

# Estudio de probables afecciones del Parque Eólico de Mandoegi (Guipúzcoa-Navarra) sobre poblaciones de Quirópteros.

**Carlos GALAN.**

Biosphere Consultancies & Sociedad de Ciencias Aranzadi.

e-mail: cegalham@yahoo.es

Julio de 2006.

## RESUMEN.

Este trabajo estudia las características del Parque Eólico de Mandoegi en relación a su posible impacto sobre poblaciones de quirópteros. Se efectúan prospecciones para investigar las especies de quirópteros presentes en la región (8 especies son citadas) y se contrasta su comportamiento espacial, uso del espacio y vulnerabilidad ante los aerogeneradores proyectados. Se analizan los factores biológicos y ecológicos que intervienen y se comparan los datos obtenidos con otros factores de amenaza. Se efectúan algunas recomendaciones de protección y monitoreo. Se evalúa y concluye que el parque eólico proyectado no tiene efectos adversos sobre la demografía de las poblaciones de quirópteros en el área.

## 1. INTRODUCCION.

El Parque Eólico de Mandoegi consiste en una línea de aerogeneradores de 5 km de longitud, el cual se proyecta instalar en la cresta del monte Mandoegi, en la divisoria o límite entre Guipúzcoa y Navarra.

La probable afección del parque eólico sobre los seres vivos consiste básicamente en el impacto de las obras durante la fase de construcción y, una vez instalados, en el impacto de los aerogeneradores sobre las especies que utilizan el espacio aéreo ocupado por los rotores, principalmente algunos grupos de aves. Como previsión general también se ha pensado en su probable afección a quirópteros, por lo que se recomienda que se investigue este aspecto, que es el objetivo del presente estudio. Como expondremos, el tipo de probable afección sobre poblaciones de quirópteros es considerablemente distinto al caso de aves, básicamente debido a que la biología y ecología de ambos grupos de organismos son muy diferentes, pese a tener en común el vuelo y el uso de espacios aéreos.

En este trabajo estudiaremos la relación entre el parque eólico proyectado y las especies de quirópteros presentes en la región, el uso del espacio por parte de quirópteros y su vulnerabilidad ante los aerogeneradores proyectados. Se analizarán los datos obtenidos con vistas a evaluar su incidencia en la demografía y supervivencia de las especies de quirópteros que utilizan el área y el tipo de afecciones que pueden esperarse. Se propone también recomendaciones para minimizar impactos desfavorables y para una adecuada gestión de las especies de quirópteros.

## 2. CONTEXTO GEOGRAFICO Y GEOLOGICO.

El Parque Eólico de Mandoegi se instalará en un tramo de la cresta montañosa que se extiende desde el monte Adarra (814 m.snm) en Guipúzcoa, hasta los montes de Mandoegi (1.044 m.snm) y Urepel (1.055 m.snm), situados al N de Leiza, en Navarra. La cresta discurre en paralelo con respecto al valle del Leizarán y sirve de divisoria hidrográfica entre las cuencas del Urumea y el Leizarán.

El parque proyectado tiene en planta una forma de Y ó T invertida. Su eje mayor N-S tiene 3 km de longitud, la rama E de la T invertida 0,7 km y la rama W 1,3 km, aproximadamente. La rama W corresponde a una estribación secundaria de la cresta, el estribo de Belorrieta, que se extiende entre los arroyos de Ataxain erreka y Lorditz erreka, ambos afluentes del río Leizarán. El eje mayor y la rama E corresponden al tramo central de la cresta que constituye la divisoria entre las cuencas de los ríos Leizarán (Guipúzcoa) y el arroyo Mandoegi (Navarra), afluente del río Urumea en la zona de Goizueta. Así, 3,7 km de la línea estarán sobre la cresta principal y 1,3 km sobre una estribación al W de la misma. Los tramos señalados tienen altitudes mínimas de 830 m.snm en el monte Leuneta (extremo N), 854 m.snm en el estribo de Belorrieta, 939 m.snm en un collado al N de Mandoegi (extremo S), y una altitud máxima de 984 m.snm donde se une el estribo a la cresta. Los fondos de los valles del Leizarán y afluentes del Urumea ocupan cotas bajas, de 350 - 300 m.snm.

