mostrar la necesaria y muchas veces inexistente adaptación de conceptos y resultados teóricos que han aparecido durante los últimos años en el ámbito de la ciencia ecológica mediante su interpretación y traslado a metodologías de aplicación técnica en el contexto de la gestión.

Agradecimientos

Agradecemos la ayuda y el apoyo prestado de Antoni Marzo, Jesús Martínez y Vicente Serena (Banc de Llavors Forestals, CIEF, Generalitat Valenciana), Emilio Laguna y Josep Enric Oltra (Servicio de Vida Silvestre de la Generalitat Valenciana), Patricio García Fayos (Centro de Investigaciones sobre Desertificación, CIDE), Cristina Lacruz y María López (Parque Natural de Chera-Sot de Chera), Sergio Marín y Pruden Fernández. Agradecemos también los comentarios y sugerencias realizadas por parte de un revisor anónimo, que han permitido mejorar este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- ARMERO, F.J.; AYLLÓN, J.J.; LÓPEZ, A.; MUÑOZ, R.; SÁEZ, C. & SÁNCHEZ, J.; 2001. *Aves de la comarca Requena-Utiel*. Tundra ediciones. Valencia. 496 pp.
- COLE, R. J.; HOLL, K.D. & ZAHAWI, R. A.; 2010. Seed rain under tree islands planted to restore degraded lands in a tropical agricultural landscape. *Ecological Applications* 20(5): 1255-1269.
- CORBIN, J. D. & HOLL, K. D.; 2012. Applied nucleation as a forest restoration strategy. *Forest. Ecol. Manag.* 265: 37-46.
- FISCHER, J.; LINDERNAYER, D.B. & MANNING, A.D.; 2006. Biodiversity, ecosystem function, and resilience: ten guiding principles for commodity production landscapes. *Front. Ecol. Environ.* 4: 80-86.
- FORMAN, R.T.T.; 1997. *Land mosaics. The ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press, Cambridge.
- GARCIA, D. & OBESO, J.R.; 2003. Facilitation by herbivore-mediated nurse plants in a threatened tree, *Taxus baccata*: local effects and landscape level consistency. *Ecography* 26: 739-750.
- GARCÍA, D., ZAMORA, R.; HÓDAR, J.; A. GÓMEZ J. M. & CASTRO, J. 2000. Yew (*Taxus baccata* L.) Regeneration is facilitated by fleshy-fruited shrubs in Mediterranean environments. *Biol. Conserv.* 95: 31-38.
- GARCÍA, D.; ZAMORA, R. & AMICO, G. C.; 2010. Birds as suppliers of seed dispersal in temperate ecosystems: conservation guidelines from real-world landscapes. *Conserv. Biol.* 24: 1070-1079.
- GÓMEZ-APARICIO, L.; ZAMORA, R.; GÓMEZ, J.M.; HÓDAR, J.A.; CASTRO, J. & BARAZA, E.; 2004. Applying plant facilitation to forest restoration in Mediterranean ecosystems: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. *Ecol. Appl.* 14: 1128-1138.
- GONZÁLEZ-MORENO, P.; QUERO, J.L.; POORTER, L.; BONET, F.J. & ZAMORA, R.; 2011. Is spatial structure the key to promote plant diversity in Mediterranean forest plantations? *Basic Appl. Ecol.* 12: 251-259.
- HERRERA, C.M.; 1984. A study of avian frugivores, bird-dispersed plants, and their interaction in Mediterranean scrublands. *Ecol. Monogr.* 54: 1-23.

- HERRERA, C.M.; JORDANO, P.; LÓPEZ-SORIA, L. & AMAT, J.A.; 1994. Recruitment of a mast-fruiting, bird-dispersed tree: bridging frugivore activity and seedling establishment. *Ecol. Monogr.* 64: 315-344.
- HOLL, K.D.; ZAHAWI, R.A.; COLE, R. J.; OSTERAG, R. & CORDELL, S.; 2011. Planting seedlings in tree islands versus plantations as a large-scale tropical forest restoration strategy. *Restor. Ecol.* 19: 470-479.
- JORDANO, P.; VÁZQUEZ, D.; BASCOMPTE, J.; 2009. Redes complejas de interacciones planta-animal. En: R. MEDEL, M. AIZEN y R. ZAMORA (eds), *Ecología y evolución de las interacciones planta-animal: conceptos y aplicaciones*: 17-41. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- KENNEDY, P.G. & SOUSA, W.P.; 2006. Forest encroachment into a Californian grassland: examining the simultaneous effects of facilitation and competition on tree seedling recruitment. *Oecologia* 148: 464-474.
- MATÍAS, L.; ZAMORA, R.; MENDOZA, I. & HÓDAR, J.A.; 2008. Seed dispersal patterns by large frugivorous mammals in a degraded mosaic landscape. *Restor. Ecol.* 18: 619-627.
- OHSAWA, T.; TSUDA, Y.; SAITO, Y.; SAWADA, H. & IDE, Y.; 2007. Steep slopes promote downhill dispersal of *Quercus crispula* seeds and weaken the fine-scale genetic structure of seedling populations. *Ann. Forest Sci.* 64: 405.
- PUGNAIRE, F.I. & LUQUE, M.T. 2001. Changes in plant interaction along a gradient of environmental stress. *Oikos* 93: 42-49.
- REIS, A.; BECHARA, F.C.; ESPINDOLA, M.B.; VIEIRA, N.K. & SOUZA, L.; 2003. Restoration of damaged land areas: using nucleation to improve successional processes. *The Brazilian Journal of Nature Conservation* 1: 85-92.
- REY BENAYAS, J.M.; BULLOCK, J.M. & NEWTON, A.C.; 2008. Creating woodland islets to reconcile ecological restoration, conservation, and agricultural land use. *Front. Ecol. Environ.* 6: 329-336.
- SCHLAWIN, J. & ZAHAWI, R.A. 2008. “Nucleating” succession in recovering neotropical wet forest: The legacy of remnants trees. *J. Veg. Sci.* 19: 485-487.
- VERDÚ, M. & GARCÍA-FAYOS, P.; 1996. Nucleation processes in a Mediterranean bird-dispersed plant. *Funct. Ecol.* 10: 275-280.
- YARRANTON, G.A. & MORISON, R.G.; 1974. Spatial dynamics of a primary succession: Nucleation. *J. Ecol.* 62: 417-428.
- ZAMORA, R.; HODAR, J.A.; MATIAS, L. & MENDOZA, I.; 2010. Positive adjacency effects mediated by seed disperser birds in pine plantations. *Ecol. Appl.* 20(4): 1053-1060.
- ZAHAWI, R.A. & AUGSPURGER, C.K.; 2006. Tropical forest restoration: tree islands as recruitment foci in degraded lands of Honduras. *Ecol. Appl.* 16: 464-478.
- ZAHAWI, R.A.; HOLL, K.D.; COLE, R.J. & REID, J.L.; 2012. Testing applied nucleation as a strategy to facilitate tropical forest recovery. *J. Appl. Ecol.*: in press.

