

«Beca de investigación para aumentar el conocimiento y la valoración de la biodiversidad del Lugar de Importancia Comunitario de Artikutza»

ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD DE AVIFAUNA EN EL ZEC ARTIKUTZA Y SU RELACIÓN CON EL HÁBITAT FORESTAL

Enero de 2016

JAVIER RODRIGUEZ PEREZ^{1*}, JUAN ARIZAGA¹ Y JOSÉ MANUEL HERRERA²

1 – Departamento de Ornitología, Sociedad de Ciencias Aranzadi - Aranzadi Zientzia Elkartea. C/ Zorroagagaina 11, 20014, Donostia-San Sebastián

2 – Departamento de Ecología Integrativa, Estación Biológica de Doñana (CSIC). C/ Americo Vespucio, s/n, 41092, Isla de la Cartuja, Sevilla

* correo electrónico de contacto: jvr.rodriguez@gmail.com



**Donostiako Udala
Ayuntamiento de San Sebastián**

Contenido

| | |
|---|----|
| Laburpena..... | 3 |
| Resumen del proyecto..... | 5 |
| 1. Introducción del proyecto..... | 7 |
| 2. Antecedentes y objetivos..... | 9 |
| 3. Evaluación de la variabilidad del hábitat forestal en Artikutza..... | 11 |
| 3.1. Localización de parcelas y medidas de heterogeneidad de hábitat..... | 11 |
| 3.2. Resultados de la heterogeneidad del hábitat forestal en Artikutza..... | 14 |
| 4. Diversidad y abundancia de la avifauna en Artikutza..... | 18 |
| 4.1. Medidas de riqueza y abundancia de las aves forestales..... | 18 |
| 4.2. Resultados de riqueza y abundancia de las aves forestales..... | 19 |
| 5. Modelos de distribución de aves forestales y su relación con el hábitat forestal..... | 25 |
| 5.1. Metodología general de los modelos de distribución..... | 25 |
| 5.2 Resultados de la calibración de los modelos de especies..... | 29 |
| 5.3 Predicciones de la presencia y distribución de especies..... | 35 |
| 6. Predicciones de riqueza de especies bajo diferentes escenarios de dinámica y manejo forestal.... | 41 |
| 6.1 Descripción de los escenarios de cambio de paisaje..... | 41 |
| 6.2 Resultados de los escenarios de cambio de paisaje sobre la riqueza de aves..... | 44 |
| 7. Conclusiones..... | 45 |
| 8. Agradecimientos..... | 47 |
| 9. Referencias..... | 48 |
| Anexo 1. Estimaciones de presencia de aves acuáticas ligadas a cursos de agua..... | 50 |
| Anexo 2. Estimaciones de presencia de pícidos..... | 53 |
| Anexo 3. Relación de especies raras detectadas en Artikutza..... | 56 |
| Anexo 4. Difusión de resultados..... | 62 |

Proiektuaren laburpena

“Hegazti-faunaren dibertsitatea eta baso-habitataren arteko erlazioari buruzko ikerketa Artikutzako KBEan”

Basoak mundu mailako biodibertsitate eremu garrantzitsuak dira eta habitat natural zein maneiaturakoetarako baliabide biologikoen emaitza dira. Hala izanik, baso helduak izaki espezialisten babesleku dira, horiek baitira beste baso motatan aurki ezin daitezkeen egitura edo habitat bereziak dituztenak. Proiektu honetan Artikutzako (KBE) Kontserbazio Bereziko Eremuaren baso-hegaztien aberastasun ereduak ikertu dira. Baso-hegaztien aberastasun ereduak ingurumen aldakortasunarekin erlazionatu dira, honela identifikatu nahi izan dira paisaia osatzen duten elementuetatik zeinek dituen hegazti-faunaren aberastasuna azaltzeko baldintzarik onenak. Helburua kudeaketa neurriak ezartzea da, horiek baitira elementu horien indartzea eta baso-hegaztien dibertsitatea handitzen lagunduko dutenak. Helburua basoaren egitura-konplexutasuna neurtzea izanik, 140 laginketa puntu ezarri ziren erreserba osoan zehar. Puntu hauetako paisaia aldakortasuna neurtzeko, Informazio Geografikoko Sistema bidez erazutako datuetan oinarrituta, 200x200m bitarteko gelaxkak atera ziren, eta eskala finean (20 m radioko) habitat aldakortasunak neurtu ziren. Apiriletik ekaina bitartean laginketa puntuetan 37 baso-hegazti espezieetako 2613 ale zentsatu ziren. Hariztiak eta hostozabalen birlandaketak izan ziren aberastasun eta ugaritasun handiena izan zutenak, pagadiak eta koniferoen birlandaketek aldiz, balio txikiagoak azaldu zituzten. Denera soilik 14 espezie izan dira egindako behaketetatik %90 a osatzen dutenak. Ugarien diren 16 espezieak, banaketa ereduak kalibratzeko erabili dira. Eredu hauek espezie bakoitzaren presentzia ingurumen aldakortasunarekin erlazionatzeko balio izan dute. Espezie gehienek hariztia eta hostozabalen birlandaketen portzentajearen arteko erlazio positiboa izan dutela nabarmendu da, aldiz garaieraren arteko efektua negatiboa izan da. Habitat aldakortasunean dagokionean, espezie gehienek behe-basoko zuhaixka aberastasunaren eta urrututako adaburu ugaritasunaren arteko erlazio positiboa izan dute. Dinamika eta baso-maneku eszenatoki desberdinetan aberastasun iragarpenek aditzera ematen dutenez, eszenatoki guztietan aberastasun aldaketa egon liteke, baina proportzioan txikiagoa izango litzateke “berreskuratze naturala” eta “baso ertzeko degradazio” eszenatokietan “hariztiaren handitzearenean” baino; honetan gaur egungo baldintzekin alderatuz, hegazti-faunaren aberastasun aldaketa handiagoa sortuko litzateke. Gehigarri moduan proiektuan beste lanketa hauek egin dira: (1) ur- ibilguztako hegazti urtarren presentziaren estimazioa, (2) Pizidoen presentzia estimazioak, (3) Artikutzan antzemandako espezie arraroen zerrenda eta (4) emaitzen hedapena.

proyecto**“Estudio de la diversidad de avifauna en el ZEC Artikutza y su relación con el hábitat forestal”**

Los bosques son importantes remanentes de biodiversidad a escala global, y sirven como donantes de recursos biológicos para hábitats naturales y manejados. Los bosques maduros son refugio de organismos especialistas, debido a que contienen estructuras o mantienen un hábitat exclusivo que raramente se encuentran en otros tipos de bosque. En este proyecto se estudiaron los patrones de riqueza de aves forestales en la Zona de Especial Conservación (ZEC) Artikutza. Los patrones de riqueza de aves forestales se relacionaron con la heterogeneidad ambiental, para identificar qué elementos del paisaje mejor explican la riqueza de avifauna, y crear medidas de gestión para potenciar dichos elementos y favorecer así la diversidad de aves forestales. Con el objetivo de medir la complejidad estructural del bosque, se establecieron 140 puntos de muestreo repartidos por toda la reserva, midiéndose variables de heterogeneidad de paisaje (extraídas en celdas de 200 x 200 m a partir de datos de un Sistema de Información Geográfica) y variables de heterogeneidad de hábitat medidas a una escala fina (20 m de radio). Durante los meses de abril a junio, se censaron en los puntos de muestreo un total de 2613 ejemplares pertenecientes a 37 especies de aves forestales, siendo el robledal y la repoblación de frondosas las que tuvieron mayor abundancia y riqueza, mientras que el hayedo y la repoblación de coníferas las que tuvieron valores menores. En total, sólo 14 de las especies suponen un 90% del total de las observaciones. Las 16 especies más comunes se usaron para calibrar modelos de distribución que relacionaron la presencia de cada especie con variables ambientales. Se observó que la mayoría de ellas tuvo una relación positiva con el porcentaje de robledal y la repoblación de frondosas, mientras que tuvieron un efecto negativo con la altura. En cuanto a las variables de hábitat, la mayoría de las especies tuvieron una relación positiva con la riqueza de arbustos de sotobosque y la abundancia de árboles con copa rota. Las predicciones de riqueza bajo diferentes escenarios de dinámica y manejo forestal sugieren que podría existir cambio en la riqueza en todos los escenarios, siendo relativamente menor para los escenarios de “Regeneración natural” y “Degradación del borde del bosque”, mientras que el escenario de “Aumento del robledal” sería el que podría generar un mayor cambio de riqueza de

avifauna con respecto a las condiciones actuales. Adicionalmente, se incluyeron en el proyecto tareas adicionales relacionadas con (1) estimas de presencia de aves acuáticas ligadas a cursos de agua, (2) estimas de presencia de Pícidis, (3) una relación de las especies raras detectadas en Artikutza y (4) la difusión de resultados.

1. Introducción del proyecto

Los bosques son importantes remanentes de biodiversidad a escala global, y en Navarra y en el País Vasco en particular, y sirven como donantes de recursos biológicos para hábitats naturales y manejados (Moning y Müller 2009). Los bosques maduros, en particular, tienen un importante valor natural, social y estético debido a que genera una importante heterogeneidad en la estructura del hábitat que requiere, en la mayoría de casos, largos períodos (Spies 2004). Así, los bosques maduros son refugio de organismos especialistas, debido a que contienen estructuras o mantienen un hábitat exclusivo que raramente se encuentran en otros tipos de bosque. Otra fuente de heterogeneidad en los bosques maduros puede estar relacionada con la mayor diversidad de especies forestales. Los bosques mixtos suelen generar una mayor heterogeneidad en el hábitat (Salek et al. 2010; Baláž y Balážová 2012), y, a su vez, estar relacionado con un mayor número de especies (Vivian-Smith 1997). Adicionalmente, los bosques maduros pueden tener periodos cíclicos de perturbaciones naturales, y que son factores ecológicos que afectan a la supervivencia de los organismos, pero que generan mosaicos de biodiversidad en ecosistemas naturales (Holling et al. 1995). Así, uno de los principales argumentos para preservar la biodiversidad forestal es que su pérdida puede perjudicar a funciones ecológicas que los humanos necesitan, es decir, a servicios ecosistémicos relacionados con la producción primaria, secuestro de carbono, y retención y suministro de agua potable (Bengtsson et al. 2000). Por todo ello, los bosques son de capital importancia para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, siendo necesarias medidas para su conservación (Bengtsson et al. 2000).

Los hayedos o los bosques dominados por el haya (*Fagus sylvatica*) son uno de los bosques más característicos de Europa (más concretamente de la región eurosiberiana) que, en el caso de la península Ibérica, abarca la zona Cantábrica y los Pirineos. A pesar de que este tipo de bosque podría dominar bajo las actuales condiciones climáticas en esta región, su actual superficie ha sido severamente reducida o fragmentada en toda Europa (Brunet et al. 2010). Los hayedos se desarrollan generalmente en suelos bien drenados, siendo formaciones prácticamente mono-específicas en las que pueden aparecer especies acompañantes como el pino albar (*Pinus sylvestris*) y los abetos (*Abies*

alba). Las masas forestales de roble pedunculado *Quercus robur* y roble albar *Q. petraea* son masas forestales diversas en cuanto a especies forestales, incluyendo especies tales como los arces (*Acer* spp.), el carpe blanco (*Carpinus betulus*) y el fresno norteño (*Fraxinus excelsior*). Aún así, los robledales han sido las masas forestales manejadas históricamente, y su superficie potencial ha sido talada o sustituida por especies más rentables económicamente (Costa-Tenorio, et al. 1998).

Ambos tipos de bosques pueden soportan altas proporciones de árboles senescentes y grandes volúmenes de madera muerta, que son importantes fuentes de recursos para muchos organismos forestales (Ranius et al 2009; Brunet et al. 2010). En los bosques mas maduros también son abundantes los pequeños claros dentro del bosque (por ejemplo, generados por alteraciones naturales), que pueden ser ocupados por especies de árboles heliófilas (tales como *Betula pubescens*, *Prunus avium*, *Crataegus monogyna* y *Ilex aquifolium*), que, aparte de generar heterogeneidad en el hábitat, añaden nuevas fuentes de recursos para el resto de los organismos. Adicionalmente, los bosques maduros pueden generar un mosaico de heterogeneidad de hábitat a escala fina, debido a la presencia conjunta de árboles de diferentes edades y tamaños (Winter y Möller 2008). Por ejemplo, muchas especies de mamíferos terrestres, murciélagos y aves necesitan el uso de cavidades (para descansar, anidar, etc.), siendo éstas únicamente abundantes en bosques maduros.

Las aves constituyen uno de los grupos animales vertebrados más diversos y conocidos. Su presencia en cualquier ecosistema, así como su ubicuidad, las convierten en elementos de enorme interés para el ser humano: por un lado permiten ser utilizadas como especies modelo para estudiar la salud de los ecosistemas, por otro constituyen un gran atractivo para una actividad en auge: el turismo de naturaleza. En este proyecto, se estudiará la diversidad y la distribución de las aves en la Zona de Especial Conservación (ZEC) de Artikutza (Artikutza, en adelante). Primero, se relacionarán con la heterogeneidad ambiental actual en Artikutza con el fin de identificar los patrones que los explican así como identificar qué hábitats y/o elementos podrían ser potenciados para aumentar la riqueza de aves forestales. Segundo, se realizarán análisis predictivos con el objetivo de determinar el efecto de diferentes escenarios de dinámica o manejo forestal

sobre la riqueza de aves. Paralelamente, este estudio permitirá identificar las zonas clave para la conservación de la avifauna en Artikutza y actualizar el listado de especies nidificantes en Artikutza.

Adicionalmente, se ha incluido varios anexos que incluyen tareas que no estaban programadas en la propuesta original del proyecto. La primera tarea consistió en realizar medidas de presencia de aves acuáticas ligadas a cursos de agua (ver Anexo 1). Esta necesidad se debió a que un informe anterior (Elosegui A, Díez J, y González-Esteban J, 2014; Medidas de presencia de aves acuáticas ligadas a cursos de agua) apuntaba a una baja densidad de Mirlo acuático *Cinclus cinclus* en Artikutza, necesitándose de más información para valorar el estado poblacional de dicha especie allí. La segunda tarea consistió en la detección específica de Pícidos (Pájaros carpinteros) en la reserva, con el objetivo de identificar aquellas especies más comunes, además de detectar la presencia de Pico mediano *Leipicus medius* y Pico dorsiblanco *Dendrocopos leucotos*, especies de interés comunitario y aún no detectadas en Artikutza (ver Anexo 2). En la tercera tarea se describe una relación de las especies detectadas (visual o auditivamente) en Artikutza, fuera de los censos estandarizados realizados durante el presente proyecto (ver Anexo 3). Finalmente, la cuarta tarea consistió en las actividades de difusión de resultados (charlas y artículos en el boletín), con el objetivo de dar a conocer al público la riqueza de avifauna de Artikutza (ver Anexo 4).

2. Antecedentes y objetivos

Desde su compra en 1919, el ayuntamiento de Donostia inició un proceso de recuperación del bosque de Artikutza. Estas actuaciones han tenido el objetivo de impulsar la regeneración natural del hayedo original (sin apenas intervención humana) y su repoblación con diferentes especies forestales, con el objetivo de aumentar la masa forestal y propiciar las condiciones idóneas para la obtención de agua potable. Actualmente y tras casi 100 años de protección, la mayor parte (aproximadamente el 90%) de la superficie de Artikutza se encuentra cubierta de bosque, siendo el haya la especie forestal dominante (Castro-Gil 2009). El hayedo ocupa aproximadamente el 50% de la superficie boscosa, y ha evolucionado hacia una fase madura, con abundantes

hayas trasmochas y madera muerta.



Figura 2.1.1 – Tipos de masas forestales consideradas para el trabajo de campo en Artikutza. De Arriba a abajo e izquierda a derecha: Hayedo, Robledal, Repoblación de frondosas y de coníferas. (c) Javier Rodríguez

Es también abundante el robledal atlántico de *Quercus robur*, actualmente relegado a las zonas más favorables por altitud y exposición, y presentando un dosel poco denso con abundante cobertura herbácea y arbustiva. Existen pies dispersos de espino blanco (*Crataegus monogyna*), acebo (*Ilex aquifolium*) y peral (*Pyrus* sp) o manzano silvestre (*Malus* sp.) que forman parte del sotobosque y no alcanzan el dosel principal del bosque (Castro-Gil 2009), y que pueden ser una importante fuente de recursos para la avifauna en la época de disponibilidad de frutos (otoño e invierno). Igualmente, en determinadas zonas de la finca existen especies alóctonas de regeneración rápida (por ejemplo, el pino silvestre, alerce, ciprés de Lawson, abeto rojo, roble americano, o falsas acacias), que se introdujeron para recuperar rápidamente la cobertura forestal; a pesar de que podrían ser

una fuente complementaria de recursos, se desconoce su efecto sobre la biodiversidad autóctona. Durante este tiempo se ha recopilado información sobre la evolución y estructura del bosque (Castro-Gil 2009), sobre el estado de conservación de los ecosistemas acuáticos (Elosegui et al. 2013), y sobre la biodiversidad de insectos (Martínez de Murgía et al. 2001; 2002; 2004a; 2004b), pero aún existe un vacío de conocimiento de la avifauna en Artikutza, y cómo podría estar condicionada por la variabilidad de las masas forestales.

3. Evaluación de la variabilidad de las masas forestales

3.1. Localización de parcelas y medidas de heterogeneidad de hábitat

En toda Artikutza, se estableció una red de puntos de muestreo mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG, en adelante) que estuvieran separados a una distancia de 200 m entre sí. Mediante el reconocimiento previo de la finca, el asesoramiento de los guardas y técnicos, y el SIG realizado por la empresa EKILAN, se seleccionaron 140 puntos de muestreo del total de 936 puntos potenciales distribuidos en toda la finca, representando el 15% del área total potencialmente muestreable. La escala de paisaje seleccionada (cuadrículas de 200 x 200 m, ver Figura 3.1.1) tenía el objetivo de tener unidades de paisaje internamente homogéneas bajo los mismos procesos ecológicos, sobre el cual las aves podrían estar seleccionados. Por otra parte, la selección de los puntos de muestreo tenía el objetivo de incluir la mayor diversidad paisajística y de heterogeneidad de masas forestales en Artikutza (es decir, hayedo maduro, robledal, pinar de repoblación y repoblación de frondosas), además de seleccionar puntos fácilmente accesibles por la red de caminos y pistas forestales.

A partir del SIG suministrado por EKILAN se clasificó cada punto muestreado en cuatro categorías, que corresponden con el tipo de masa forestal. Así, cada punto de muestreo se asignó a: a) Hayedo (masa forestal dominada por *Fagus sylvatica*), b) Robledal (*Quercus robur*, *Q. petraea* y/o *Alnus glutinosa*), c) repoblación de coníferas (*Chamaecyparis lawsoniana*, *Larix kaempferi*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *P. nigra*, *P. radiata*, *Pseudotsuga menziesii* y/o *Sequoia sempervirens*) y d) repoblación de frondosas

(*Quercus rubra* y *Corylus avellana*).