Todo el sector de la citada línea de la cresta de Mandoegi está en terrenos Paleozoicos del macizo Cinco Villas - La Rhune, en cuya parte central afloran las masas graníticas de Peñas de Aya. En un área de 5 km de radio en torno al parque eólico proyectado las rocas aflorantes son pizarras, lutitas, areniscas y conglomerados del Paleozoico, contorneados en su periferia por una aureola Permo-Triásica, principalmente de areniscas y conglomerados, con algunas masas de ofitas intercaladas. La serie Paleozoica es una sucesión esquistosa eminentemente detrítica, la cual ha sido detalladamente descrita por CAMPOS (1979). Las lutitas constituyen la litología dominante; la serie alterna de forma irregular lutitas pizarrosas y areniscas laminadas con algunas intercalaciones de conglomerados. Las areniscas son también de matriz lutítica, formada por cuarzo de tamaño limo y minerales micáceos y arcillosos, entre los que predomina la mica blanca y la clorita, con considerables cantidades de materia carbonácea y óxidos de hierro. Todas estas rocas han estado sometidas a un metamorfismo de grado moderado.

Las áreas kársticas más cercanas, con calizas del Jurásico, se encuentran más al Sur, a unos 8 km de distancia, en la proximidad de Leiza (Navarra). Las áreas kársticas forman una serie de pequeños afloramientos, de calizas compactas alternantes con margas, a lo largo de la denominada banda de mármoles de Leiza, la cual se prolonga en Guipúzcoa hasta la parte N del afloramiento del macizo de Otsabio (GALAN et al., 2005). Algo más al Sur afloran también calizas del Cretácico inferior, en el macizo de Otsabio (el cual se extiende desde Lizartza y Orexa, en Guipúzcoa, hasta Areso, Gorriti y Atallo, en Navarra), con algunos pequeños afloramientos que lo prosiguen en Malkor aundi (Atallo - Arriba) y cabecera del Araxes. Estos afloramientos distan ya 12 km del P.E. de Mandoegi.

También hay otros afloramientos de calizas, del Jurásico y Cretácico inferior, en las cercanías de Andoain, Uzturre-Loatzto (a 10-12 km de Mandoegi) y Elduayen (a 8-12 km).

Con esto queremos indicar que en la región próxima al P.E. Mandoegi, entre los valles del Leizarán y el Urumea, no hay karsts (ni refugios kársticos en cueva para quirópteros). Las áreas de caliza más cercanas, del Jurásico y Cretácico inferior, se encuentran en los macizos de Otsabio, Malkor aundi y pequeños afloramientos de los alrededores de Leiza, a más de 7 km de distancia. No obstante, en la proximidad de Leiza y en el valle del Leizarán existen diversas minas abandonadas (GALAN, 1997, 2003) y antiguos túneles del ferrocarril del Plazaola, susceptibles de servir de refugio subterráneo a quirópteros, pero situados en el fondo de valle, a cotas de 300-400 m.snm.

Nosotros estudiaremos una banda de 10 km de ancho, entre los citados valles del Leizarán y del Urumea (en la zona de Goizueta), por unos 12 km de largo en sentido N-S, entre el Urumea (en Pagoaga) y algo más al S del monte Urepel. En el centro de esta banda se sitúa la cresta del P.E. Mandoegi y también incluye la proyectada pista de acceso que parte del sitio de Pagoaga, en el valle del Urumea, a unos 5 km al N del extremo N del parque eólico en el monte Leuneta.

Esta área de estudio queda incluida en las cuadrículas UTM de 10 km de lado (usadas en estudios biológicos en el país), aproximadamente abarcando la cuadrícula WN 88 y parte de las cuadrículas adyacentes: la mitad N de WN 87 (al S), y una pequeña parte de las cuadrículas WN 98 y WN 97 (al E), con un área total de 140 km<sup>2</sup>.

### **3. ESPECIES DE QUIROPTEROS PRESENTES EN LA REGION.**

Se efectuó una revisión bibliográfica de las citas de quirópteros existentes para el área de estudio y se efectuaron prospecciones nocturnas en la cresta de Mandoegi, flancos adyacentes y valles del Leizarán y Urumea. Adicionalmente se prospectaron de día diversas minas y túneles abandonados en el valle del Leizarán y varias bordas en ruinas, grietas en muros, bajo puentes y árboles huecos susceptibles de contener refugios para quirópteros.