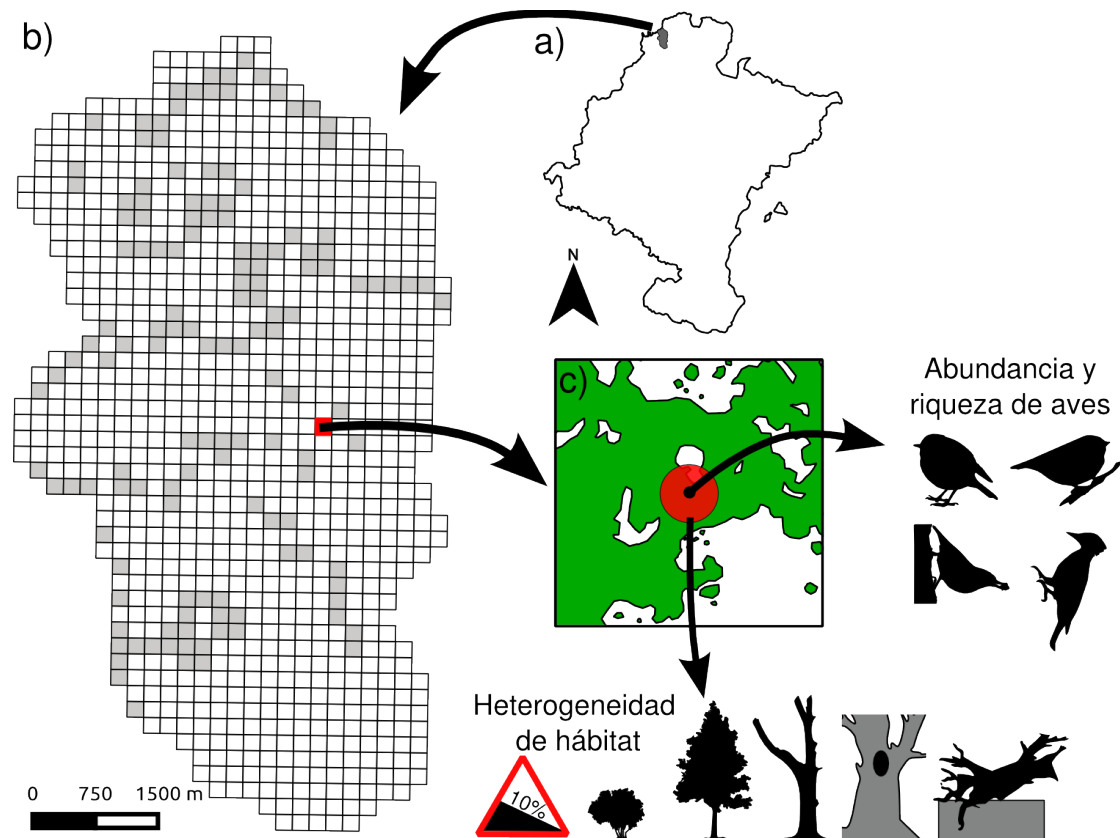


Figura 3.1.1 - Localización de Artikutza, y diseño del muestreo de heterogeneidad de hábitat y abundancia y riqueza de aves forestales. En (b) se localizan los puntos de muestreo (representados en cuadros en gris) distribuidos por todo Artikutza, y localizados a una distancia de 200 m entre sí. En (c) ejemplo de las variables ambientales medidas en cada parcela. Las medidas de heterogeneidad de hábitat se muestrearon en áreas de 20 m de radio (círculo en rojo), mientras que la abundancia y riqueza de aves forestales se cuantificó hasta una distancia máxima de 100 m de radio desde el punto central de la cuadrícula.

Durante los meses de Abril a Junio de 2015, se estableció en cada punto de muestreo un área circular de 20 m de radio (Figura 3.1.1). En dichos puntos de muestreo se midieron características de complejidad de hábitat y que pudieran estar asociadas a la abundancia y riqueza de aves forestales. A continuación se enumera cada una de las variables de hábitat medidas en el campo:

- 1) Abundancia de árboles con presencia de Yesqueros o afines. Se cuantificará la presencia en árboles o troncos muertos con cuerpos fructíferos de hongos parásitos y/o descomponedores de la madera.
- 2) Abundancia de árboles con copa rota. Se cuantificaron aquellos árboles en las que alguna de las ramas principales estaba rota.
- 3) Abundancia de árboles con presencia de huecos. Se cuantificaron los árboles con grandes cavidades semi-cerradas en el tronco, cuya abertura puede ser tanto perpendicular como paralela al eje del tronco. Este tipo de cavidades suelen aparecer abundantes en árboles de más edad en las que suele acumularse residuos (es decir, hojarasca, ramas).
- 4) Abundancia de árboles con presencia de cavidades. Se cuantificaron los árboles con cavidades de más de 5 cm cuya entrada es perpendicular al eje del tronco.
- 5) Abundancia de árboles desenraizados. Se cuantificaron los árboles vivos o muertos en la que parte de las raíces estuvieran visibles.
- 6) Abundancia de árboles muertos en pie (*Snags*, en inglés).
- 7) Abundancia de árboles muertos en suelo.
- 8) Abundancia de tocones. Abundancia de tocones de árboles con evidencias haberse producido de manera natural (caídas de árboles). No se cuantificaron los tocones producidos por manejo forestal.
- 9) Abundancia de troncos en sotobosque. Abundancia de troncos de madera muerta mayores de 10 cm en suelo.
- 10) Riqueza de arbustos y árboles de sotobosque. Árboles y arbustos que se encuentran bajo el dosel del bosque, normalmente de fruto carnoso.
- 11) Riqueza de árboles.
- 12) Tamaño de árboles. DBH medio de los árboles que forman el dosel del bosque.



Figura 3.1.2 – Instantes durante el trabajo de campo en Artikutza. (c) Maite Louzao.

3.2. Resultados de la heterogeneidad de las masas forestales

De los 936 puntos potenciales se clasificaron como un 59.8% de hayedo, 29.3% de robledal autóctono, 8.4% de repoblación de coníferas, 2.5% de repoblación de frondosas. Por otra parte, los 140 puntos muestreados están representados por un 47.4% de hayedo, un 28.6% de robledal autóctono, 15.8% de repoblación de coníferas, y un 8.2% de repoblación de frondosas; así las masas forestales minoritarias en Artikutza estarían mejor representadas en los puntos muestreados para obtener resultados mas robustos por tipo de masa forestal.

En general se observa que el hayedo es más abundante en las zonas intermedias y altas de Artikutza (ver Figura 3.2.1), existiendo una correlación positiva del porcentaje de hayedo con la altura ($r = 0.296$, $p < 0.001$). Por otro lado, existe una fuerte correlación negativa del porcentaje del hayedo con el porcentaje de robledal ($r = -0.756$, $p < 0.001$), de repoblación de coníferas ($r = -0.354$, $p < 0.001$) y de repoblación de frondosas ($r = -0.272$, $p < 0.001$). El robledal es más abundante en las zonas de valle, y por lo tanto, existe una correlación negativa con la altura ($r = -0.459$, $p < 0.001$) y con la distancia al borde del bosque ($r = 0.317$, $p < 0.001$).

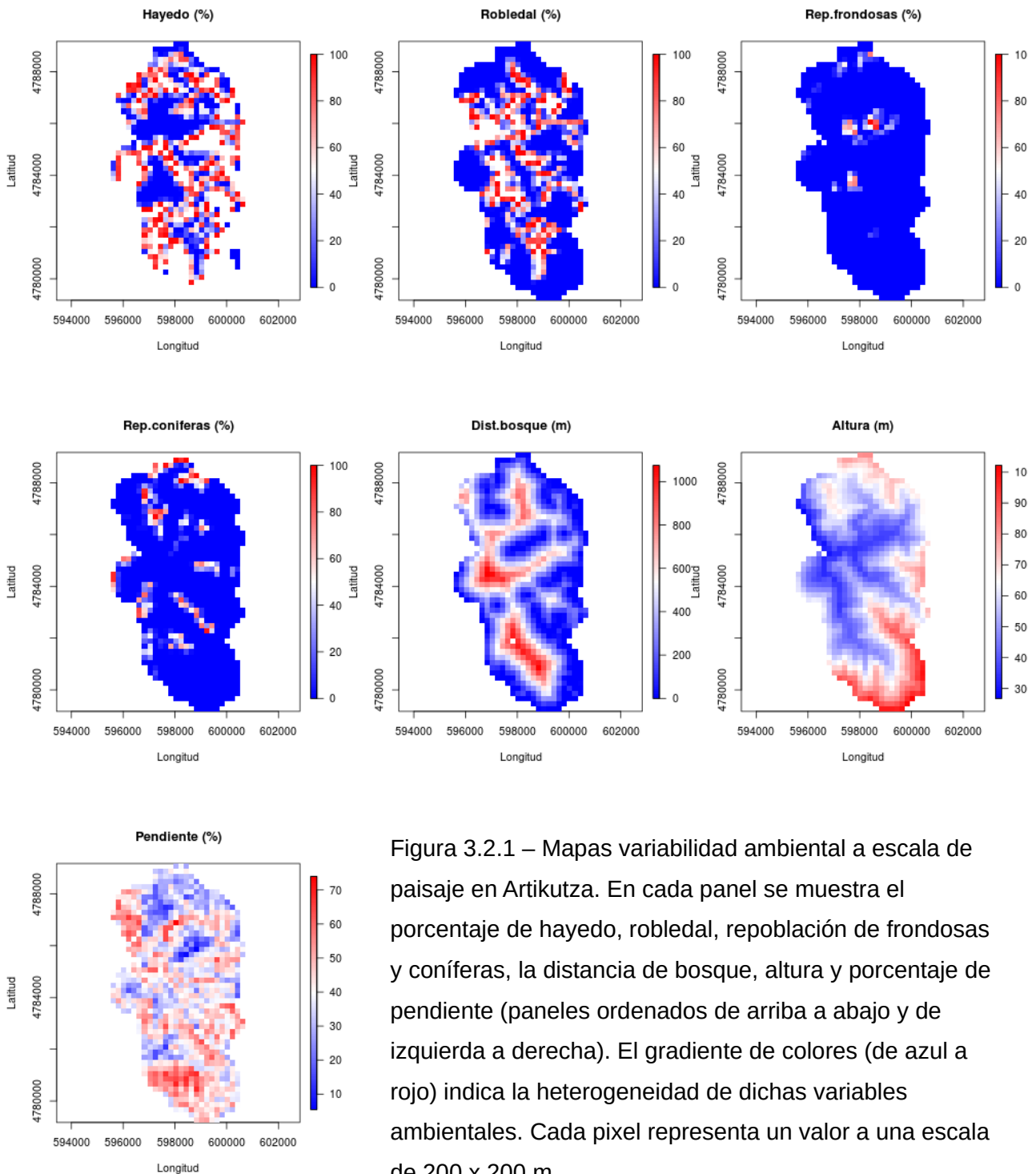


Figura 3.2.1 – Mapas variabilidad ambiental a escala de paisaje en Artikutza. En cada panel se muestra el porcentaje de hayedo, robledal, repoblación de frondosas y coníferas, la distancia de bosque, altura y porcentaje de pendiente (paneles ordenados de arriba a abajo y de izquierda a derecha). El gradiente de colores (de azul a rojo) indica la heterogeneidad de dichas variables ambientales. Cada pixel representa un valor a una escala de 200 x 200 m.

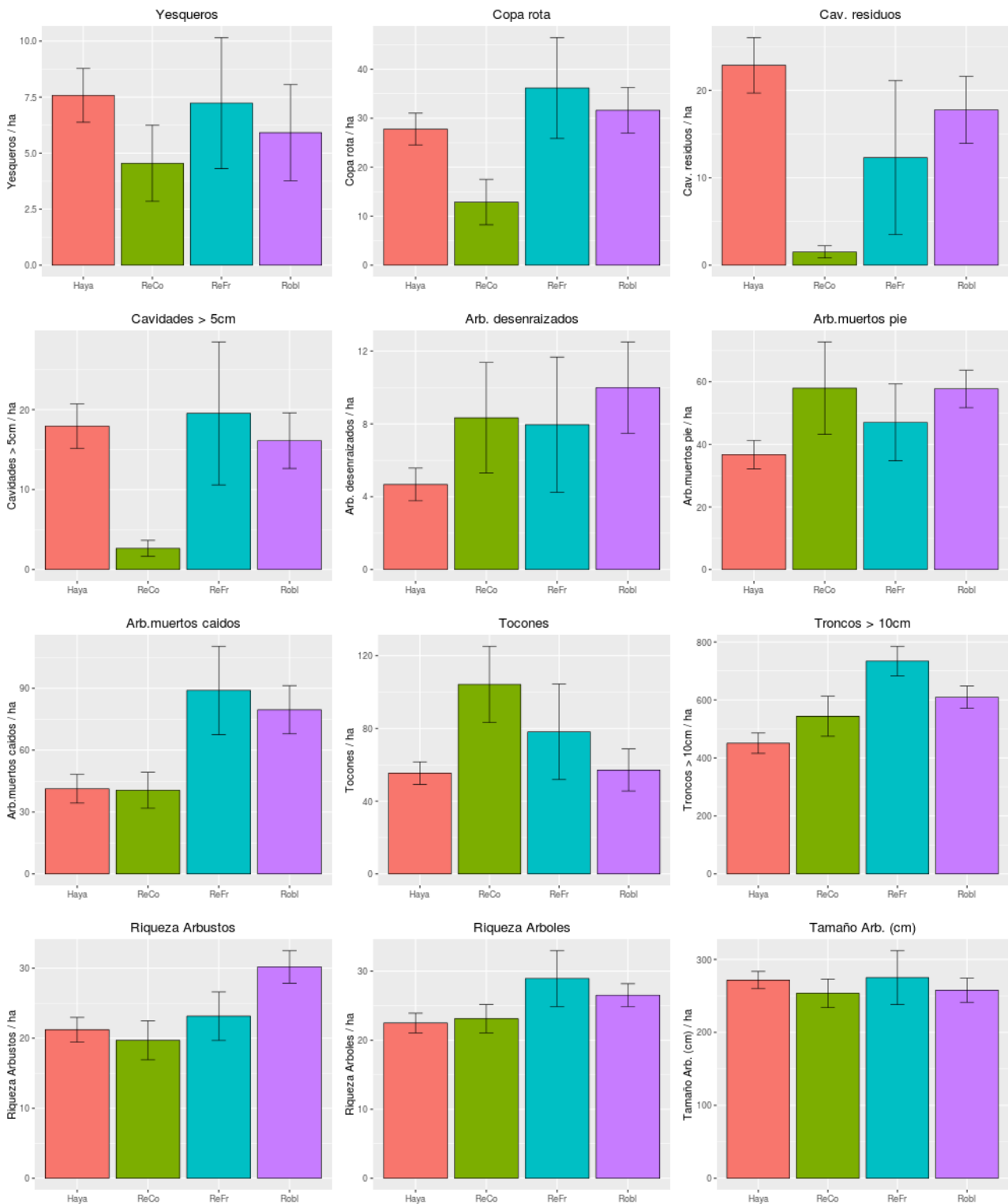


Figura 3.2.2 – Medidas de heterogeneidad ambiental por hectárea. Cada barra representa los valores de cada tipo de masa forestal (los tipos de masa forestal corresponden a el valor de las masas forestales se extrajeron de el SIG disponible por EKILAN) de cada una de las variables de hábitat en parcelas de 20 m de radio. Las barras de error representan el error estándar. Las

variables de hábitat corresponden a las mencionadas mas arriba, ordenadas de arriba a abajo e izquierda a derecha.

En cuanto a las variables ambientales medidas a nivel de parcela de 20 m de radio, encontramos diferencias para cada tipo de masa forestal (Figura 3.2.2). Así, el hayedo tiene altos valores de yesqueros, cavidades con residuos, cavidades de más de 5 cm y tamaño promedio de árboles. El robledal autóctono tiene altos valores de árboles desenraizados, árboles muertos en pie y riqueza de arbustos de sotobosque. El pinar de repoblación tiene bajos valores de árboles con copa rota, cavidades con residuos, y cavidades de más de 5 cm; adicionalmente el pinar tiene alta densidad de árboles muertos en pie, y de tocones. Finalmente, la repoblación de frondosas tiene altas densidades de yesqueros, árboles con copa rota, cavidades de mas de 5 cm, árboles muertos caídos, troncos de >10 cm, riqueza de árboles y tamaño promedio de árboles.

La abundancia y distribución de masas de repoblación (tanto de coníferas como de frondosas) responde a cuestiones de manejo históricas, como zonas de poca pendiente y accesibles y no a cuestiones ecológicas que podrían determinar la distribución de las masas forestales autóctonas (es decir, hayedo y robledal). Así, el porcentaje de repoblación de coníferas tiene un patrón parcheado, existiendo una correlación negativa con la pendiente ($r = -0.276$, $p < 0.001$). Finalmente, la repoblación de frondosas es menos abundante en Artikutza y suele encontrarse en las zonas de fondos de valle; el porcentaje de la repoblación de frondosas tiene una relación negativa con la altura ($r = -0.243$, $p < 0.001$) y la pendiente ($r = -0.231$, $p < 0.001$). El resto de las relaciones entre variables de paisaje no se muestran debido a que su relación es relativamente baja (es decir $r < 0.200$).

Para acabar, es interesante evaluar la dinámica forestal de la actual vegetación, con el objetivo de poder estimar cambios futuros en las masas forestales. A partir de la variable de tamaño de árboles, se seleccionaron aquellos pies con DBH menor de 15 cm, y se clasificaron en cada una cuatro categorías de masas forestales que corresponden a hayedo, robledal, repoblación de frondosas y de coníferas. En la Figura 3.2.3 se observa que en tres de las cuatro masas forestales (es decir, hayedo, robledal y repoblación

coníferas) los reclutas de haya fueron predominantes, mientras que en la repoblación de frondosas fue mayoritaria la presencia de reclutas de la misma masa forestal. Dichos datos sugieren que bajo la actual dinámica forestal, es esperable que el hayedo sustituya a las masas forestales de robledal y repoblación de coníferas.

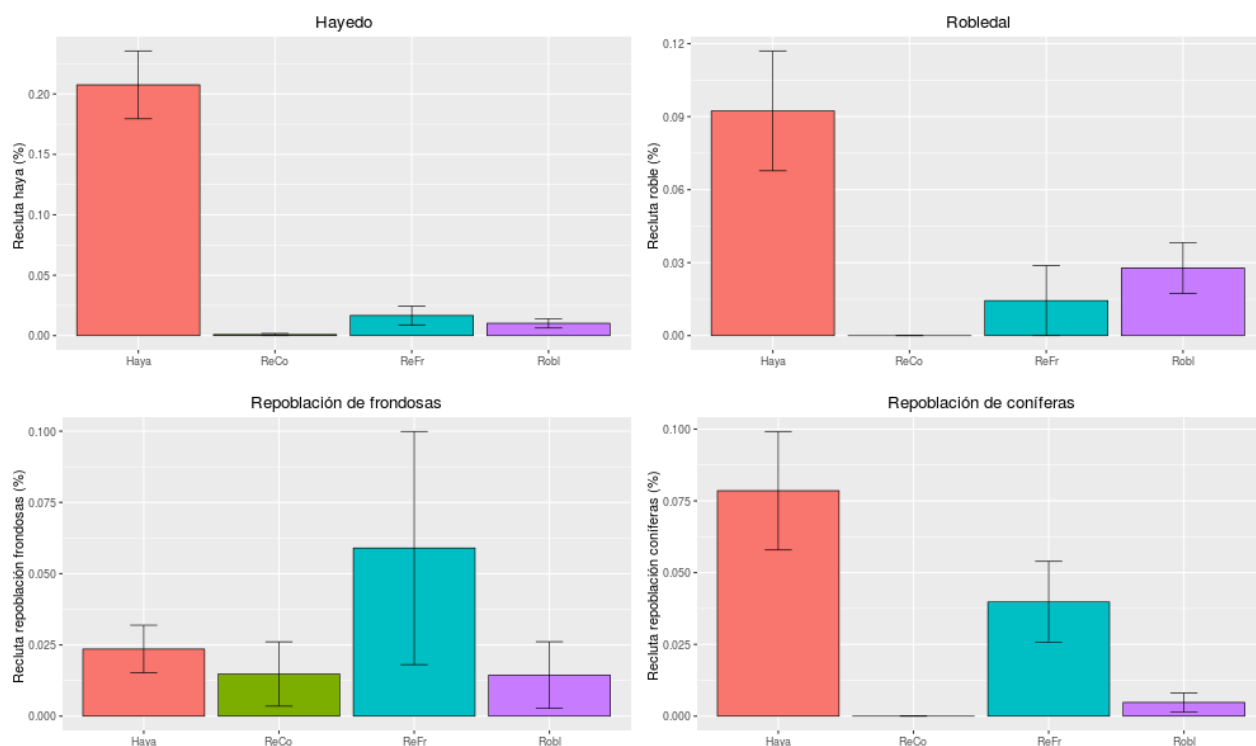


Figura 3.2.3 – Porcentaje de reclutas de árboles para cada tipo de masa forestales. Cada barra representa los valores de porcentaje de reclutas de haya, roble, y de repoblación de frondosas y coníferas en cada tipo de masa forestal (en diferentes paneles) en parcelas de 20 m de radio. Las barras de error representan el error estándar.

4. Diversidad y abundancia de la avifauna en Artikutza

4.1. Medidas de riqueza y abundancia de las aves forestales

Durante los meses de Abril a Junio se realizaron observaciones directas en campo de la avifauna en los mismos puntos de muestreo que la Tarea 1 (ver Figura 3.1.1). Dichos censos de aves tienen el objetivo de evaluar que tipos de masa forestal tienen mayor abundancia y riqueza de avifauna. En cada punto de muestreo se realizaron tres

secuencias independientes de 5 minutos (separadas por un minuto de descanso), censando en cada punto de muestreo un total de 15 minutos. El motivo de realizar varias secuencias independientes de censos consistía en solventar un problema de *pseudo-replicación*: secuencias largas de tiempo tienen mayor probabilidad de contabilizar repetidamente el mismo ejemplar. Los censos se realizaron desde alrededor de las 8,30 de la mañana hasta las 12h del mediodía. Esto es debido a que el período de mayor actividad de las aves es por la mañana, siendo las horas centrales del día el período del día cuando la actividad de las aves es mínima.

Una vez localizado un ejemplar (visual ó auditivamente), se identificó a nivel de especie, se determinó su distancia desde el punto de muestreo a partir de una estima visual (o auditiva) entre el punto de observación y el ave, y hasta una distancia aproximada de 100 m desde el punto de observación; para evitar sesgos, los censos de aves fueron realizadas por la misma persona (JRP). En el caso que fuese posible, se determinó su sexo y edad (si fuera discriminable; macho, hembra o juvenil), su actividad (alimentándose, cantando, anidando, interaccionando con otras especies, etc.), el hábitat donde se posó (haya, roble, suelo, etc.). No se consideraron aquellas aves que sobrevolaban o no se detuvieron en la celda muestreada.

4.2. Resultados de riqueza y abundancia de las aves forestales

De los 140 puntos muestreados, se censaron en total 2100 minutos, localizándose 2613 ejemplares de 37 especies de aves forestales (ver Tabla 4.2.1). En total, la mitad de las especies de aves identificadas (14 especies) corresponden con el 89.5% de las aves observadas. El resto de las 13 especies son 275 observaciones, representando el 10.5% de las observaciones totales. Las familias con mayor número de especies son la de los *Picidae* (4 especies), *Turdidae* (3 especies), *Phylloscopidae* (4 especies), *Muscicapidae* (3 especies) y *Paridae* (5 especies). Fuera de los censos con tiempo estandarizado, se pudieron detectar 8 nuevas especies (ver Anexo 3), lo cual arroja una diversidad de avifauna de 45 especies.

Tabla 4.2.1 – Relación de las especies detectadas en censos de campo. Entre paréntesis se indica el número de ejemplares detectados visual y auditivamente en censos de 15 minutos de duración. Las especies se presentan en orden taxonómico. Las especies en negrita son aquellas seleccionadas relacionar su presencia con variables ambientales (ver apartado 5).

| | | |
|---|---|---|
| Columbidae <i>Columba palumbus</i> (1) | Sylviidae <i>Sylvia borin</i> (6) <i>Sylvia atricapilla</i> (207) | Paridae <i>Parus major</i> (154) <i>Cyanistes caeruleus</i> (79) <i>Lophophanes cristatus</i> (90) <i>Periparus ater</i> (59) <i>Poecile palustris</i> (123) |
| Cuculidae <i>Cuculus canorus</i> (23) | Acrocephalidae <i>Hyppolais polyglotta</i> (3) | Aeghytalidae <i>Aeghytalos caudatus</i> (9) |
| Picidae <i>Dryocopus martius</i> (7) <i>Picus viridis/sharpei</i> (3) <i>Dendrocopos major</i> (17) <i>Dendrocopos minor</i> (1) | Phylloscopidae <i>Phylloscopus collybita</i> (11) <i>Phylloscopus ibericus</i> (27) <i>Phylloscopus sibilatrix</i> (12) <i>Phylloscopus trochilus</i> (5) | Sittidae <i>Sitta europaea</i> (151) |
| Motacillidae <i>Anthus trivialis</i> (23) <i>Motacilla cinerea</i> (2) | Regulidae <i>Regulus ignicapillus</i> (86) | Certhidae <i>Certhia familiaris</i> (4) <i>Certhia brachydactyla</i> (76) |
| Cinclididae <i>Cinclus cinclus</i> (1) | Trogloditidae <i>Troglodytes troglodytes</i> (168) | Corvidae <i>Garrulus glandarius</i> (40) |
| Prunellidae <i>Prunella modularis</i> (11) | Muscicapidae <i>Ficedula hypoleuca</i> (10) <i>Erithacus rubecula</i> (381) <i>Saxicola rubicola</i> (4) | Fringillidae <i>Fingilla coelebs</i> (442) |
| Turdidae <i>Turdus philomelos</i> (115) <i>Turdus viscivorus</i> (28) <i>Turdus merula</i> (188) | | Emberizidae <i>Emberiza citrinella</i> (1) |



Figura 4.2.1 - Fotografías de las aves más comunes detectadas en Artikutza. De arriba a abajo y de izquierda a derecha: *F. coelebs*, *E. rubecula*, *S. atricapilla*, *T. merula*, *T. troglodytes*, *P. major*, *S. europaea*, *T. philomelos*, *P. palustris*, *L. cristatus*, *R. ignicapillus* y *C. brachydactyla* (c) Wikimedia commons



Figura 4.2.1 (continuación) - Fotografías de las aves más comunes detectadas en Artikutza. De arriba a abajo y de izquierda a derecha: *C. caeruleus*, *P. ater*, *T. viscivorus* y *P. ibericus/collybita* (c) Wikimedia commons

En cuanto a abundancia, la especie más común en los censos fue el pinzón vulgar *Fringilla coelebs*, seguido del petirrojo europeo *Erithacus rubecula*, y de la curruca capirotada *Sylvia atricapilla* (ver Figura 4.2.1); estas especies están asociadas a cualquier tipo de masa forestal con buena cobertura. A destacar la presencia de especies asociadas a bosques maduros como el trepador azul *Sitta europaea* (6% en abundancia), el carbonero palustre *Poecile palustris* (5%), el herrerillo capuchino *Lophophanes cristatus* (3%), el agateador europeo *Certhia brachydactyla* (3%), mosquitero silbador *P. sibilatrix*, papamoscas cerrojillo *Ficedula hypoleuca*, y el agateador eurosiberiano *Certhia familiaris*. También existen especies asociadas a márgenes de bosques o bosques jóvenes, y con zonas de prados o de buena cobertura arbustiva. Ejemplos de este caso son el mosquitero ibérico *Phylloscopus ibericus* y el común *P. collybita*, el mosquitero musical *P. trochilus*, la bisbita arbórea *Anthus trivialis* y el acentor común *Prunella modularis*; a pesar de que son especies que pueden ser relativamente comunes en el entorno, es esperable que sean en Artikutza raras debido a la gran superficie forestal.

Abundancia relativa de Aves

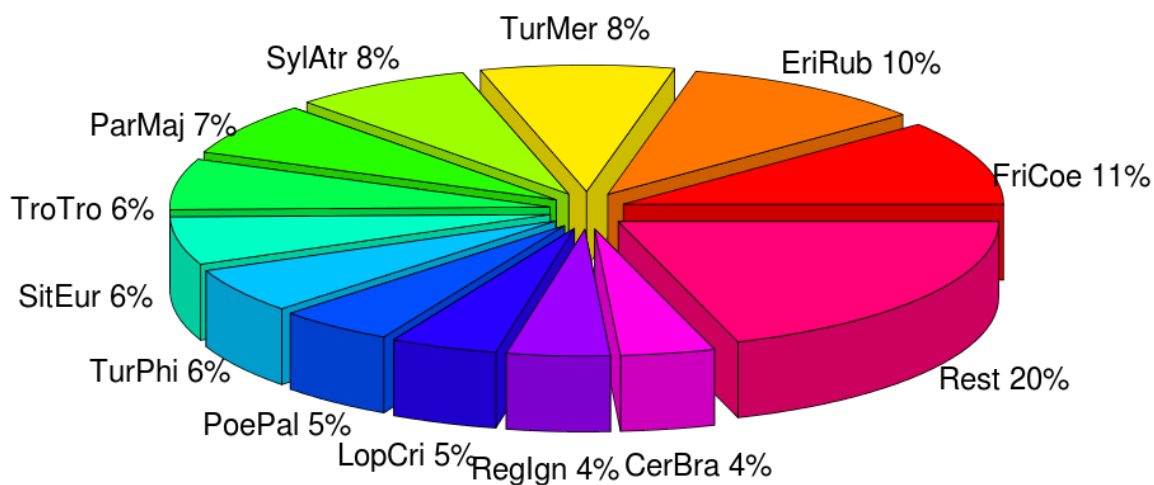


Figura 4.2.2 - Porcentaje de abundancia y riqueza de aves censadas. El tamaño del área representa el porcentaje relativo de cada especie (en diferentes colores). Solo se diferencian las aves más comunes (14 especies, abreviaciones a partir de sus nombres científicos), mientras que el resto se incluye en la categoría "Rest" (15 especies).

De las especies detectadas en los censos, los frutos carnosos formarían parte importante de seis de las especies detectadas en los censos (es decir, *Turdus philomelos*, *T. viscivorus*, *T. merula*, *Erithacus rubecula*, *Sylvia borin* y *S. atricapilla*), mientras que tres especies (es decir, *Sitta europaea*, *Garrulus glandarius*, *Dendrocopos major*) dependen (de mayor o menor grado) de frutos secos (es decir hayucos, bellotas y avellanas) como fuente de alimento otoñal e invernal. En las figuras se muestran fotografías de las 16 especies más comunes en Artikutza, y que serán relacionadas con las diferentes masas forestales (ver 5.2).

Además de las especies más comunes, se realizaron censos específicos para estimar la presencia de aves acuáticas ligadas a cursos de agua (ver Anexo 1), y estimas de presencia de Pícidis en Artikutza (ver Anexo 2). En el Anexo 3 se presenta una relación de las especies raras detectadas o detectadas en baja frecuencia durante el

trabajo de campo en Artikutza, incluyendo su estatus de conservación.

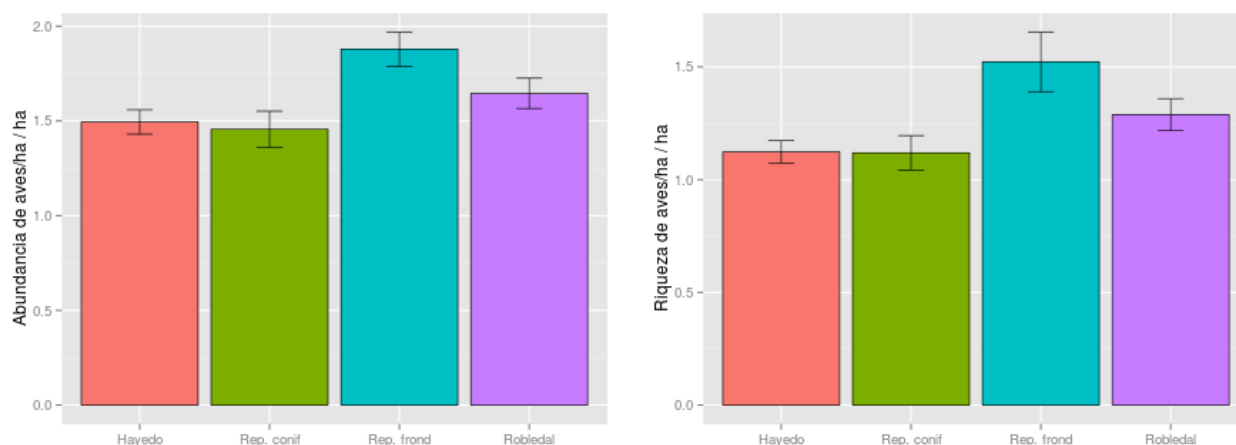


Figura 4.2.3 – Abundancia y riqueza relativa de aves por masa forestal y hectárea. En el panel de la izquierda se representa la abundancia de aves en períodos de 5 minutos de censo, mientras que el panel de la derecha, la riqueza (número de especies) representa el número de especies detectadas en períodos acumulativos de 15 minutos. Las barras de error representan el error estándar.

Comparando masas forestales, el robledal y la repoblación de frondosas tuvieron mayor abundancia de aves, mientras que el hayedo y la repoblación de coníferas una menor abundancia (Figura 4.2.3). En cuanto a la riqueza de aves fue menor para el hayedo y la repoblación forestal, mientras que la repoblación de frondosas tuvo mayor riqueza. Por otro lado, el hayedo y el robledal tuvieron una mayor variabilidad tanto para la abundancia como para la riqueza de aves (es decir, los intervalos de confianza son mas amplios; ver Figura 4.2.3) sugiriendo que probablemente existen otros factores (por ejemplo, distancia al borde del bosque, edad de la masa forestal) que probablemente influyan en la composición de la avifauna de cada punto de muestreo. Estas variables se evaluarán explícitamente en el apartado de calibración del modelo (ver sección 5.2).

Adicionalmente se muestra la abundancia de cuatro especies comunes por masa forestal (Figura 4.2.4). Por ejemplo, el pinzón vulgar *F. coelebs* y el mirlo común *Turdus merula* se encuentran en todas las masas forestales, aunque son ligeramente más abundantes en la repoblación forestal y en el robledal, respectivamente. Por otro lado, el

carbonero palustre *P. palustris* está bien representado en todas las masas de frondosas (hayedo, robleal y repoblación de frondosas), mientras que el agateador europeo *C. brachydactyla* se detectó mayoritariamente en hayedo.

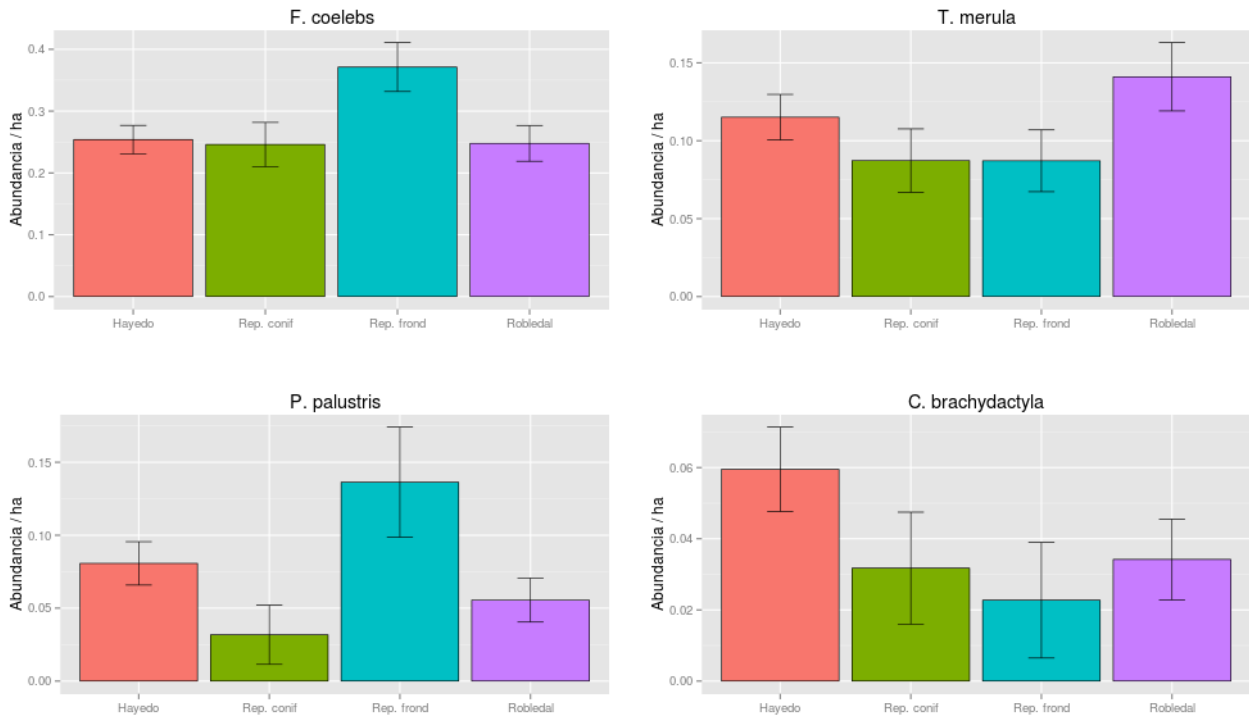


Figura 4.2.4 - Abundancia relativa de cuatro especies de aves por masa forestal y hectárea. Las especies fueron: pinzón vulgar *F. coelebs* (arriba izquierda), mirlo común *T. merula* (arriba derecha), carbonero palustre *P. palustris* (abajo izquierda) y agateador europeo *C. brachydactyla* (abajo derecha). Para más explicaciones de la figura, ver Figura 4.2.3.

5. Modelos de distribución de aves forestales y su relación con el paisaje

5.1. Metodología general de los modelos de distribución

Los Modelos de Distribución de Especies (SDM, siglas del inglés) o los modelos basados en nicho son una metodología comúnmente empleada para determinar la distribución potencial de especies en función de variables ambientales, además para evaluar sus cambios potenciales frente a diferentes escenarios de manejo o cambio global (Guisan y Zimmermann 2000). Para ello se combinará la información de (a) heterogeneidad del

masas forestales y hábitat (ver apartado 3) y (b) de presencia de aves (ver apartado 4) para generar mapas potenciales de distribución de las especies en función de su preferencia hacia diferentes elementos paisajísticos. Este tipo de modelos está muy condicionado por la abundancia de cada especie, necesitando de estimas suficientemente robustas para generar buenas predicciones. Así dichos modelos se generarán sólo para las especies más comunes, que son las que potencialmente permitirían obtener predicciones más robustas. El proceso consta de tres pasos, que engloba la fase de (a) pre-procesado, (b) calibración del modelo e (c) predicción. Los diferentes pasos se detallan a continuación, aunque sin ir demasiado lejos en cuestiones puramente metodológicas (para detalles metodológicos consultar Guisan y Zimmermann 2000). Así para cada especie se repetirá el siguiente procedimiento:

(a) Fase de pre-procesado de los datos: En cada muestreo, los datos de abundancia de cada especie se convertirán en datos de presencia (es decir, se detectó al menos un ejemplar) y ausencia (es decir, no se detectó ningún ejemplar). En cuanto a las variables predictoras, es importante evitar la colinearidad entre ellas (es decir, una alta correlación entre pares de variables) ya que generarían estimas erróneas en los modelos. Igualmente, es importante reducir la dimensionalidad de los datos, y considerar únicamente aquellas variables ambientales que tengan un mayor sentido biológico. Así, las relaciones que explicarían la presencia de aves en función de variables ambientales de paisaje (fórmula 1; seis variables predictoras) y en función del hábitat de cada parcela (fórmula 2; ocho variables). A continuación se muestra, en notación simplificada, la formulación de los modelos de selección de hábitat para cada grupo de variables:

$$\text{Presencia_Land} = \%Robl + \%ReFr + \%ReCo + \text{Fordistance} + \text{Heigh} + \text{Slope} \quad (1)$$

$$\text{Preseencia_Hab} = \text{CrownBrok} + \text{CavityStems} + \text{Cavity5cm} + \text{Snags} + \text{DeadFallTrees} + \text{Treestumps} + \text{richFrTree} + \text{sizeTree} \quad (2)$$

donde la presencia de cada especie se ajustaría a una distribución binomial. Análisis previos aseguran que no existe colinearidad entre las anteriores variables ambientales. Nótese que no se incluyen interacción entre variables ambientales, únicamente se estimó el efecto de las variables simples sobre la presencia de la aves.