La metodología utilizada es la habitualmente empleada en trabajos con quirópteros (AIHARTZA & GARIN, 2002; AHLEN & BAAGOE, 1999; GALAN, 1970, 1997; KUENZI & MORRISON, 1998; KUNZ, 1990; MITCHELL-JONES, 1987; O'FARRELL & GANNON, 1999; ONRUBIA et al., 2003). En la prospección de refugios subterráneos, grietas y agujeros de árboles, se utilizó iluminación frontal con focos de 16 leds y halógenos, y ganchos de alambre protegido para alcanzar grietas. Las observaciones nocturnas al aire libre fueron efectuadas al contraluz y con el uso esporádico de la iluminación descrita. Se utilizaron mallas de neblina en dos puntos propicios de la cresta, otros dos en los valles del Urumea (Mandoegi erreka y Pagoaga), y dos más en el valle del Leizarán (Atatxain y Lorditz erreka). Se utilizó un detector de ultrasonidos heterodyne digital, con división de frecuencias y time expansion (Pettersson D-980), a lo largo de los transectos recorridos, con paradas de escucha en los sitios más propicios y durante las esperas de captura con redes de neblina. Todos los ejemplares colectados con redes de neblina o en refugios, tras su identificación en campo, medición y toma de datos, fueron soltados.

Los trabajos de campo fueron efectuados en 6 días, 4 de ellos con uso de mallas y detectores de ultrasonidos en horas desde crepusculares a nocturnas (9 p.m. a 2 a.m.). Los trabajos diurnos permitieron efectuar reconocimientos y observaciones preliminares de las áreas en que trabajaríamos de noche y, posteriormente, se empleó el tiempo libre útil en la prospección de minas, túneles y otros posibles refugios. Los trabajos estuvieron espaciados en dos períodos de 3 días, acampando en los sitios base, comprendidos en el mes de Junio. Los dos períodos fueron de condiciones meteorológicas relativamente buenas. Cabe destacar que la época (final de la primavera e inicio del verano) coincide con un período de máxima actividad en el ciclo anual de los quirópteros, donde su actividad metabólica y requerimientos alimentarios se ven incrementados por ser época de cría o de recientes nacimientos, a la vez que la disponibilidad de insectos es alta.

Como resultado de los trabajos se obtuvieron datos sobre la presencia de un total de 8 especies de quirópteros en la región: *Rhinolophus ferrumequinum*, *Myotis emarginatus*, *M. mystacinus*, *M. bechsteinii*, *Pipistrellus pipistrellus*, *P. kuhli*, *Eptesicus serotinus*, y *Plecotus austriacus*. Comentaremos separadamente los datos para cada una de ellas.

### 3.1. *Rhinolophus ferrumequinum* (Schreber, 1774).

Es una especie de hábitos preferentemente cavernícolas (aunque también puede refugiarse en minas y edificaciones), abundante y prácticamente distribuida en todo el territorio de la CAV (Comunidad Autónoma Vasca) y mitad N de Navarra. Ha sido citada para la región por GALAN (1970, 1997, 2004), AIHARTZA (2001), AIHARTZA et al. (2002), ALCALDE & ESCALA (2000). En este trabajo fue observada en vuelo, capturada con malla de neblina, y detectada por ultrasonidos en los valles del Leizarán y del Urumea, pero no en la cresta. Adicionalmente fue encontrada en varias minas del valle de Leizarán, formando pequeñas agrupaciones o individuos dispersos. La mayor agrupación era de 5 individuos. En 1969 fue encontrada una colonia de cría mixta, junto con *Myotis bechsteinii*, en la mina de Tolarea, próxima a Leiza, a 450 m de altitud en el valle del Leizarán (GALAN, 1970). En el verano de 1977 se volvió a observar la colonia, de unos 60 ejemplares en total (incluyendo adultos y juveniles), pero la misma desapareció a partir de los 1990 (ALCALDE & GOSA, 1998). La colonia más próxima e importante actualmente conocida se encuentra en la Mina-cueva de Anoeta, Tolosa, macizo de Ernio, donde cohabitan unos 80 ejemplares (machos y hembras de distintas tallas) (GALAN et al., 2004); esta localidad se encuentra en línea recta a 14 km de Mandoegi.