(b) Calibración del modelo: El primer paso consiste en formular que tipo de relaciones son esperables entre las variables ambientales y la presencia de cada especie. Desde el punto de vista de la asunción más simple, es esperable encontrar relaciones lineales o proporcionales entre ambas, o en otras palabras, que el hábitat o las masas forestales determinen de manera directamente proporcional (positiva o negativa) la presencia de cada especie. Para este tipo de caso es adecuado utilizar Modelos Lineales Generales (o Generalizados) con el objetivo de describir de manera lineal la relación entre variables ambientales y presencia. En nuestro caso, este es el tipo de relaciones entre variables predictoras y dependientes, ajustando Modelos Lineales Generalizados (GLM) permiten ajustar relaciones lineales entre ambas.

Finalmente, es importante balancear el efecto entre la cantidad de varianza explicada y la complejidad del modelo con el objetivo de determinar que variables ambientales son mas o menos responsables de la presencia de cada especie. Así, se calcularán y compararán todos los subconjuntos de modelos que sean el resultado de todas las combinaciones posibles de variables ambientales (siguiendo el criterio de la *"Information Theoretical Approach"*), se seleccionarán las variables ambientales que mejor explican la presencia de las especies, y se calculará el efecto de dichas variables ambientales sobre la presencia de las especies. En el presente caso, se seguirá la estrategia del *"Multimodel inference"* o *"Model Averaging"*, en el que se asume que no hay un único "mejor" modelo, y por lo tanto se promediarán las estimas de los parámetros del grupo de modelos que mejor apoyan ($\Delta AIC < 2$) la presencia de cada especie. Asimismo, las estimas de los parámetros se calcularán mediante la técnica de *"bootstrapping"* que es una técnica de remuestreo para estimar las distribuciones de los coeficientes de regresión. En cada remuestreo, se seleccionarán el 66% de los datos (de los 140 puntos muestreados), y se calcularán los coeficientes siguiendo la técnica de *"Model Averaging"*. Este procedimiento se repetirá 50 veces para cada especie, generando una distribución de estimas de parámetros para cada variable. Esta técnica tiene la ventaja de obtener estimas de parámetros robustas, y es apropiada para evaluar el modelo y su capacidad de predicción (especialmente cuando el tamaño de los datos es pequeño para dividirlo en diferentes grupos de datos; Guisan y Zimmermann 2000).

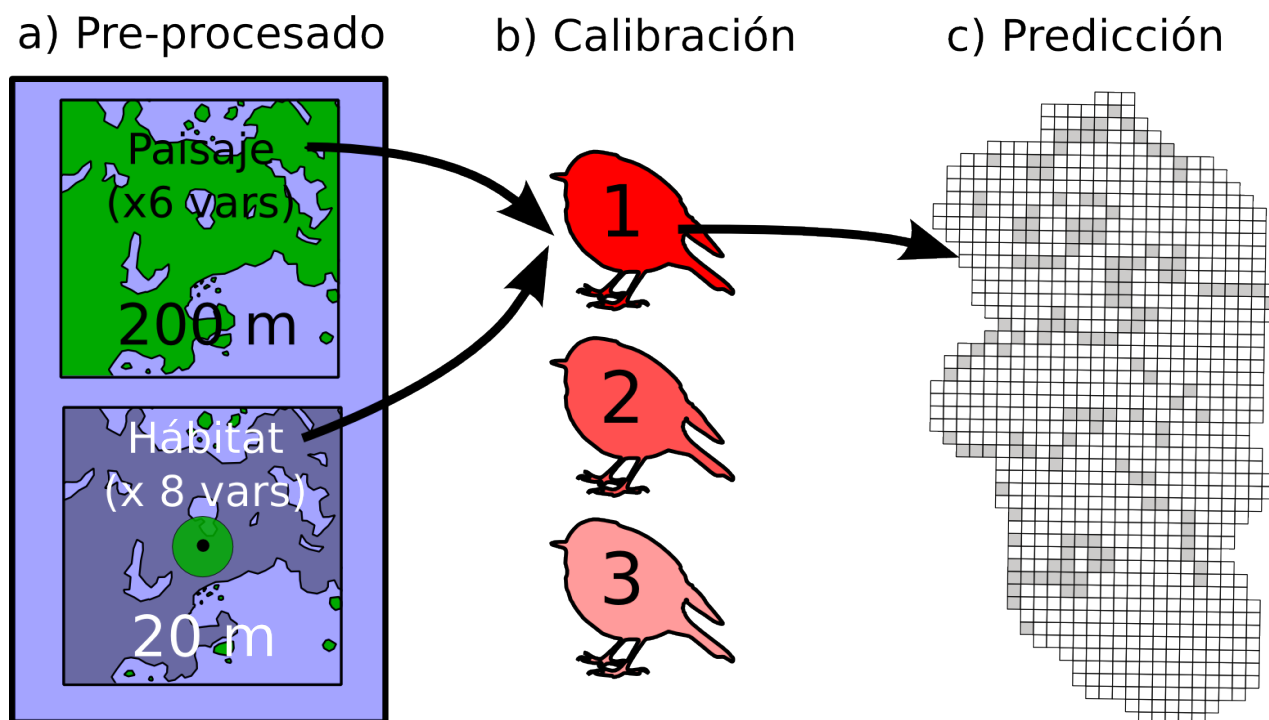


Figura 5.1.1 - Metodología utilizada para generar modelos de distribución para cada una de las especies de aves forestales. La construcción de los modelos de distribución consta de tres pasos que corresponden con la fase de (a) pre-procesado (variables ambientales y su escala muestreada), (b) calibración del modelo (en números se indican los grupos de datos recogidos) y (c) predicción (mapa de Artikutza dividido en celdas de 200 x 200 m).

(c) Predicción. Los mapas de distribución se generaron únicamente a partir de las variables de paisaje, debido a que esta información está disponible para todo el área de Artikutza. Por otro lado, las variables de hábitat sólo se recolectaron en los 140 puntos de muestreo, y por lo tanto, no es posible extrapolarlas al resto del área. Para cada especie, el mapa de distribución se ha generado a partir de las tendencias obtenidas de la calibración de los modelos de presencia de cada especie con las variables de paisaje (ver apartado 5.2) obtenidos de 140 puntos de muestreo. Así, estas tendencias se extrapolaron al resto del área para generar mapas de probabilidad de cada especie a una escala de 200 x 200 m.

5.2 Resultados de la calibración de los modelos de distribución de especies

Del conjunto de 37 especies de aves detectadas en los censos se seleccionaron 16 para calibrar los modelos que relacionan la presencia de cada especie con variables ambientales (ver Tabla 4.2.1 para ver la relación de variables). Dichas especies se detectaron en al menos el 10% de las parcelas muestreadas, y todas las especies consideradas en dicho análisis son forestales en mayor o menor grado (ver Figura 5.2.1). Dicho criterio de selección responde a las limitaciones de información recogida para tener estimas suficientemente robustas entre la presencia de cada especie y las condiciones ambientales (es decir, las variables predictoras). Del resto de las especies detectadas en los puntos muestreados pero no incluidas en el análisis, o bien son forestales pero raras (por ejemplo, el papamoscas cerrojillo *Ficedula hypoleuca* y el mosquitero silbador *P. sibilatrix*; ver número de individuos detectados en Tabla 4.2.1), o son especies comunes pero ligadas a zonas abiertas o arbustivas (por ejemplo, la bisbita arbórea *Anthus trivialis*, y el acentor común *Prunella modularis*). Adicionalmente, los datos de algunas especies raras, como el agateador eurosiberiano *C. familiaris* y el mosquitero común *P. collybita*, se combinaron con otras especies mas frecuentes y emparentadas, como el agateador europeo *C. brachydactyla* y el mosquitero ibérico *P. ibericus*, respectivamente, debido a unos requerimientos de hábitat similares.

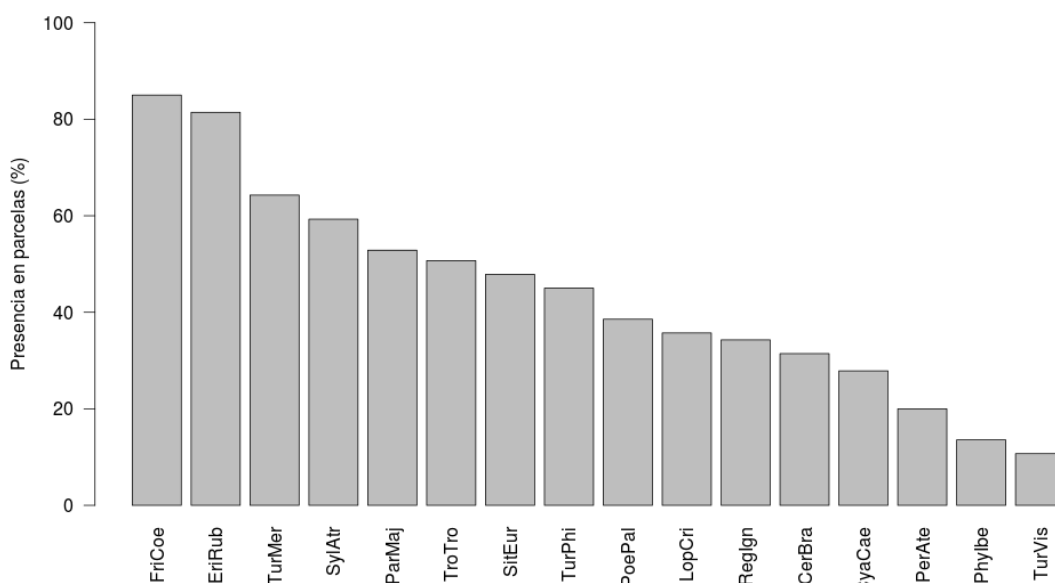


Figura 5.2.1 – Presencia en parcela de las especies mas comunes en Artikutza. La presencia se

calcula en función del porcentaje de las parcelas donde se detectó la presencia (al menos un ejemplar) de cada especie, en orden de abundancia, de izquierda a derecha. Las presencias del agateador europeo *C. brachydactyla* contiene los datos de agateador eurosiberiano *C. familiaris*, y las del mosquitero ibérico *P. ibericus* contiene las presencias del mosquitero común *P. collybita*.

Los resultados de la relación entre las variables de paisaje sobre la presencia de cada especie se muestran en las tablas 5.2.1. De las 16 especies, se observa que la presencia de nueve especies tuvo un efecto positivo con el porcentaje de robledal (especialmente *P. ater*, *P. major* y *T. viscivorus*); del resto de las especies, o bien tres tuvieron una relación negativa (en otras palabras, una relación positiva con hayedo para *E. rubecula*, *C. brachydactyla* y *P. palustris*, ya que existe una relación inversamente proporcional entre el porcentaje de robledal y de hayedo), o bien en cuatro especies no se detectó ninguna relación. En cuanto al porcentaje de repoblación de frondosas, la presencia de ocho especies tuvo una relación positiva (especialmente para *F. coelebs*, *P. palustris*, *R. ignicapillus*), en cinco negativa (especialmente *P. ibericus*, *P. ater* y *C. brachydactyla*) y en tres especie no se detectó relación entre su presencia y la repoblación de frondosas. Por otro lado, el porcentaje de repoblación de coníferas tuvo un efecto positivo con la presencia de siete especies (especialmente *P. ater*, *T. visvicorus*, *P. ibericus*), un efecto negativo con otras ocho (especialmente *C. brachydactyla*, *C. caeruleus* y *S. europaea*) y para una especie no se detectó ninguna relación.

Tabla 5.2.1 – Resumen de los modelos estadísticos que predicen la presencia de especies respecto a las variables de paisaje. Los resultados de los Modelos Lineales Generalizados (GLM) corresponden con la estimación de los parámetros de modelos promediados de cada especie, siguiendo el procedimiento de “*Model Averaging*”, seleccionando aquellos modelos con $\Delta AIC < 2$; las estimas de los parámetros se calcularon al promediar 50 repeticiones con el 66% de los puntos muestreados. Los valores de AUC (*Area Under the ROC Curve*) representan una estima de validación de los GLM para cada especie, tras validar los modelos con el 33% restante de los puntos muestreados. El AUC mostrado representa un promedio de las 50 repeticiones calculadas.

| Especie | %Robl | %ReFr | %ReCo | BosqBorDis | Altura | Pendiente |
|---------|-------|-------|-------|------------|-----------|-----------|
| FriCoe | 0.000 | 4.169 | 0.576 | 0.000e+00 | 7.800e-04 | 0.000e+00 |
| AUC | 0.559 | 0.014 | | | | |

| | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|------------|------------|------------|
| EriRub | -1.386 | -1.073 | -0.739 | 1.690e-03 | -5.040e-03 | 0.000e+00 |
| | 0.662 | 0.018 | | | | |
| TurMer | 0.330 | -0.735 | -0.614 | 0.000e+00 | 9.400e-04 | 1.577e-02 |
| | 0.528 | 0.011 | | | | |
| SylAtr | 0.699 | 0.000 | 1.172 | 0.000e+00 | -3.940e-03 | -2.794e-02 |
| | 0.595 | 0.021 | | | | |
| ParMaj | 0.822 | 0.830 | -0.773 | -8.700e-04 | -4.250e-03 | 2.483e-02 |
| | 0.603 | 0.019 | | | | |
| TroTro | 0.365 | 0.233 | -0.515 | 4.900e-04 | -5.330e-03 | 1.384e-02 |
| | 0.633 | 0.020 | | | | |
| SitEur | 0.000 | 0.542 | -1.962 | 0.000e+00 | -1.600e-03 | 0.000e+00 |
| | 0.574 | 0.014 | | | | |
| TurPhi | 0.143 | 0.000 | 0.685 | -9.900e-04 | -4.640e-03 | 0.000e+00 |
| | 0.579 | 0.019 | | | | |
| PoePal | -0.134 | 2.602 | -0.594 | -7.600e-04 | 0.000e+00 | 2.205e-02 |
| | 0.554 | 0.015 | | | | |
| LopCri | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 5.500e-04 | 0.000e+00 | 0.000e+00 |
| | 0.531 | 0.017 | | | | |
| RegIgn | 0.000 | 2.161 | 1.035 | 6.700e-04 | 0.000e+00 | -4.013e-02 |
| | 0.588 | 0.024 | | | | |
| CerBra | -0.887 | -4.013 | -3.242 | 9.200e-04 | 0.000e+00 | -1.344e-02 |
| | 0.625 | 0.020 | | | | |
| CyaCae | 0.650 | 1.531 | -3.032 | 1.340e-03 | 1.450e-03 | -6.670e-03 |
| | 0.580 | 0.018 | | | | |
| PerAte | 1.376 | -4.775 | 3.635 | 0.000e+00 | -4.410e-03 | 0.000e+00 |
| | 0.688 | 0.031 | | | | |
| TurVis | 0.728 | 1.496 | 2.958 | 0.000e+00 | 6.750e-03 | 2.717e-02 |
| | 0.729 | 0.031 | | | | |
| PhyIbe | 0.299 | -5.836 | 1.219 | -2.090e-03 | 2.020e-03 | -5.835e-02 |
| | 0.586 | 0.025 | | | | |

En cuanto al efecto de la distancia al borde del bosque, la presencia de seis especies tuvo una relación positiva (es decir, tuvieron mas probabilidad de encontrarse en zonas alejadas al borde del bosque; especialmente *E. rubecula*, *C. caeruleus* y *C. brachydactyla*), cuatro tuvieron un efecto negativo (es decir, tuvieron mayor probabilidad de encontrarse en zonas cercanas al borde; *P. ibericus*, *P. palustris* y *P. major*) y en seis no se detectó ningún patrón. En cuanto a la altura, la presencia de cinco especies fue positiva (es decir, son mas abundantes en zonas de mayor altura; especialmente *P. ibericus*, *T. viscivorus*, *C. caeruleus*), para siete fue negativa (es decir, fueron mas abundantes en zonas bajas; especialmente *T. troglodytes*, *P. ater* y *T. philomelos*) y para cuatro no se detectó ningún patrón. Finalmente, se encontró que la pendiente fué positiva con la presencia de cinco especies (especialmente *T. viscivorus*, *P. major* y *P. palustris*),

negativa para otras cinco (especialmente *C. caeruleus*, *P. ibericus*, *R. ignicapillus*) y no se detectó patrón en seis especies. En cuanto a la validación de los modelos de presencia, los valores más altos se observaron para *T. viscivorus*, *P. ater* y *E. rubecula*.

Los resultados de la relación entre las variables de hábitat medidas en parcelas de 20 m de radio sobre la presencia de las especies de aves se muestran en las tablas 5.2.2. Para la abundancia de árboles con copa rota, la presencia de ocho especies tuvo una relación positiva (especialmente, *T. troglodytes*, *L. cristatus* y *R. ignicapillus*), para tres una relación negativa (*T. viscivorus*, *S. europaea* y *C. caeruleus*) y para cinco no se detectó ningún patrón. En cuanto a la abundancia de árboles con huecos, la presencia de cuatro especies tuvo una relación positiva (especialmente *T. viscivorus*, *P. major* y *L. cristatus*), seis especies una relación negativa (especialmente *P. ater*, *P. palustris* y *P. ibericus*) y seis sin ninguna relación. La abundancia de árboles con cavidades de más de 5 cm, fue positiva para la presencia de tres especies (*L. cristatus*, *E. rubecula* y *T. troglodytes*), para cinco negativa (especialmente *P. ater*, *R. ignicapillus* y *S. atricapilla*), y ocho sin ninguna relación.

Por otro lado, la abundancia de árboles muertos en pie (“Snags”) fue positiva para la presencia de seis especies (especialmente *T. viscivorus*, *C. caeruleus* y *T. troglodytes*), negativa para seis especies (especialmente *S. atricapilla*, *C. brachidactyla* y *P. palustris*) y para cuatro no se detectó ninguna relación. La abundancia de árboles muertos caídos tuvo una relación positiva con la presencia de seis especies (especialmente *C. brachydactyla*, *S. atricapilla* y *F. coelebs*), negativa para tres especies (*P. ater*, *E. rubecula* y *T. philomelos*) y sin relación para siete especies. La abundancia de tocones presentó una relación positiva para seis especies (especialmente *L. cristatus*, *R. ignicapillus* y *F. coelebs*), negativa para otras seis especies (*C. caeruleus*, *P. major* y *T. viscivorus*) y cuatro sin relación. La riqueza de arbustos de sotobosque fue positiva en 12 especies (especialmente *S. atricapilla*, *T. viscivorus* y *T. troglodytes*), negativa para dos especies (*T. viscivorus* y *L. cristatus*) y sin relación para dos especies. Finalmente, el tamaño de los árboles tuvo una relación positiva para seis especies (especialmente *C. caeruleus*, *S. europaea* y *C. brachydactyla*), negativa para cuatro especies (especialmente *S. atricapilla*, *T. philomelos* y *E. rubecula*) y neutra para seis especies. En cuanto a la validación de los

modelos de presencia, los valores más altos se observaron para *P. ater*, *P. viscivorus* y *S. atricapilla*.

Tabla 5.2.2 - Resumen de los modelos estadísticos que predicen la presencia de especies respecto a las variables de hábitat. Los resultados mostrados corresponden con la estimación de los parámetros de diferentes modelos promediados, siguiendo el procedimiento de “*Model Averaging*”, seleccionando los modelos con $\Delta AIC < 2$. Para mas información sobre la metodología, ver Tabla 5.2.1. Para mas información de las variables medidas, ver sección 3.1.

| Especie | ArbCoRo | ArbHuecos | Cav5cm | Snags | ArbMuerCaidos | Tocones | RiqArbus | TamañoArb |
|---------|---------|-----------|---------|---------|---------------|---------|----------|-----------|
| FriCoe | 0.0000 | -0.1393 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0422 | 0.0203 | 0.0000 | 0.0056 |
| AUC | 0.5520 | | | | | | | |
| ci | 0.0148 | | | | | | | |
| EriRub | 0.0462 | 0.0000 | 0.0619 | -0.0076 | -0.0351 | 0.0000 | 0.1127 | -0.0023 |
| AUC | 0.5448 | | | | | | | |
| ci | 0.0132 | | | | | | | |
| TurMer | 0.0442 | 0.0000 | -0.0591 | -0.0304 | 0.0323 | 0.0085 | 0.1186 | 0.0000 |
| AUC | 0.5428 | | | | | | | |
| ci | 0.0148 | | | | | | | |
| SylAtr | 0.0178 | 0.0000 | -0.0936 | -0.1005 | 0.0476 | -0.0233 | 0.3475 | -0.0075 |
| AUC | 0.6350 | | | | | | | |
| ci | 0.0207 | | | | | | | |
| ParMaj | 0.0462 | 0.0496 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | -0.0306 | 0.2186 | 0.0000 |
| AUC | 0.5804 | | | | | | | |
| ci | 0.0192 | | | | | | | |
| TroTro | 0.0852 | 0.0054 | 0.0347 | 0.0228 | 0.0000 | -0.0186 | 0.2362 | -0.0014 |
| AUC | 0.5855 | | | | | | | |
| ci | 0.0184 | | | | | | | |
| SitEur | -0.0653 | -0.1212 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0133 | 0.2027 | 0.0114 |
| AUC | 0.5851 | | | | | | | |
| ci | 0.0197 | | | | | | | |
| TurPhi | 0.0528 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | -0.0177 | -0.0249 | 0.2556 | -0.0033 |
| AUC | 0.5719 | | | | | | | |
| ci | 0.0175 | | | | | | | |
| PoePal | 0.0000 | -0.1630 | 0.0000 | -0.0526 | 0.0369 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0087 |
| AUC | 0.5755 | | | | | | | |
| ci | 0.0192 | | | | | | | |
| LopCri | 0.0773 | 0.0352 | 0.0686 | 0.0078 | 0.0300 | 0.0178 | -0.1870 | 0.0000 |
| AUC | 0.5599 | | | | | | | |
| ci | 0.0184 | | | | | | | |
| RegIgn | 0.0729 | -0.0874 | -0.1628 | -0.0484 | 0.0000 | 0.0273 | 0.1346 | 0.0091 |
| AUC | 0.5544 | | | | | | | |
| ci | 0.0144 | | | | | | | |
| CerBra | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | -0.0691 | 0.0529 | 0.0000 | 0.1424 | 0.0105 |

| | | | | | | | | |
|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|
| 0.5743 | 0.0213 | | | | | | | |
| CyaCae | -0.0546 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0502 | 0.0000 | -0.0464 | 0.2050 | 0.0124 |
| 0.5893 | 0.0220 | | | | | | | |
| PerAte | 0.0000 | -0.9835 | -0.8729 | 0.0203 | -0.0413 | 0.0000 | 0.1259 | 0.0000 |
| 0.7051 | 0.0259 | | | | | | | |
| TurVis | -0.1530 | 0.0656 | 0.0000 | 0.1545 | 0.0000 | -0.0387 | -0.4622 | 0.0000 |
| 0.6676 | 0.0267 | | | | | | | |
| PhyIbe | 0.0000 | -0.1532 | -0.0765 | 0.0084 | 0.0000 | 0.0089 | 0.1513 | 0.0000 |
| 0.5560 | 0.0217 | | | | | | | |

En la tabla 5.2.3 se muestra un resumen de los resultados de los modelos, descomponiendo el efecto de la relación lineal de cada una de las variables ambientales con respecto a su efecto sobre la presencia de las 16 especies de aves comunes. Para las variables de paisaje, la presencia de la mayoría de las especies tuvieron una relación positiva con respecto al porcentaje de robleal y el porcentaje de la repoblación de frondosas, mientras que la presencia de la mayoría de especies fue negativa con la altura. Finalmente, aproximadamente la mitad de las especies estuvo positivamente relacionada con el porcentaje de repoblación de coníferas, mientras que ocurre lo contrario con el resto de la comunidad de aves. En cuanto a las variables de hábitat, la presencia de la mayoría de las especies estudiadas tuvieron una relación positiva con la riqueza de arbustos de sotobosque y la abundancia de árboles con copa rota. Del resto de las variables, no existen tendencias tan claras de la comunidad de aves en su conjunto y dependerían de tendencias de cada especie por separado.

Tabla 5.2.3 - Resumen de los resultados de los modelos estadísticos de las tendencias entre las variables ambientales y la presencia de especies de aves. Se muestra el número de especies con efectos positivos (+), negativos (-) y neutros (0) de su presencia con respecto a las variables ambientales (izquierda, de paisaje y derecha de hábitat) obtenido a partir de los Modelos Lineales Generalizados. Para detalles de los resultados, ver Tablas 5.2.1 y 5.2.2.

| Vars paisaje | + | - | 0 |
|--------------|---|---|---|
| %Robl | 9 | 3 | 4 |
| %ReFr | 8 | 5 | 3 |
| %ReCo | 7 | 8 | 1 |
| BosqBorDis | 6 | 4 | 6 |
| Altura | 5 | 7 | 4 |
| Pendiente | 5 | 5 | 6 |

| Vars hábitat | + | - | 0 |
|---------------|----|---|---|
| ArbCoRo | 8 | 3 | 5 |
| ArbHuecos | 4 | 6 | 6 |
| Cav5cm | 3 | 5 | 8 |
| Snags | 6 | 6 | 4 |
| ArbMuerCaidos | 6 | 3 | 7 |
| Tocones | 6 | 6 | 4 |
| RiqArbus | 12 | 2 | 2 |
| TamañoArb | 6 | 4 | 6 |

5.3 Predicciones de la presencia y distribución de especies

A continuación se muestran los mapas predictivos de distribución para cada especie en todo Artikutza. Los mapas basados en variables de paisaje muestran especies que se encuentran ampliamente distribuidas por todo Artikutza (por ejemplo, *E. rubecula*, *T. merula*, *S. europaea*), otras que tienen mayor probabilidad de encontrarse en fondos de valle (por ejemplo, *P. major*, *T. troglodytes*, *T. philomelos*), mientras que otras suelen encontrarse en zonas próximas a borde de bosque (por ejemplo *P. ibericus*). Además, se detectaron otras especies con una distribución mas parcheada o fragmentada que depende de requerimientos de ambientales específicos (por ejemplo *R. ignicapillus*, *T. viscivorus*, *P. palustris*, *P. ater*; ver Tabla 5.2.1).

Finalmente, los mapas obtenidos de cada especie se combinaron para generar un mapa de riqueza de la comunidad de aves, que depende de las 16 especies de aves más comunes en Artikutza. Para cada especie de ave, la presencia (1) o ausencia (0) en todo el área se calculó a partir de las probabilidades de presencia en cada cuadrícula de 200 x 200 m (ver Figuras 5.3.1, 5.3.2 y 5.3.3). La presencia/ausencia se calculó a partir de maximizar el umbral:

$$\text{MaxSens+Spec} = \text{MAX}(\text{sensitivity} + \text{specificity}) / 2 \quad (3)$$

donde la “*sensitivity*” es la razón o tasa de verdaderos positivos (es decir, la probabilidad de que el modelo clasifique correctamente una presencia) y la “*specificity*” es la razón o tasa de verdaderos negativos (es decir, la probabilidad de que el modelo clasifique correctamente una ausencia). Para mas información sobre esta metodología ver Hastie et al (2009). Finalmente, se sumaron las presencias de todas las especies de aves, para generar un mapa de riqueza de la comunidad de aves en Artikutza basado en la relación entre 16 especies de aves con las variables de paisaje (ver Figura 5.3.4). Adicionalmente, la Figura 5.3.5 muestra la relación entre las variables ambientales y la riqueza de la comunidad de aves para cada cuadrícula de 200 x 200 m.

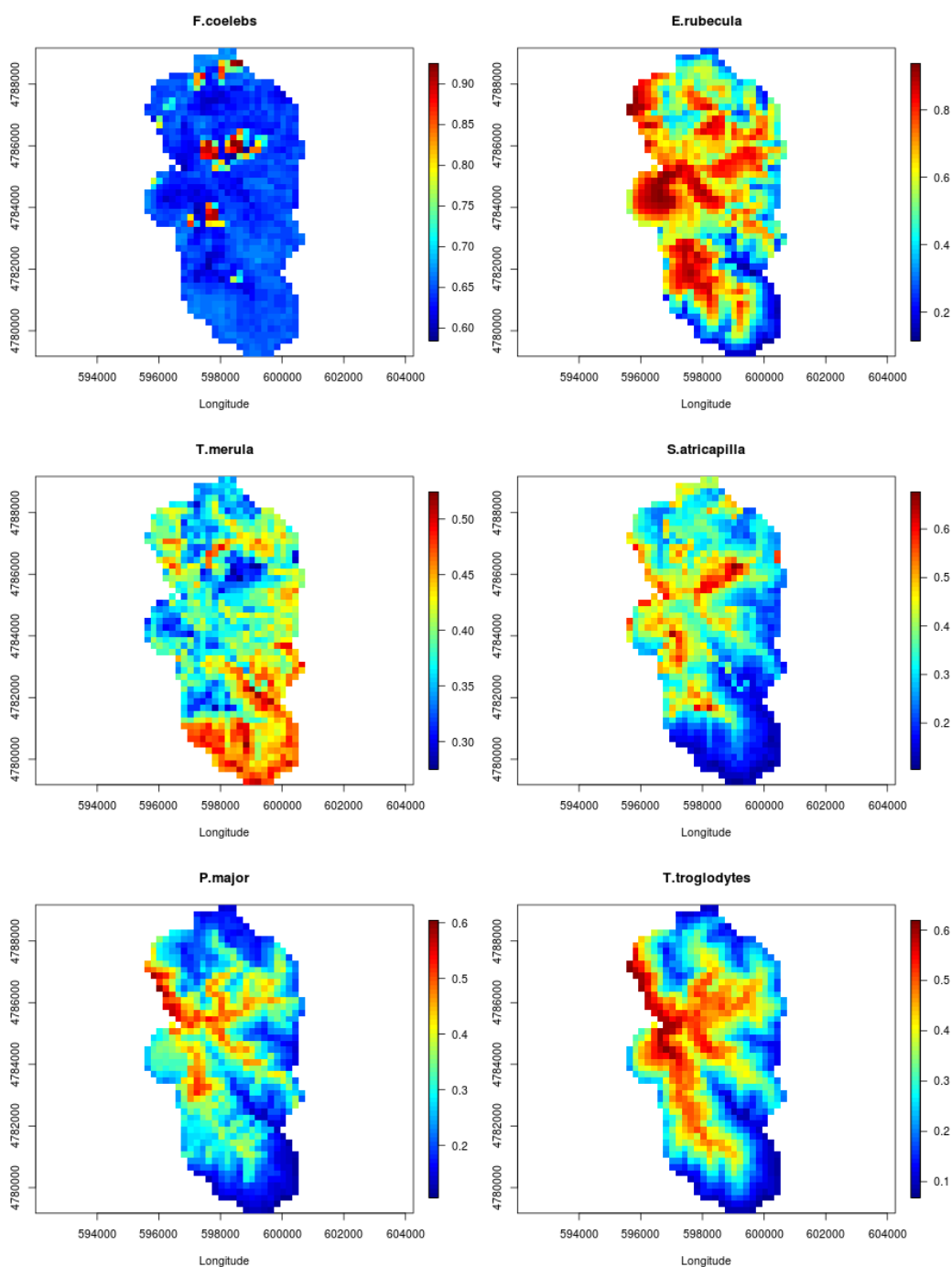


Figura 5.3.1 - Mapas de probabilidad de presencia para cada especie de ave en Artikutza. Las tendencias se obtuvieron a partir de la calibración de modelos basados en variables de paisaje extraídas en 140 puntos de muestreo. La probabilidad de presencia en cada cuadrícula de 200 x 200 m se representa en una gradación de colores (en azul, baja probabilidad; en rojo, alta probabilidad).

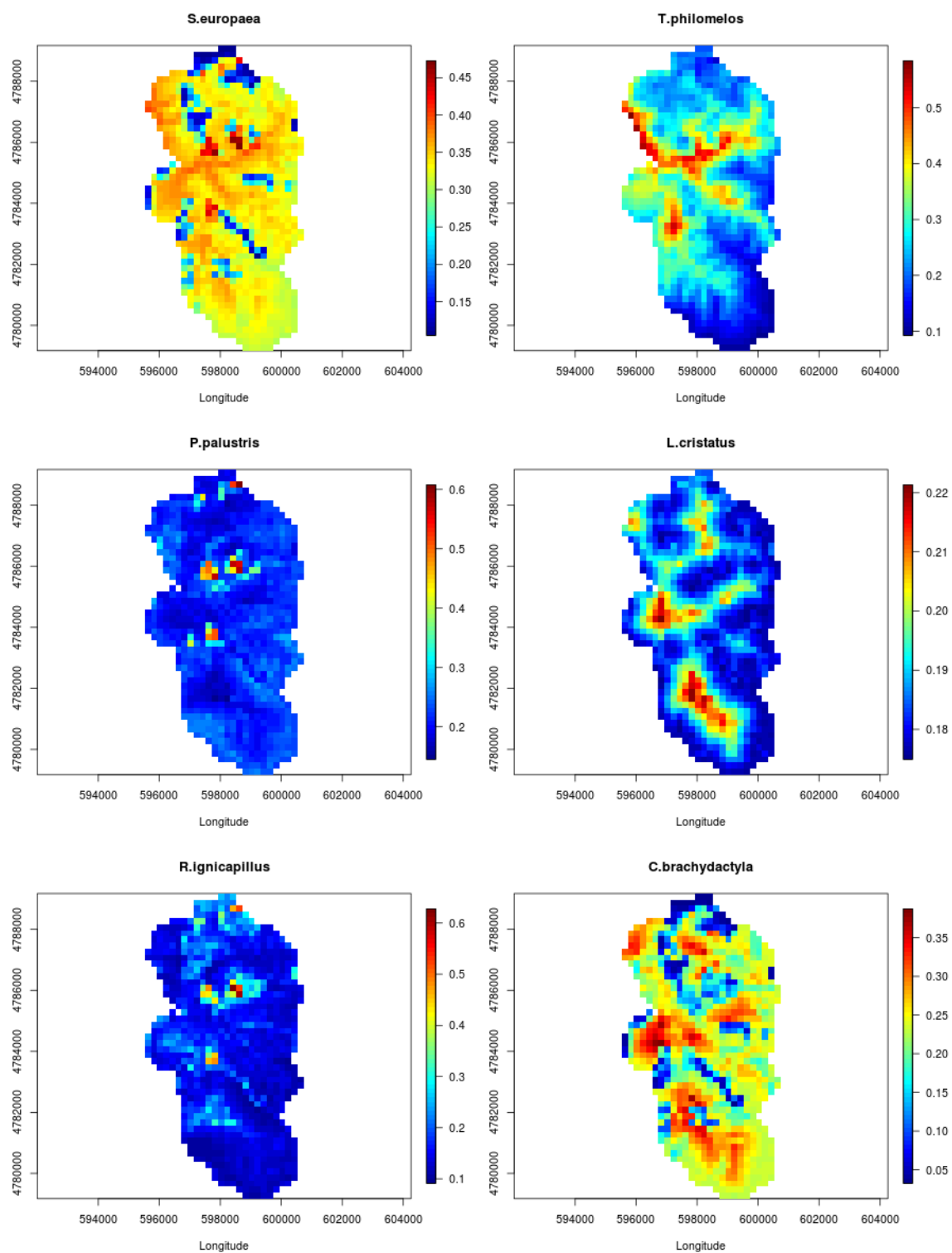


Figura 5.3.2 - Mapas de probabilidad de presencia para cada especie en Artikutza. Para más información ver Figura 5.3.1.

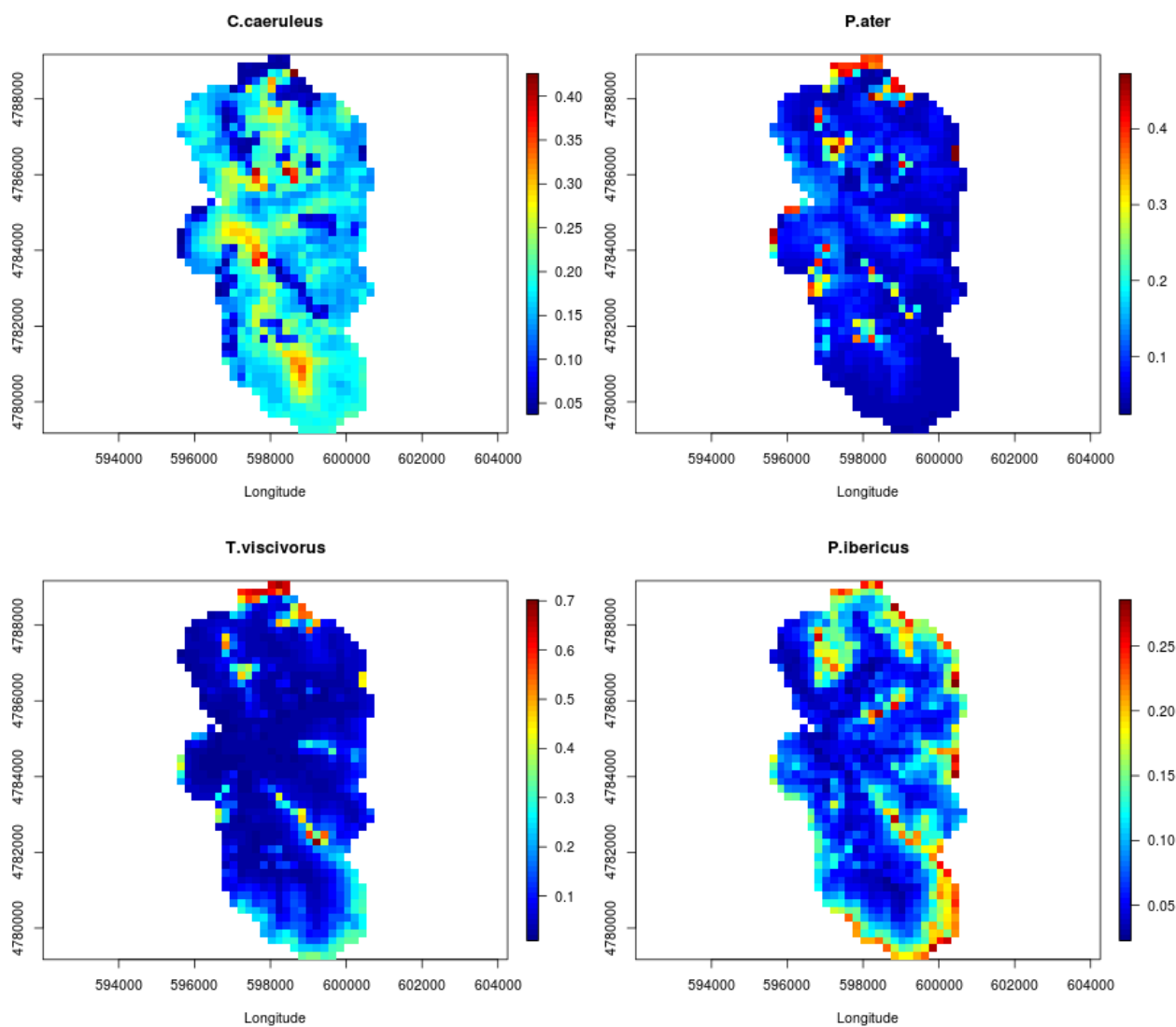


Figura 5.3.3 - Mapas de probabilidad de presencia para cada especie en Artikutza. Para más información ver Figura 5.3.1.