### 3.2. *Myotis emarginatus* (Geoffroy, 1806).

Es una especie preferentemente silvícola, aunque también utiliza refugios en edificaciones, minas y cuevas. En la CAV tiene una amplia distribución en zonas accidentadas de montaña, de variada vegetación, y con cursos de agua permanentes (GALAN, 1997). Ha sido citada también del centro y norte de Navarra. En verano se refugia en árboles, mientras que en invierno utiliza edificaciones y refugios subterráneos. Su presencia en la región ha sido citada previamente por AIHARTZA (2001) y ALCALDE & GOSA (1998). En este trabajo fue capturado con malla de neblina un ejemplar macho en el valle del Leizarán (su presencia no fue detectada en la cresta de Mandoegi ni en el valle del Urumea).

### 3.3. *Myotis mystacinus* (Kuhl, 1819).

Al igual que la especie anterior es preferentemente arborícola, aunque en invierno puede utilizar construcciones, agujeros y cuevas. Es una especie poco frecuente en la CAV y en la península Ibérica, donde parece habitar sólo en montañas de la mitad norte. Fue señalada su ocurrencia en el macizo de Ernio, Gipuzkoa, en un caserío en ruinas a 700 m de altitud (GALAN, 1997), pero después ha sido encontrado en casi todos los macizos montañosos de la CAV (AIHARTZA et al., 2002) aunque en restringido número. Parece preferir las zonas de hayedo, con árboles añosos que le sirvan de refugio. Para la región ha sido citada previamente por AIHARTZA (2001). En este trabajo no fue capturado ningún ejemplar ni detectada su presencia con los métodos empleados. Es probable que no habite en la zona de Mandoegi o que sólo llegue a ella de modo circunstancial.

### 3.4. *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 1818).

Es una especie muy rara en la península Ibérica y en la CAV, de la cual hay muy escasas citas. En la bibliografía europea se comenta que la especie tiene preferencia por zonas arboladas, habitando sobretodo en huecos de árboles y, en menor medida, en oquedades en rocas y en minas. Nosotros reportamos una colonia de cría mixta con *Rhinolophus ferrumequinum*, de 60 ejemplares, en la mina de Tolarea (próxima a Leiza, Navarra) en 1969 y 1977, y una segunda agrupación con 5 ejemplares de esta especie en la mina de Tolarea 2 (a 1 km de la primera, en Guipúzcoa) en 1977 (GALAN, 1970, 1997). AIHARTZA et al. (2002) la cita de la Sierra de Cantabria y sotos del Ebro en Labastida. Por confusión de la numeración de frascos de la Colección de la S.C. Aranzadi, ALCALDE & GOSA (1998) atribuyen el material colectado de Tolarea (determinado por E. BALCELLS) a la especie *Myotis emarginatus*, y aportan una cita nueva para Navarra de *Myotis bechsteinii* en el bosque de Orgi, Lizaso, valle de Ulzama (a 20 km de la región de estudio), donde aparentemente existe una población reproductora. En este trabajo no ha sido vuelto a encontrar la especie en Tolarea ni otras minas de la región, ni ha sido detectada su presencia por otros métodos.

### 3.5. *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774).

Es una especie antropófila, frecuente en pueblos y ciudades, pero que puede utilizar también otros refugios en grietas de las rocas, bajo cortezas y huecos de árboles añosos. Es la especie más abundante de la CAV, donde se distribuye por todo el territorio, y también resulta abundante en Navarra, aunque es citada de menor número de localidades. Frecuenta todo tipo de habitats, desde zonas urbanas y costeras hasta zonas de alta montaña. Para la región de estudio ha sido citada previamente por GALAN (1997), AIHARTZA & GARIN (2002) y AIHARTZA et al. (2002). En este trabajo ha sido detectado por ultrasonidos el fonotipo de 45 kHz y también ha sido capturado con mallas de neblina en los valles del Leizarán y Urumea, y en la cresta de Mandoegi. Es la única especie detectada sobre el área de cresta donde se instalará la línea de aerogeneradores. No obstante, cabe destacar que en la cresta sólo detectamos ejemplares aislados una noche, mientras que en los fondos de valle era mucho más abundante y frecuente su captura y observación.