En general se observa que las zonas de mayor abundancia de roble y de menor altura (es decir, de fondos de valle) tuvieron mayor riqueza de aves. Aún así, existieron zonas altamente ricas en aves que coincidieron con zonas heterogéneas en tipos de bosque. Por ejemplo, a valores intermedios de abundancia de repoblación de coníferas se detectó mayor riqueza de aves, bajando cuando es alta la abundancia de repoblación de coníferas (ver Figura 5.3.5). Por otro lado, la relación entre la abundancia de repoblación

de frondosas y la riqueza de aves se satura rápidamente (es decir, valores altos de repoblación de frondosas no tienen mayores valores de riqueza de aves que los intermedios; ver Figura 5.3.5), sugiriendo que las zonas con alta riqueza de aves no dependen de una gran abundancia de repoblación de frondosas.

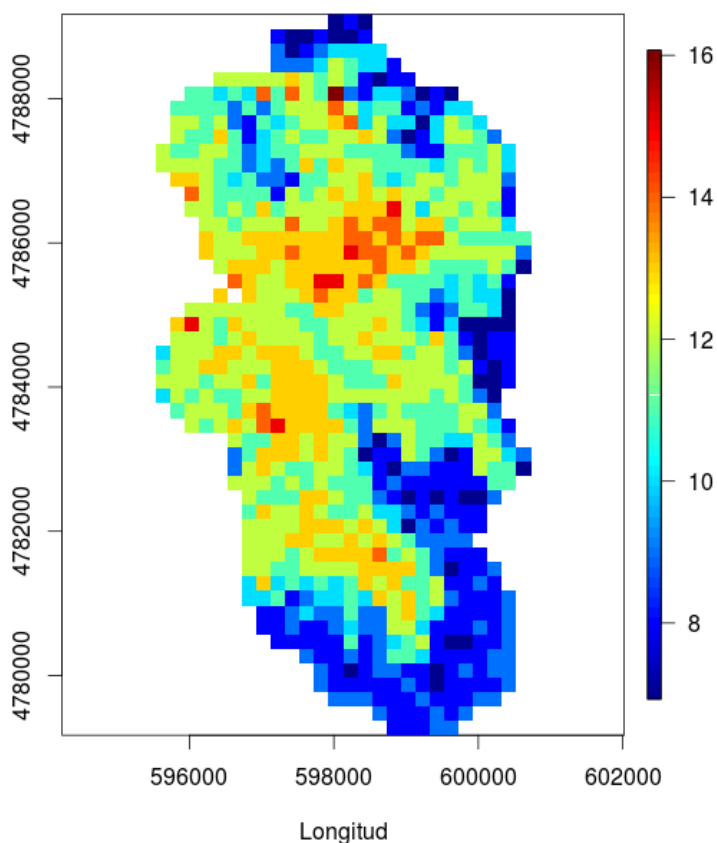


Figura 5.3.4 – Mapa de riqueza de especies de aves en Artikutza. Dicho mapa se generó combinando la información de las 16 especies de aves más comunes obtenidas en censos estandarizados. La probabilidad de presencia en cada cuadrícula de 200 x 200 m se muestra en una gradación de colores: en azul, baja riqueza, en rojo, alta riqueza de especies.

En general, en las zonas más bajas el robledal y la repoblación de frondosas es más frecuente, siendo ambos tipos de cobertura las que generan gran riqueza y abundancia de aves (ver Figura 4.2.2). Finalmente, se observó que donde el hayedo es más abundante, es menos rico en aves, además de que la distancia cercana al borde del bosque generó una menor riqueza en aves (ver Figura 5.3.5). En Artikutza ambos patrones paisajísticos coinciden, siendo las zonas más altas las que tienen mayor abundancia de hayedo y las que están más cerca del borde del bosque, y esto probablemente genera una retro-alimentación negativa en la riqueza de aves con la altura; en otras palabras, la menor riqueza de aves en hayedo responde a la menor riqueza de esta masa forestal “*per se*”, pero también a que se encuentra en zonas más altas y más

cercanas a borde del bosque.

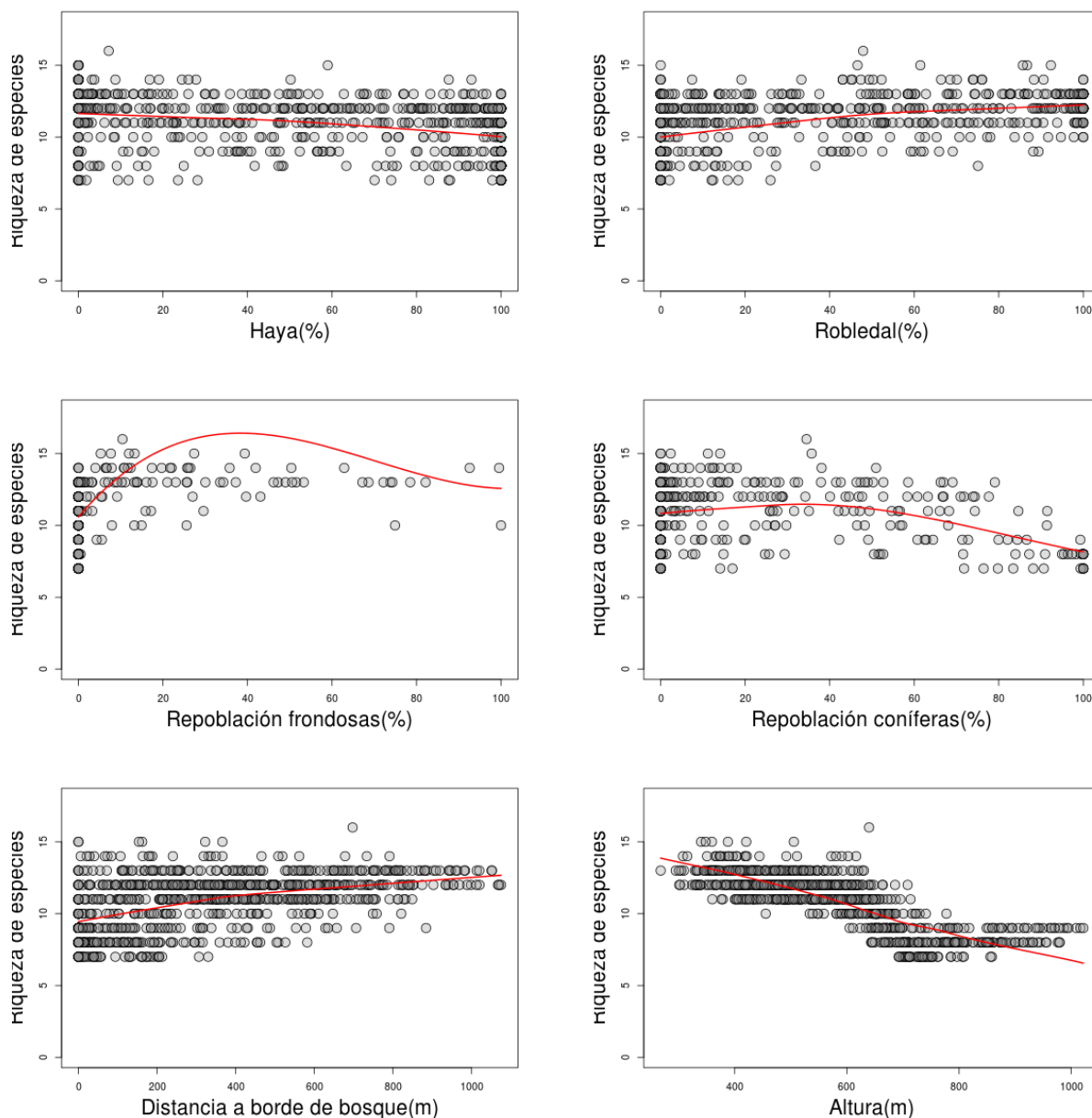


Figura 5.3.5 – Relación de variables de paisaje respecto a la riqueza de aves. Los círculos corresponden con los valores de cada localización a una escala de 200 x 200 m. La línea roja corresponde con una interpolación o regresión entre cada variable ambiental y la riqueza de aves; en este caso, se ha obtenido una regresión de una curva tipo “Spline” definida por porciones de polinomios.

6. Predicciones de riqueza de especies bajo diferentes escenarios de dinámica y manejo forestal

6.1 Descripción de los escenarios de cambio de paisaje

A continuación se realizarán análisis predictivos con el objetivo de determinar el efecto de diferentes escenarios de dinámica o manejo forestal sobre la riqueza de aves. Los escenarios ambientales se calcularon con la información de los 140 puntos donde se muestreó tanto la abundancia y riqueza de aves, como donde se midieron las variables de hábitat en un área de 20 m de radio. Es conveniente resaltar que dichas predicciones se calcularon a partir de las tendencias actuales entre las variables ambientales y la presencia de cada especie (ver Tablas 5.2.1 y 5.2.2), y por lo tanto son una visión estática de las relaciones ecológicas de la presencia de las aves. Asimismo, es posible que haya fenómenos naturales estocásticos que generen cambios no predichos en las tendencias de riqueza de especies. Es igualmente probable que cambios en la vegetación provoquen sustitución de unas especies por otras, y, por lo tanto, más que pérdida en riqueza de aves en los diferentes escenarios, dichas estimas podrían detectar cambios en la riqueza en las especies con respecto a las condiciones originales. Por lo tanto, más que considerar el cambio neto de la riqueza de aves en cada escenario, es más conveniente comparar el cambio neto de cada escenario con respecto a las condiciones actuales, para poder observar qué cambios relativos son esperables en la riqueza de aves frente a futuros escenarios ambientales. Teniendo esto en cuenta, se generaron varios escenarios con nuevas modificaciones en las condiciones ambientales:

(1) Condiciones actuales. Para este escenario, se calcularon las condiciones ambientales actuales, asumiendo que no habrá cambios en las variables ambientales actualmente observadas. A pesar de que no existen actuaciones sobre Artikutza, es esperable que ocurran cambios en la vegetación debido a la dinámica forestal. Por lo tanto, aunque el mantenimiento de las actuales condiciones ambientales es improbable a medio y largo plazo, este escenario es útil como línea base sobre el que poder comparar el resto de escenarios.

(2) Regeneración natural. Debido a cambios en la dinámica forestal, es esperable que las

actuales masas forestales sean sustituidas por otras. Para cada parcela se calculó el porcentaje pies de árboles con un DBH menor de 15 cm, y dichos reclutas se clasificaron dentro de las cuatro categorías de masas forestales consideradas en el presente estudio (es decir, hayedo, robledal, repoblación de frondosas y de coníferas; ver Figura 3.2.3). Si se mantienen las actuales condiciones ambientales y de manejo (es decir, sin actuación sobre las masas forestales), este escenario correspondería con la tendencia en la dinámica forestal en Artikutza que ocurrirá por regeneración natural. A partir de los datos recopilados en parcelas de 20 m de radio, la abundancia de los reclutas sugiere una posible sustitución del robledal y repoblación de coníferas por hayedo (ver Figura 3.2.3).

(3) Aumento del robledal. En Artikutza sería deseable sustituir las especies alóctonas (con altas tasas de crecimiento y altamente rentables por su aprovechamiento forestal), por especies autóctonas. Así, este escenario tendría el objetivo de favorecer el robledal para favorecer el estado de conservación de esta masa forestal en Artikutza. En este escenario se sustituirá la masa forestal de repoblaciones (coníferas y frondosas) por robledal; en otras palabras, la suma de la superficie de repoblaciones de frondosas y coníferas se sumará a la del robledal.

(4) Degradación del borde del bosque. Debido a fenómenos que dificulten la capacidad de regeneración del bosque, es esperable que haya un aumento de la degradación de las zonas próximas al borde del bosque. Por ejemplo, es esperable que en las zonas de pasto la presión ganadera genere una alta presión sobre los reclutas de especies arbóreas, y que esto dificulte la regeneración del bosque. Asimismo, las quemadas incontroladas pueden degradar las zonas de bosque próximas a zonas de pastos. En este escenario, la distancia al borde forestal se reducirá en 100 m en toda la superficie de Artikutza, simulando unas condiciones de degradación ambiental en esa banda de bosque. Además, se degradarán las zonas de bosque que se encuentren a menos de 100 m de la actual borde forestal, reduciendo un 80% su superficie arbolada; en otras palabras, en dichas zonas la superficie actual de cada tipo de bosque (hayedo, robledal, repoblación de frondosas y de coníferas) se reducirá un 20%, simulando una situación de pequeños bosques isla fuera de la masa forestal continua.

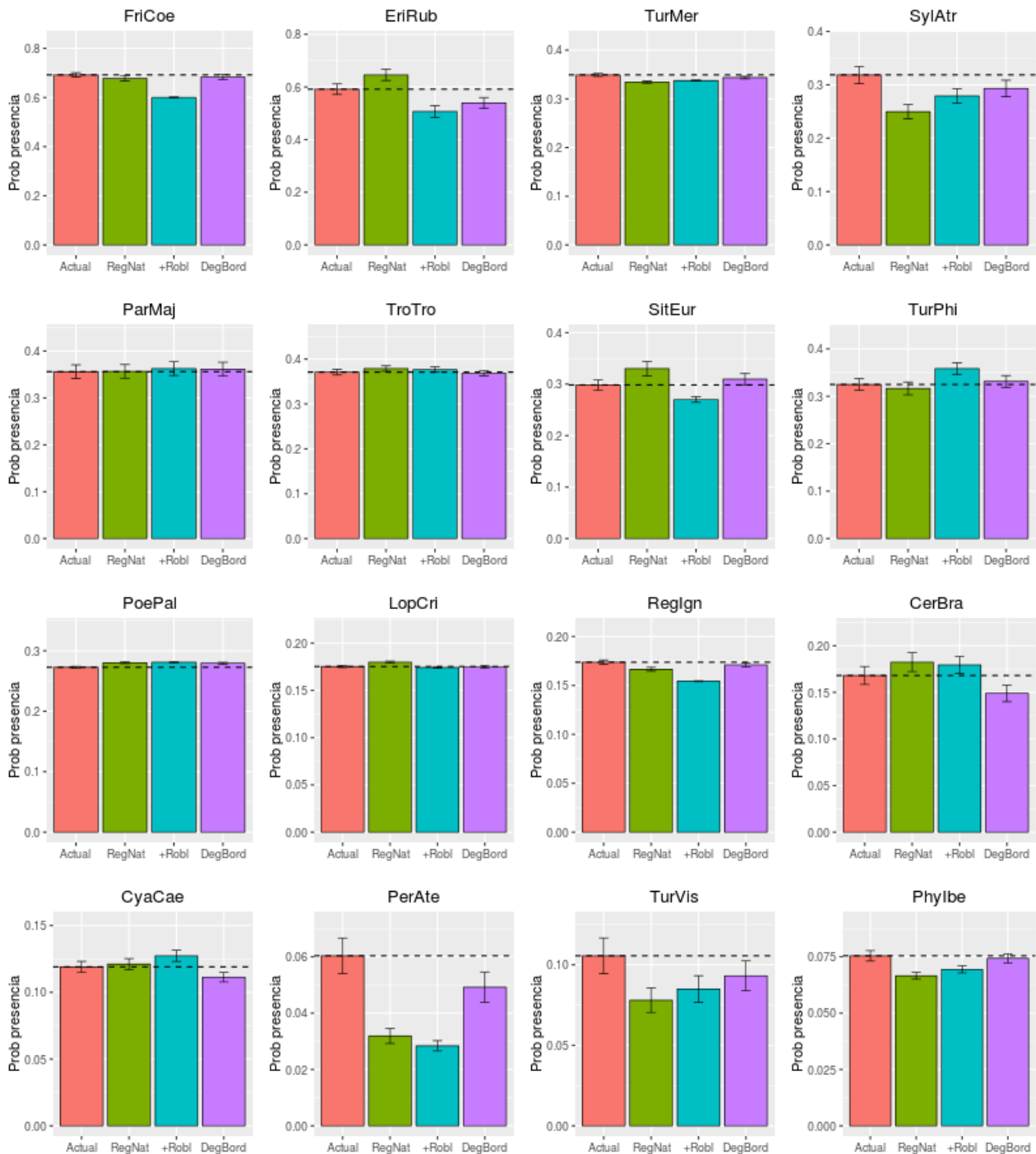


Figura 6.2.1 – Presencia de cada una de las especies bajo diferentes escenarios de cambios ambientales (en barras coloreadas). Para cada especie, la línea horizontal corresponde con el valor promedio del escenario actual. Para el resto de escenarios, cambios por encima y por debajo de esta línea representan cambios relativo en la presencia de cada especie con respecto a las condiciones actuales. Las barras de error representan el error estándar.

6.2 Resultados de los escenarios de cambio de paisaje sobre la riqueza de aves

En la Figura 6.2.1 se muestran cambios en la presencia en parcelas de las 16 especies estudiadas en función de diferentes escenarios de cambios de paisaje. Para el escenario de “Regeneración natural” se detectaron especies con una tendencia a incrementar su presencia (por ejemplo, *E. rubecula*, *C. brachydactyla* y *S. europaea*) debido a una relación positiva con el hayedo o negativa con la repoblación de coníferas, mientras que para otras especies es esperable que se reduzca su presencia (por ejemplo, *S. atricapilla*, *P. ater* y *T. viscivorus*) debido a que están asociadas con repoblaciones de coníferas y frondosas (ver Tabla 5.2.1). En cuanto al escenario de “Aumento del robledal”, existe una tendencia a disminución de la presencia en la mayoría de especies (de manera notable aquellas ligadas a repoblaciones de coníferas o hayedos como *P. ater*, *T. viscivorus* y *R. ignicapillus*), mientras que para otras especies la tendencia es a aumentar su presencia (por ejemplo, *T. philomelos*, *C. brachydactyla*, *C. caeruleus*, *P. ibericus*). Finalmente, el escenario de “Degradación del borde del bosque” no generaría ningún cambio en especies ligadas a borde (por ejemplo, *P. ibericus*), mientras que para la mayoría generaría una disminución de su presencia (de manera notable para *S. atricapilla*, *C. brachydactyla*, *P. ater*).

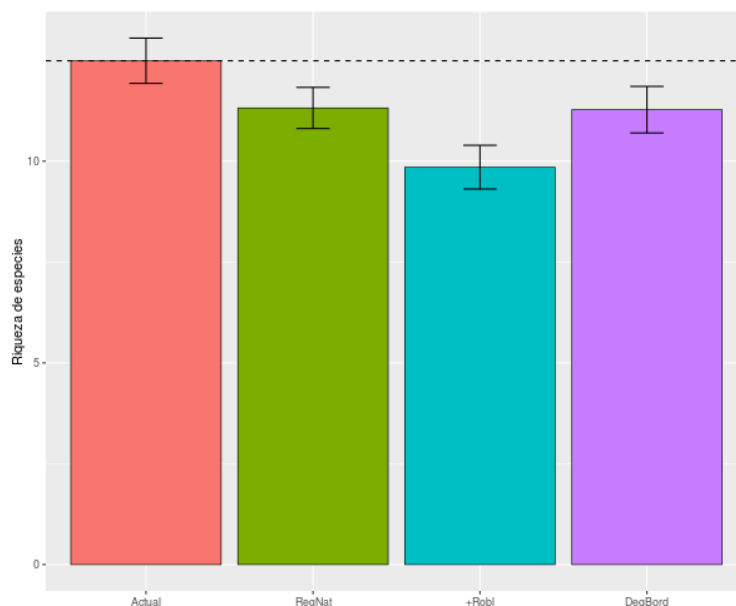


Figura 6.2.2 - Riqueza de especies bajo diferentes escenarios de cambios ambientales (en barras coloreadas). Para más información ver Figura 6.2.1.

Para finalizar, los cambios de riqueza de especies bajo diferentes escenarios de cambios ambientales sugieren un cambio en la riqueza en todos los escenarios (ver Figura 6.2.2), siendo relativamente menor para los escenarios de “Regeneración natural” y “Degradación del borde del bosque”, esperándose un mayor cambio de riqueza de avifauna por superficie con respecto al escenario actual. Como se ha comentado anteriormente, más que pérdida o ganancia de riqueza en toda la comunidad, es más conveniente considerarlo como cambio neto de riqueza de avifauna respecto a las condiciones naturales. Por otro lado, el escenario de “Aumento del robledal” podría generar el mayor cambio de la riqueza de avifauna con respecto al escenario actual, de aproximadamente 2,5 especies por unidad de superficie. El cambio de riqueza en todos los escenarios es consecuencia de una mayor homogeneización de las masas forestales. En este sentido, el escenario de “Regeneración natural” promueve la mayor presencia de Hayedo, y aquellas especies ligadas a él. Por otro lado, el escenario de “Aumento del robledal” impone una sustitución de las masas de repoblación por robledal, que implicaría una pérdida de ambos tipos de masas forestales; así los cambios en riqueza bajo este escenario son consecuencia de la pérdida de especies altamente ligadas con este tipo de masa forestal (*R. ignicapillus*, *P. ater* y *T. viscivorus*, ver Figura 6.2.1). Finalmente, el escenario de “Degradación del borde del bosque” estaría más asociado a una pérdida de masa forestal, habiendo especies que no cambiarían su abundancia (*F. coelebs*, *P. ibericus*), mientras que aquellas sensibles a la distancia al borde forestal podrían verse disminuidas (*C. brachydactyla*, *C. caeruleus*).

7. Conclusiones

- 1) Artikutza está representado mayoritariamente por hayedo (60% de la superficie arbolada), que está localizado en zonas de altura intermedias y altas. El robledal autóctono (30%) se encuentra en zonas de valle y alejado de las zonas de borde del bosque. La localización de las repoblaciones de coníferas (8%) y de frondosas (3%) responde a cuestiones de manejo históricas, como zonas de poca pendiente y accesibilidad. Las variables de hábitat (parcelas de 20 m de radio) sugieren una gran

variabilidad dentro de los cuatro tipos de masas forestales, aunque el hayedo tiene gran abundancia en cavidades, el robledal autóctono gran riqueza de arbustos de sotobosque, la repoblación de frondosas gran cantidad de madera (árboles muertos caídos, troncos de >10 cm), y el pinar de repoblación con alta densidad de árboles muertos en pie.

- 2) En total se detectaron 45 especies de aves ligadas a bosques, siendo sólo 14 de ellas las que corresponden con el 90% de las observaciones. Aunque las especies más comunes están asociadas a cualquier tipo de masa forestal, existe una buena representatividad de especies asociadas a bosques maduros. Respecto a las especies más raras (ver Anexo 3), aproximadamente la mitad estarían ligadas a masas forestales abiertas y la otra mitad estaría a masas forestales maduras; adicionalmente se detectó una especie exótica. En cuanto a masas forestales, la repoblación de frondosas y el robledal son las masas forestales con mayor abundancia y riqueza de especies, mientras que el hayedo y la repoblación de coníferas representan valores más bajos.
- 3) La relación entre la presencia de cada especie con variables ambientales sugiere que la mayoría de las especies tuvo una relación positiva con la abundancia robledal y la repoblación de frondosas, mientras que tienen un efecto negativo con la altura. En cuanto a las variables de hábitat, la mayoría de las especies tuvieron una relación positiva con la riqueza de arbustos de sotobosque y la abundancia de árboles con copa rota. Ambas variables son igualmente altas para las masas forestales de robledal y repoblación de frondosas, respectivamente, que son masas forestales con alta abundancia y riqueza de aves. En cuanto a los censos específicos de pícidos (ver Anexo 2), la mayoría de especies se detectaron en zonas heterogéneas, indicando la importancia de la heterogeneidad de masas forestales para explicar la presencia de este otro grupo de aves.
- 4) Las predicciones de regeneración natural sugieren un incremento en las masas forestales de haya, y esto podría generar un cambio en la riqueza de aves. A pesar de que la degradación de las zonas limítrofes a la reserva (por sobrepastoreo o incendios

descontrolados) no implicaría grandes cambios en la riqueza de avifauna, es posible que una degradación continua de estas zonas produjese cambios bruscos en las tendencias poblacionales de la comunidad de aves. Finalmente, los escenarios de predicción sugieren que una sustitución del robledal por las masas forestales de repoblación generarían cambios importantes en la riqueza de aves con respecto a las condiciones actuales, aunque en general es esperable que se aumentase la riqueza en Artikutza (aunque es esperable que sea diferente a la actual composición) ya que el robledal es la masa forestal mas rica.

- 5) Los resultados obtenidos del presente proyecto demuestran que determinados elementos de la heterogeneidad forestal (paisaje, hábitat) ayudan a explicar la diversidad y distribución de la avifauna, y que la actual composición paisajística ayuda a explicar la diversidad de avifauna encontrada actualmente en Artikutza. Bajo la actual dinámica forestal, se tenderá a incrementar el hayedo (homogeneización) y, por lo tanto, a generar una comunidad de avifauna especializada (aunque mas pobre) en este tipo de bosque. Las masas forestales de repoblación (especialmente las repoblaciones maduras de coníferas de *P. sylvestris*) son importante remanentes de avifauna en la actualidad, que no se encuentran en otros tipos de masas forestales.
- 6) Así, cualquier medida de conservación que contribuya a favorecer la heterogeneidad de las masas forestales tendría consecuencias directas sobre la abundancia y riqueza de la comunidad de aves forestales.

8. Agradecimientos

Este trabajo no podría haberse realizado sin el apoyo y la colaboración de personas e instituciones. En primer lugar, el personal del Ayuntamiento de Donostia ha sido de gran ayuda al aportar un apoyo logístico. Asun Yarzabal e Iñaki Uranga ayudaron a conocer la finca y descubrir todo el potencial que guarda dentro. Apoyaron en todo momento en el desarrollo del proyecto, haciendo que el trabajo haya sido muy fácil. Además, quiero agradecer al guarderío forestal de Artikutza, Jesús Rubio, Aitor Goitia y Agustín Fagoaga

por su colaboración y asesoramiento durante el trabajo de campo, debido a toda su experiencia en la finca. Me gustaría también agradecer a Aingeru Loperena, estudiante de formación profesional de gestión forestal que ayudó durante la recogida de datos en campo, a Maite Louzao por su ayuda en la fase de recogida de datos de campo, y a Margi Iturriza por la traducción del resumen al Euskera. Finalmente, agradecer a los técnicos de medioambiente de la diputación foral de Gipuzkoa por realizar los censos de aves acuáticas en Gipuzkoa.

9. Referencias

- Baláž M, Balážová M (2012) Diversity and abundance of bird communities in three mountain forest stands: effect of the habitat heterogeneity. *Pol. J. Ecol*, 60(3), 629-634.
- Bengtsson J, Nilsson SG, Franc A, y Menozzi P (2000) Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. *Forest Ecology and Management* 132:39–50.
- Brunet J, Fritz Ö, Richnau G (2010) Biodiversity in European beech forests—a review with recommendations for sustainable forest management. *Ecological Bulletins*, 53, 77-94.
- Castro-Gil A (2009) Evolution and structure of Artikutza, an 80-year-old beech forest in Navarra (Northern Spain). *Munibe Ciencias Naturales. Natur zientziak*, (57), 257-281.
- Costa Tenorio M, Morla Juaristi C, Sainz Ollero H (1998) Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica. Barcelona: Planeta.
- Guisan A, Zimmermann NE (2000) Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological modelling*, 135 (2), 147-186.
- Hastie T, Tibshirani R, Friedman JH (2009) *The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction* (2nd edición).
- Holling CS, Schindler DW, Walker BW, Roughgarden J (1995) Biodiversity in the functioning of ecosystems: an ecological synthesis. In: Perrings C, MaÈler K-G, Folke C, Holling CS, Jansson B-O. (Eds.), *Biodiversity Loss: Economic and Ecological Issues*. Cambridge University Press, pp. 44±83.
- Martínez de Murguía L, Vázquez A, Nieves-Aldrey JL (2001) The families of Hymenoptera (Insecta) in an heterogenous acidofilous forest in Artikutza (Navarra, Spain). *Frustula Entomologica*, n.s. XXIV (XXXVII): 81-98
- Martínez de Murguía L, Vázquez A, Nieves-Aldrey JL (2002) Distributions of sawflies and

aculeates in a heterogenous secondary acid forest in Artikutza (Navarra) (Insecta: Hymenoptera). *Munibe Ciencias Naturales*, 53: 183-203

- Martínez de Murguía L, Vázquez A, Nieves-Aldrey JL (2004) Sawfly species assemblage (Hymenoptera: Symphyta) in an heterogenous acidophilous forest in Artikutza (Navarre, Spain). *Frustula Entomologica*, n.s. XXVI-XXVII
- Martínez de Murguía L, Lapaza J, Salaberria E, Méndez M y Molino-Olmedo F (2004) Coleópteros saproxílicos (Insecta: Coleoptera) de un hayedo acidófilo en regeneración del norte peninsular. *Munibe Ciencias Naturales*, 55: 167-181.
- Moning C, Müller J (2009) Critical forest age thresholds for the diversity of lichens, molluscs and birds in beech (*Fagus sylvatica* L.) dominated forests. *Ecological indicators*, 9(5), 922-932.
- Ranius T, Niklasson M, Berg N (2009) Development of tree hollows in pedunculate oak (*Quercus robur*). *Forest Ecology and Management* 257(1), 303–310.
- Salek M, Svobodová J, Zasadil P (2010) Edge effect of low-traffic forest roads on bird communities in secondary production forests in central Europe. *Landscape Ecol.* 25, 1113–1124.
- Spies TA (2004) Ecological concepts and diversity of old-growth forests. *Journal of Forestry*, 102(3), 14-20.
- Vivian-Smith G (1997) Microtopographic heterogeneity and floristic diversity in experimental wetland communities. *J. Ecol.* 85, 71–82.
- Winter S, Möller GC (2008) Microhabitats in lowland beech forests as monitoring tool for nature conservation. *Forest Ecology and Management*, 255(3), 1251-1261.

Anexo 1. Estimaciones de presencia de aves acuáticas ligadas a cursos de agua

A.1.1 - Metodología de los censos

Durante los meses de Marzo a Mayo de 2015, se realizaron medidas de presencia de aves acuáticas ligadas a cursos de agua en dos puntos previamente establecidos de Artikutza (ver Figura A.1.1). El primer punto estaba localizado en el tramo alto del arroyo del Elama, cerca de las ruinas de la ferrería con mismo nombre; el segundo de ellos se localizó a c. 4 km río abajo, en la unión del arroyo Artikutza con el Elama. Cada una de las localizaciones se censó una vez por quincena, llevando a cabo seis censos por cada punto de muestreo. En cada localización se censaron durante 10 minutos la totalidad de los ejemplares vistos de aves ligadas a cursos de agua, tales como el Mirlo acuático *Cinclus cinclus*, la Lavandera cascadeña *Motacilla cinerea*, el Martín pescador *Alcedo atthis*, y el Andarrios chico *Actytis hypoleucos*. En cada censo, se consideraron las aves que se observaron en un tramo de ± 20 m a cada lado del punto donde se realizaron las observaciones (en total se abarca un tramo de unos 40 m de longitud a lo largo del cauce del río). Los muestreos se realizaron durante las horas de la mañana o tarde, evitando tanto el mediodía como la primera hora de luz antes del amanecer y la última antes del ocaso. Para que los censos realizados en Artikutza fueran comparables, se incluyó información de censos de aves acuáticas realizados en la provincia de Gipuzkoa, y durante las mismas fechas a los realizados en Artikutza. Dichos censos, fueron organizados por el departamento de Ornitología de Aranzadi y realizados por técnicos de medioambiente de la diputación foral de Gipuzkoa, teniendo la misma metodología explicada mas arriba, y, por lo tanto, son directamente comparables entre sí.

A.1.2 - Resultados de los censos

Durante los censos sólo se observó en una ocasión Mirlo acuático *C. cinclus*, específicamente en la zona alta del arroyo Elama. Este punto de muestreo se encuentra próximo a una zona regular de cría, debajo del puente de la ferrería de Goizarin; por lo tanto, es probable que el ejemplar censado forme parte de la pareja que anida regularmente allí. Fuera de censo, se pudieron localizar ejemplares en el tramo mas bajo del arroyo Elama, en el arroyo Artikutza o en las inmediaciones de la presa del embalse de Enobieta. En cuanto al resto de las especies ligadas a cursos de agua, se detectaron en cinco ocasiones ejemplares de lavandera cascadeña *M. cinerea* en la unión del arroyo

Artikutza con el Elama. Aún así, se ha podido constatar que esta especie se observa regularmente en todo el tramo del arroyo Elama y Artikutza. El resto de las especies no se detectaron en los censos, aunque en las proximidades del embalse de Enobieta el martín pescador *A. alpestris* es una especie regular y el Andarríos chico *A. hypoleucos* es una especie ocasional (grupo de cuatro ejemplares el día 4 de Mayo de 2015).

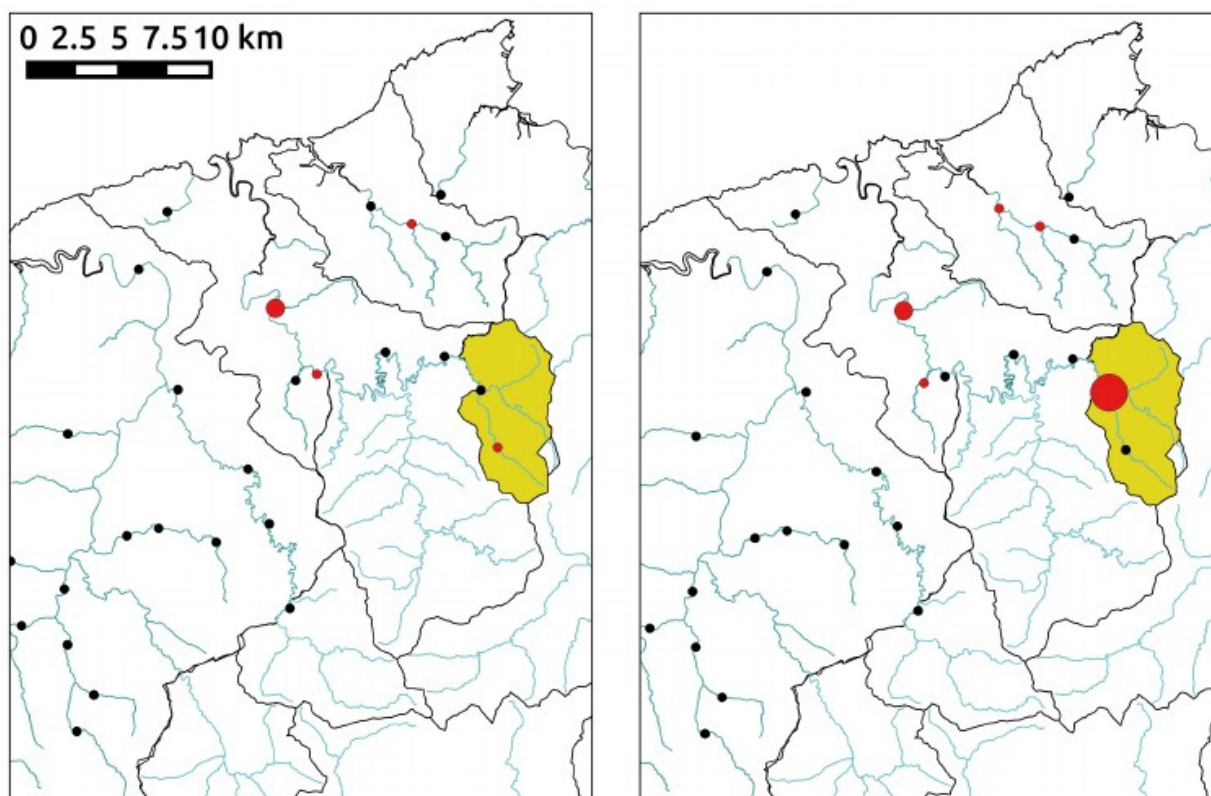


Figura A.1.1 - Localización de puntos de muestreo para estimar la presencia de aves acuáticas. Se muestra la presencia de Mirlo acuático (izquierda) *C. cinclus* y Lavandera cascadeña *M. cinerea* (derecha) en cada punto de muestreo (en círculos de colores) siendo las dos especies que aparecieron en los censos. Artikutza se representa como el área amarilla, mientras que los cursos de agua se representan como líneas azules. El tamaño del círculo (en rojo) es proporcional al número de localizaciones, mientras que los círculos en negro son puntos sin detectar cada especie. Los datos de censos son únicamente validos para los ríos Oiartzun y Urumea.

Adicionalmente se compararon los datos de Artikutza con los de censos realizados para las cuencas del río Oiartzun y Urumea, correspondiendo con nueve localizaciones. Así, se detectó tres veces Mirlo acuático *C. cinclus*, mientras que Lavandera cascadeña *M. cinerea* en cuatro de los nueve puntos censados en ambos tramos de río (Figura A.1.1). Así, se sugiere que a) la presencia del Mirlo acuático *C. cinclus* en Artikutza es comparable a la de los tramos de los ríos Oiartzun y Urumea y b) la lavandera cascadeña *M. cinerea* es una especie relativamente abundante en Artikutza, comparándola con la proximidad geográfica.

Anexo 2. Estimaciones de presencia de Pícidos

A.2.1 - Metodología de los censos

Durante los meses de Marzo a Mayo de 2015 se realizaron medidas para la presencia de Pícidos en Artikutza. Estos censos tenían el objetivo de determinar aquellas áreas con mayor presencia de los Pícidos más comunes, además de detectar el Pico mediano *Leiopicus medius* y Pico dorsiblanco *Dendrocopos leucotos*, especies de Interés Especial y en Peligro de Extinción, respectivamente, y aún no detectadas en Artikutza. Para ello se realizaron transectos por toda la red de caminos y pistas forestales para detectar la presencia de ejemplares de Pícidos. Una vez localizado un ejemplar (visual o auditivamente), se anotó a que especie pertenecía, además de la posición (mediante un GPS), la dirección (mediante una brújula), y la distancia aproximada desde el punto de escucha. Para evitar problemas de pseudo-replicación (es decir, contabilizar varias veces el mismo individuo), no se anotaban localizaciones dentro de un intervalo de tiempo de 15 minutos. En el caso que la localización fuera visual, se anotaba el sexo.

Adicionalmente, se adquirió una cámara de fototrampeo (Modelo Bushnell NatureView Cam HD Max) con el objetivo de detectar aquellas especies más esquivas y no detectables mediante transectos. La cámara se colocó en varios lugares con evidencia de alta actividad de pájaros carpinteros (es decir, señales recientes en troncos muertos) con el objetivo de fotografiarlas.

A.2.1 - Resultados de los censos

En total se detectaron 98 localizaciones pertenecientes a cuatro especies de Pícidos, tales como el Pico picapinos *Dendrocopos major*, el Pico menor *Dryobates minor*, el Picamaderos negro *Dryocopus martius* y el Pito real *Picus viridis/sharpei* (Figura A.2.1); de las pocas ocasiones que se pudo observar el pito real se identificó como el Pito real ibérico *P. sharpei*. Adicionalmente se localizó auditivamente en una ocasión el Pico mediano *L. medius* en la zona de Lizardinieta, aunque no se pudo confirmar visualmente. En ninguna ocasión se pudieron detectar ejemplares de Pico dorsiblanco *D. leucotos*.