### 3.6. *Pipistrellus kuhli* (Kuhl, 1819).

Esta especie se creía rara en la CAV (GALAN, 1970, 1997), con citas escasas en la cuadrícula de San Sebastián, pero los trabajos de AIHARTZA (2001), AIHARTZA & GARIN (2002) y AIHARTZA et al. (2002) han demostrado que es una especie muy frecuente y de distribución amplia. De costumbres antropófilas como la especie anterior, puede también refugiarse en fisuras de roca, agujeros de árboles y grietas en edificaciones. De preferencias termófilas, frecuenta tanto las ciudades como los fondos de valle y zonas bajas de montaña, siendo más escasa o estando ausente en zonas altas. También ha sido hallada en una cueva en el monte Uzturre (GALAN & NIETO, 2004), a 9 km del área de estudio. En este trabajo la especie ha sido colectada con redes de neblina y detectada por ultrasonidos en los valles del Urumea y del Leizarán, a baja altitud, pero no ha sido observada en la zona de cresta de Mandoegi.

### 3.7. *Eptesicus serotinus* (Schreber, 1774).

Es una especie fisurícola y antropófila que ocupa sobre todo grietas en afloramientos de roca, edificaciones y eventualmente huecos de árboles, por lo que era poco conocida. GALAN (1997) aporta las primeras citas para la CAV de la parte central y W de Alava; pero posteriormente AIHARTZA et al. (2002) encuentran que es una especie frecuente, de amplia distribución en la CAV, en edificaciones urbanas, rurales y en zonas de montaña y sus estribaciones, aunque con limitado número de datos. También está presente y ampliamente distribuido en Navarra. Ha sido citada para la región de estudio por AIHARTZA & GARIN (2002) y en este trabajo ha sido detectada por ultrasonidos en el valle del Leizarán.

### 3.8. *Plecotus austriacus* (Fischer, 1829).

Es una especie relativamente frecuente y ampliamente distribuida en la CAV en todo tipo de habitats (AIHARTZA et al., 2002; GALAN, 1997, 2004). Por sus preferencias termófilas es más común en zonas bajas y paisajes rurales abiertos y semiforestales, estando ausente en gran parte de las zonas altas de montaña. En Aralar y Ernio ha sido encontrada hasta 770 m de altitud. En verano se refugia en árboles y edificaciones, mientras que en invierno utiliza túneles, minas y cuevas. De carácter solitario en los meses fríos, durante el verano se agrega y forma colonias de cría sobre todo en áticos y cuevas cálidas. No había sido citada para la región de estudio, pero, en este trabajo, colectamos un ejemplar macho con malla de neblina en el valle del Leizarán y observamos otro ejemplar del género *Plecotus* (que no fue posible capturar ni identificar a nivel de especie) en una borda abandonada en la ladera SW del monte Urepel, a 650 m de altitud, pero no fue encontrado en la zona alta de cresta ni detectado por ultrasonidos en la región. Consideramos por ello que es una especie poco frecuente en la región y circumscripita a zonas bajas y arboladas, faltando en la cresta.

## 4. RESUMEN DE DATOS SOBRE LOS QUIROPTEROS DE LA REGION.

De las 8 especies citadas para la región de estudio, dos de ellas (*Myotis mystacinus* y *M.bechsteini*) son muy raras o están hoy ausentes de la región. De las 6 especies restantes, *Myotis emarginatus*, *Eptesicus serotinus* y *Plecotus austriacus* sólo han sido detectadas en el valle del Leizarán, pero no en la vertiente del Urumea ni en las zonas altas de cresta. *Rhinolophus ferrumequinum*, *Pipistrellus pipistrellus* y *Pipistrellus kuhli* parecen ser abundantes en la región, sobre ambas vertientes (Leizarán y Urumea), pero sólo la especie *P.pipistrellus* ha sido hallada en la cresta de Mandoegi, donde fueron detectados ejemplares aislados, mientras que en los fondos de valle es mucho más abundante y frecuente.

De las citadas especies sólo *R.ferrumequinum* es de hábitos marcadamente cavernícolas, mientras que las otras especies son predominantemente antropófilas, fisurícolas o silvícolas, pero de valencia ecológica amplia. Esto parece estar correlacionado con la ausencia de karsts en el área. Las colonias en refugios subterráneos más próximas a la región corresponden a la de la Mina-cueva de Anoeta (en Ernio), de *R.ferrumequinum*, y a la desaparecida colonia mixta de cría de *R.ferrumequinum* y *M.bechsteini* de las minas de Tolarea (en Leiza). Lo que no implica que no puedan existir colonias en otros refugios (minas o edificaciones) que permanezcan sin detectar. Particularmente las dos especies de *Pipistrellus*, y tal vez *Plecotus austriacus*, pueden tener refugios en edificaciones de pueblos y zonas rurales de la comarca. Ninguna de las especies citadas es migratoria, tratándose de especies relativamente sedentarias y con preferencias por zonas bajas. Las prospecciones efectuadas y los datos reunidos sugieren que sólo *P.pipistrellus* es susceptible de verse afectada por aerogeneradores. Esta especie es probablemente la más abundante y está ampliamente distribuida en la CAV y Navarra, tratándose de una especie no amenazada.

## 5. ASPECTOS BIOLÓGICOS EN RELACION AL IMPACTO DE AEROGENERADORES.

El tipo de impacto de las estructuras del Parque Eólico de Mandoegi sobre los quirópteros de la región, consiste básicamente en que éstos pueden chocar accidentalmente con las aspas en movimiento de los aerogeneradores y resultar de ello cierto grado de mortalidad. En segundo lugar, también puede pensarse en la afección que pudiera representar la línea de aerogeneradores como barrera para el flujo migratorio y/o desplazamientos locales de los quirópteros entre sus áreas de alimentación, campeo, refugios de reproducción y descanso.

En todo caso ambos aspectos están estrechamente relacionados con la biología de los organismos y sus capacidades de detección y evitabilidad de obstáculos, lo que a su vez se relaciona con sus capacidades de orientación, reconocimiento, detección, tipo de vuelo, uso del espacio y ecología de las especies presentes. Aspectos que serán tratados a continuación.

### 5.1. Ecolocalización en quirópteros.

Es importante destacar que a diferencia de las aves, las cuales observan y discriminan obstáculos a través de la visión, los mecanismos de orientación y detección en quirópteros se basan esencialmente en la emisión y recepción de ultrasonidos, lo que se ha dado en llamar mecanismo o sentido de ecolocalización, cuyo funcionamiento y capacidad de discriminación es muy alto y distinto en muchísimos aspectos a la visión de las aves.

El hombre y la inmensa mayoría de los mamíferos y aves se orientan con los ojos, a través de la visión, lo que les permite conocer el ambiente y retenerlo en forma de imágenes. En cambio, los murciélagos obtienen por ecolocalización una representación auditiva de su entorno. Los murciélagos emiten sonidos audibles por el hombre (frecuencia inferior a 20 kHz) y ultrasonidos que el ser humano es incapaz de percibir (sistema de ecolocalización, de frecuencia entre 20 y 215 kHz). Los murciélagos registran auditivamente los ambientes que los rodean, los salientes de roca a los cuales se agarran y también las presas que se cruzan en su trayectoria. Estas sensaciones son registradas por su cerebro y almacenadas en su memoria, tal como nosotros hacemos con la información obtenida a través de la visión, y pueden así evitar choques y golpes contra los obstáculos que se presentan en un medio que ellos conocen casi hasta en sus más mínimos detalles. Los murciélagos de hábitos cavernícolas, además de desenvolverse en la oscuridad de las horas nocturnas como otros murciélagos, se orientan a la perfección en oscuridad total (= absoluta), como la que reina en las galerías subterráneas de simas y cavernas, por lo que su sistema de ecolocalización es aún más sensible en su forma de emitir señales y recibir los ecos.

Los murciélagos, como otros animales nocturnos, están dotados también de visión. Los animales nocturnos nunca se desenvuelven en un medio absolutamente oscuro, y sus ojos poseen una extrema sensibilidad para la iluminación de baja intensidad; esta capacidad de los animales nocturnos es llamada visión escotópica y es igualmente precisa. Pero la orientación en oscuridad absoluta, como en el interior de cuevas, minas y edificaciones cerradas, es un caso completamente diferente, donde no interviene la visión sino el sentido de ecolocalización. Diversas investigaciones han mostrado que las características de la ecolocalización varían de unas especies a otras y varían en función de la actividad que desarrolla el murciélago, pudiendo decirse que existen varios sistemas de ecolocalización, de mucha mayor complejidad que lo inicialmente estimado.