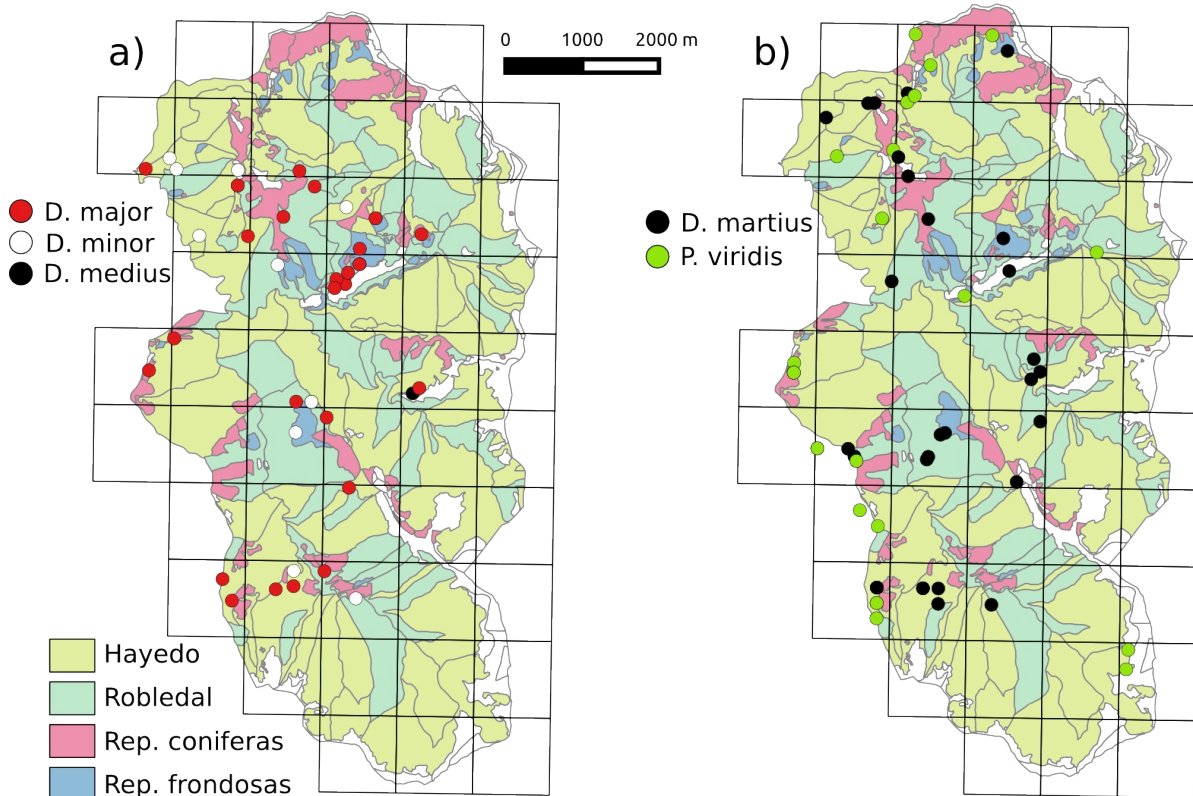


Figura A.2.1 - Localización de ejemplares de Pícidis en Artikutza. Las localizaciones se representan en círculos coloreados, mientras que el tipo de masa forestal en polígonos. Los cuadros negros representan una gradilla de 1 x 1 km.

Cuando relacionamos las localizaciones con las masas forestales, se observó que las localizaciones de Pico picapinos *D. major* y Picamaderos negro *D. martius* se encuentran en las proximidades de masas de pinar de repoblación y hayedo o robledal, probablemente debido a que ambas especies requieren tanto de zonas de alimentación (en pinares mayoritariamente) y nidificación (en hayedo, especialmente el Picamaderos negro). El Pito verde *P. viridis/sharpei* se detectó en los bordes de bosque, probablemente porque su alimentación principal son hormigas, que son abundantes en zonas de prado. Por otra parte, la única localización probable de Pico mediano *L. medius* se detectó en una de las zonas con robledal más maduro de Artikutza, lo cual coincide con los requerimientos de dicha especie (gran abundancia de troncos podridos y madera muerta). Así, se colocó una cámara trampa en los lugares con mayor probabilidad de detectar en

Artikutza *L. medius* (zonas de Lizardinieta y Olaburu, en lugares intensamente trabajados), pero desafortunadamente no se pudo fotografiar ninguno.

Anexo 3. Relación de especies raras detectadas en Artikutza y su estatus de conservación

A continuación se presenta una relación de las especies detectadas (visual o auditivamente) en Artikutza fuera de los censos estandarizados realizados durante el presente proyecto. Del total de las especies, el 48.8% estaría ligada a medios forestales abiertos, mientras que el 51.2% estaría ligada a medios forestales maduros. En esta lista se describe la especie, su estatus en la Comunidad Autónoma de Navarra y en la provincia de Gipuzkoa, y donde se localizó en Artikutza. Del total de las especies,

Columba palumbus (Cast: Paloma torcaz, Eusk: Pagausoa) Especie distribuida por Europa, Norte de Africa y Oriente medio. En Navarra y Euskadi es una especie estival rara en el área Atlántica y abundante en la mediterránea, aunque en otoño y primavera existe abundante paso de individuos procedentes del norte de Europa (Álvarez et al 1998). Tiene preferencia por todo tipo de bosques, y más recientemente se ha expandido a los jardines urbanos arbolados. En Artikutza es una especie muy rara en primavera, escuchándose un individuo en un robledal en los alrededores de la zona de Goizarin (07/05/2015).

Streptopelia turtur (Cast: Tórtola europea, Eusk: Usapala) Especie estival y migrante del sur de Europa, norte de Africa y oriente medio que inverna en el Sahel africano. En Navarra y Euskadi es un ave asociada a campiñas y arboledas, especialmente abundante en el área mediterránea (Elosegui 1985); en las últimas décadas se ha observado una regresión significativa en toda su área de distribución. En Artikutza se han observado grupos de individuos en zonas en claros, en Eskas, en el barrio de Artikutza y en Beltzunze (18/05/2015), probablemente como individuos de paso.

Jynx torquilla (Cast: torcecuello euroasiático, Eusk: Lepitzulia) Especie eurosiberiana estival que inverna en el Africa subsahariana y en el sudeste Asiático. En Navarra y Euskadi es especialmente frecuente en la campiña atlántica, asociada a bosquetes, setos y plantaciones maduras (Álvarez et al. 1985). En Artikutza se ha producido una observación en robledal en las proximidades del embalse (10/04/2015).

Picus viridis/sharpei (Cast: Pito Real (Ibérico), Eusk: Okil berdea) Especie sedentaria recientemente establecida cuya distribución se encuentra restringida a la Península ibérica y sur

de Francia (Pons et al. 2011). En Navarra y Euskadi habita bosques abiertos o zonas con campiña arbolada. En Artikutza se suele encontrar en bosques caducifolios no demasiado alejados del borde (para mas información, ver Anexo 2).

Dryocopus martius (Cast: Picamaderos negro, Eusk: Okil beltza). Especie eurosiberiana sedentaria. En Navarra y Euskadi se encuentra limitada a los bosques maduros montañosos, especialmente hayedos y pinares. En Artikutza es una especie común, especialmente en aquellas zonas donde se combinan los pinares con los hayedos maduros (para mas información, ver Anexo 2).

Dendrocopos major (Cast: Pico picapinos, Eusk: Okil handia) Especie eurosiberiana sedentaria. En Navarra y Euskadi se suele encontrar en todo tipo de bosques, aunque tiene preferencia por bosques de coníferas maduros. En Artikutza se suele encontrar en manchas de bosque diversas, pero especialmente en manchas de coníferas (para mas información, ver Anexo 2)

Dryobates minor (Cast: Pico menor, Eusk: Okil txikia) Especie eurosiberiana sedentaria. En Navarra y Euskadi se suele encontrar en todo tipo de bosques, desde robledales, castaños, bosques mixtos a sotos de rivera. En Artikutza no es una especie muy abundantes, encontrándose tanto en robledales como en bosques mixtos (para mas información, ver Anexo 2).

Leiopicus medius (Cast: Pico mediano, Eusk: Okil ertaina) Especie sedentaria de Europa y próximo oriente. En Navarra y Euskadi se encuentra asociada a robledales maduros, especialmente en áreas con robles, carpes y olmos viejos. En Artikutza se ha detectado posiblemente su presencia en una zona potencialmente muy adecuada para esta especie (para mas información, ver Anexo 2).

Upupa epops (Cast: Abubilla, Eusk: Argi-oilarra) Especie que habita Europa, Asia, y Africa e inverna en el Africa subsahariana y Asia tropical. En Navarra y Euskadi es un ave común en el área mediterránea y escasa en la atlántica (Elosegui 1985), normalmente asociada zonas de arbolado disperso, sotos y jardines ya que necesita de huecos de árboles para depositar su puesta. En Artikutza se observa frecuentemente en los alrededores del barrio de Artikutza (07/04/2015, 16/04/2015), probablemente como reproductor.

Saxicola rubetra (Cast: Tarabilla norteña, Eusk: Pixatar nabarra) Especie migradora que habita Europa y Oriente próximo y que inverna en el África subsahariana. En Navarra y Euskadi está

asociada a las zonas subcantábricas de prados y pastizales abiertos con escasa cobertura de árboles y arbustos (Álvarez et al 1985; Elosegui 1985). En Artikutza se observó un individuo sobre arbustos en un claro próximo a Eskas (18/04/2015).

Saxicola rubicola (Cast: Tarabilla europea , Eusk: Pitxatar burubeltza) Especie parcialmente migradora que habita Europa, norte de Africa y oriente próximo. En Navarra y Euskadi está presente todo el año y está asociada brezales, y pastizales con pequeños arbustos y zarzas dispersor (Álvarez et al 1985; Elosegui 1985). En Artikutza se detectó en pastos con árboles dispersos en cerca de la zona de Sagarraundi (28/04/2015) y en el collado de Amekurrun (18/05/2015).

Hippolais polyglotta (Cast: Zarcero políglota, Eusk: Sasi-txori arrunta) Migrador transahariano que habita el sureste de Europa y norte de Africa. En Navarra y Euskadi es una especie nidificante común asociada a zonas arbustivas densas, bosques de ribera o con árboles dispersos (Elosegui 1985; Elosegui 1985). En Artikutza se detectó un individuo cantando en la zona de Buarrin desde un acebo aislado (22/04/15).

Sylvia borin (Cast: Curruca mosquitera, Eusk: Baso-txinboa) Migrador transahariano que habita el paleártico occidental. En Navarra y Euskadi es una especie nidificante común asociada a bosques caducifolios donde abunden arbustos densos y zarzas (Elosegui 1985; Aierbe et al. 2001). En Artikutza se observó un individuo en la zona de Aku en un bosque joven de abedul con abundante zarza (18/05/2015).

Phylloscopus trochilus (Cast: Mosquitero musical; Eusk: Txio horia). Especie eurosiberiana migratoria que inverna en el Africa subsahariana. En Navarra y Euskadi es un ave abundante en paso pero reproductora esporádica (Elosegui 1985; Aierbe et al. 2001). En Artikutza se detectaron individuos cantando en un robledal cerca del embalse (zona de Kazpi) (10/04/2015, 21/04/2015).

Phylloscopus sibilatrix (Cast: Mosquitero silvador; Eusk: Txio txistularia). Especie eurosiberiana migratoria subsahariana. En Navarra y Euskadi se considera una especie rara en paso (mas abundante en paso primaveral), con nidificaciones esporádicas e irregulares en algunos puntos de la cordillera cantábrica y pre-pirineo, especialmente en hayedos. En Artikutza se detectó un individuo cantando cerca del embalse (Zona Kazpi) en una repoblación de roble americano (11/05/2015). Adicionalmente, en el camino del Elizmendi se detectó hasta un total de cuatro individuos cantando (12/05/2015) en un robledal.

Regulus regulus (Cast: Reyezuelo sencillo, Eusk: Mendi-erregetxa) Especie eurosiberiana parcialmente migradora. En Navarra y Euskadi es una especie principalmente invernate, con pequeños núcleos reproductores en zonas montañosas y húmedas generalmente ligado a bosques de coníferas (Elosegui 1985). En Artikutza se escuchó un individuo en una mancha de abeto rojo cerca de la zona de Pagolleta (02/06/2015).

Leiothrix lutea (Cast: Ruiseñor del japon; Eusk: –) Especie del sudeste asiático con poblaciones naturalizadas en el sur de Europa (Francia, Italia, España), Japón, Islas Hawaii y en la Isla Reunión. Es una especie en expansión en el norte de Navarra y Euskadi, teniendo preferencia por zonas forestales tanto de coníferas como de planifolios. En Artikutza se observaron dos individuos en un robledal con alerce en los alrededores del embalse (06/07/2015). Esta especie está incluida en el catálogo nacional de especies exóticas (Real Decreto 1628/2011, de 14 de noviembre).

Aegithalos caudatus (Cast: Mito, Eusk: Butztanluzea) Especie eurosiberiana sedentaria forestal que habita en todo tipo de bosques. En Navarra y Euskadi es una especie común de bosques abiertos con algunos árboles y setos de arbustos, especialmente a baja altitud (Álvarez et al 1985; Elosegui 1985). En Artikutza se han detectado grupos de individuos cerca de la zona de Eskas en manchas de coníferas de repoblación con Pino silvestre y alerce (06/04/15, 22/04/15), en un hayedo de Pagolleta (28/04/2015) y en una mancha de roble americano en Goizarin (29/04/2015).

Ficedula hypoleuca (Cast. Papamoscas cerrojillo, Eusk: Euli-txori arrunta) Especie europea migratoria subsahariana. En Navarra y Euskadi es una especie es una especie común en paso y escasa como reproductora, que habita en medios forestales mas o menos abiertos (Álvarez et al 1985; Elosegui 1985). En Artikutza se han detectado ejemplares en robledales en zonas próximas a Olagoien (10/04/15), y Loiola (29/04/2015) y en hayedos en las zonas próximas a Lizardineta (12/04/2015), Eskas (18/04/2015), Irumugarrieta (22/04/2015) y Pagolleta (28/04/2015).

Certhia familiaris (Cast: Agateador euroasiático, Eusk: Basoetako gerri-txoria) Especie eurosiberiana sedentaria. En Navarra y Euskadi es un ave rara en núcleos aislados y asociada a bosques caducifolios de montaña (principalmente hayedo; Elosegui 1985; Aierbe et al. 2001). En Artikutza se han detectado individuos cantando en hayedos en la zona de Zurbitz (26/03/2015 y 28/04/2015) y de Pagolleta (28/04/15).

Pyrrhula pyrrhula (Cast: Camachuelo común Eusk: Gailupa) Especie eurosiberiana sedentaria o

parcialmente migradora. En Navarra y Euskadi es una especie común en la franja Atlántica ligada a paisajes semiabiertos de bosquetes y prados. En Artikutza se detectó una pareja (macho y hembra) en un claro de hayedo en los alrededores de Eskas (16/04/2015).

Emberiza citrinella (Cast: Escribano cerillo, Eusk: Berdantza horia) Especie eurosiberiana migradora parcial. En Navarra y Euskadi es común en zonas de árboles dispersos y setos entremezclados con pastizales (Elosegui 1985; Aierbe et al. 2001). En Artikutza se detectó un individuo cantando cerca de la zona de Irumugarrita (06/04/2015).

En la siguiente tabla se muestran las especies en el Anexo 3, además de como están recogidas en los diferentes catálogos y anexos a nivel de comunidad autónomas, estatal o Europeo. Si la especie no aparece en dicha lista, no presenta grado de conservación. Abreviaciones: PE: en peligro; V: vulnerable; IE: de interés especial, R: rara, NT: casi amenazada.

| | Catalogo de especies Navarra (1995) | de Catalogo de especies amenazadas (1994, mod. 2013) | Catalogo Nacional de especies amenazadas | Libro Rojo de las Aves España (2000) | de Directiva de Aves Anexo 1 – |
|-----------------------------|-------------------------------------|--|--|--------------------------------------|--------------------------------|
| <i>Streptopelia turtur</i> | | | | VU | Si |
| <i>Columba palumbus</i> | | | | | Si |
| <i>Upupa epops</i> | | VU | IE | | |
| <i>Leipopicus medius</i> | PE | VU | IE | NT | Si |
| <i>Dendrocopos leucotos</i> | PE | | PE | VU | Si |
| <i>Dryobates minor</i> | IE | IE | IE | | Si |
| <i>Dryocopus martius</i> | VU | R | IE | | Si |
| <i>Jynx torquilla</i> | IE | IE | IE | | |
| <i>Saxicola rubetra</i> | IE | IE | IE | | |

| | | | | |
|--------------------------------|----|----|----|----|
| <i>Phylloscopus trochilus</i> | IE | R | IE | NT |
| <i>Phylloscopus sibilatrix</i> | | | IE | |
| <i>Regulus regulus</i> | | IE | IE | |
| <i>Ficedula hypoleuca</i> | IE | R | IE | |
| <i>Certhia familiaris</i> | IE | R | IE | |

Referencias

- Aierbe T, Olano MVJ, Vazquez J (2001) Atlas de las aves nidificantes de Gipuzkoa. *Munibe*, 52, 5-136.
- Alvarez J, Bea A, Faus JM, Castien E, Mendiola I (1985) Atlas de Vertebrados de la Comunidad Autónoma Vasca. *Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz*.
- Elosegui J (1985) Atlas de las aves nidificantes de Navarra. *Caja de Ahorros de Navarra, Pamplona, Spain*.
- Pons JM, Olios G, Cruaud C, Fuchs J (2011) Phylogeography of the Eurasian green woodpecker (*Picus viridis*). *Journal of biogeography*, 38(2), 311-325.

Anexo 4. Difusión de resultados

Aparte de las reuniones periódicas con los responsables de la beca, se han realizado dos actividades de difusión de resultados, con el objetivo de dar a conocer al público la riqueza de la avifauna de Artikutza.

A.4.1 Visitas guiadas

Durante el marco del presente proyecto se realizaron tres visitas guiadas al público con el objetivo de dar a conocer la avifauna de Artikutza. La primera visita se realizó el día 9 de Mayo de 2015 enmarcada dentro de los cursos organizados por Aranzadi para identificar y observar aves (para mas información, [aquí](#)). Durante la anterior visita se realizó un corto recorrido de dos horas aproximadamente para dar a conocer técnicas de identificación a los participantes del curso. La segunda visita se realizó el día 10 de Mayo de 2015 (Figura A.6.1), formando parte se realizó una visita guiada. Dicha visita formó parte de los itinerarios programados en la finca por Artikutza Natura y organizados por la empresa de educación ambiental *Galemys* (para mas información, [aquí](#)). La visita del 10 de Mayo constó de dos partes: a) una charla con proyección de 45 minutos para dar a conocer qué es Artitkutza y las aves más comunes que se pueden encontrar, y b) un recorrido de dos horas para dar a conocer la riqueza de avifauna. La tercera visita se realizó el día 4 de Octubre de 2015 al público en general enmarcada dentro de la celebración del día Mundial de las aves. Dicha visita tuvo la misma estructura que la realizada el día 10 de Mayo.



Figura A.4.1 – Instante del 10 de Mayo de 2015 durante la visita guiada en Artikutza. (c) Maite Louzao.

A.4.2 Difusión en boletín

Para el número 9 del boletín “Artikutzako ttanttak” se preparó una entrevista, con el objetivo de dar a conocer al público general el trabajo que se estaba realizando en la presente beca de investigación y de los valores avifaunísticos que tiene Artikutza. Para mas información, ver [aquí](#). Adicionalmente, para el número 10 de la misma revista, se colaboró en un artículo para dar a conocer la importancia de los frutos silvestres en la dieta de las aves. Para mas información, ver [aquí](#).