El sistema de ecolocalización en su forma elemental fue descubierto por GRIFFIN (1938), pero no será hasta 1961 en que Pye explica satisfactoriamente el fenómeno basándose en el efecto Doppler. En efecto, antes de esa fecha se pensaba que el mecanismo de ecolocalización era parecido a un Radar o Sonar y que funcionaba por estimación del intervalo de separación entre la emisión del ultrasonido y la recepción del eco. Pero fallaba para explicar la interferencia de ruidos externos o de ultrasonidos producidos por otros murciélagos. Además, en la localización de muy pequeños objetos a corta distancia, existe una superposición parcial o solape entre el sonido emitido y el eco. PYE (1961) mostró que intervenía el efecto Doppler, es decir, la diferencia de frecuencia entre la onda emitida y la recibida. Esta diferencia de frecuencia es llamada nota "beat". Los murciélagos no perciben el ultrasonido emitido, ni su eco, sino sólo la nota beat, lo cual excluye los problemas de interferencia.

Los murciélagos emiten ultrasonidos consistentes en vibraciones cuya frecuencia oscila entre 30.000 y 100.000 ciclos por segundo (en algunas especies hasta 200.000 ciclos/sg). Las emisiones son muy cortas (de 1-5 milisegundos) y están separadas por intervalos. El número de emisiones es variable, a la vez que el animal puede aumentar o disminuir la frecuencia. En reposo un murciélago emite 5-10 ultrasonidos por segundo; en vuelo 20-30; y cuando se aproxima a un objeto 40-60 o incluso hasta 100 por segundo. Para la captura de presas muy pequeñas, como insectos, los cuales son detectados a corta distancia (20 a 130 cm), el murciélago emite un zumbido continuo constituido por continuas emisiones separadas por intervalos de sólo 4 milisegundos. Muchos murciélagos localizan a los insectos por el sonido producido por el vuelo de estos últimos. Esto indica que los murciélagos pueden variar y varían su capacidad de detección y discriminación según la actividad que realizan o las circunstancias en que se encuentran, con extraordinaria fiabilidad y precisión. Los biólogos-espeleólogos han documentado infinidad de casos del encuentro con colonias de murciélagos en cuevas que, lanzadas al vuelo en el espacio confinado de pequeñas galerías, las recorren sin chocar entre ellos ni con los espeleólogos. En cuevas tropicales, que albergan colonias de miles a millones de individuos, auténticos "chorros" o "enjambres" de miles de quirópteros son capaces de desplazarse a gran velocidad evitando todos los obstáculos que encuentran en su recorrido.

Las diferencias en la frecuencia de las emisiones de ultrasonidos varían de unas especies a otras, y puede decirse que cada especie de murciélago tiene un sonograma (= espectrograma de sonido) característico, dentro del cual existen variaciones en función de la actividad que están realizando (AHLEN, 1981; GAISLER, 1979). Detalles sobre los sistemas de ecolocalización utilizados por los murciélagos europeos existentes en el País Vasco han sido expuestos en GALAN (1997, 2006), por lo que no los repetiremos aquí. Sólo destacaremos que estos sistemas están además asociados a un enorme desarrollo de las bulas timpánicas y de los centros auditivos del cerebro.

La emisión de ultrasonidos se incrementa a medida que un murciélago se aproxima a un obstáculo o a una presa. Cuando el tren de ondas encuentra un obstáculo inmóvil, el eco deviene bajo la forma de un sonido puro; por el contrario, si se trata de un objeto móvil, como una presa en vuelo, el eco es modulado según la frecuencia del batido de las alas. Los murciélagos insectívoros saben de manera precisa no sólo de dónde viene un eco, sino también perciben las asperezas de la superficie de los obstáculos y sus características. Un ejemplo simple puede ilustrar esto: si uno lanza un guijarro delante de un murciélago que vuela sobre el jardín, él describirá un giro para dirigirse en su dirección pero, reconociendo que no se trata de una presa sino de un objeto inerte, de inmediato dará media vuelta alejándose sin tratar de atraparlo (SCHOBER & GRIMMBERGER, 1991). Las performances de los murciélagos son variables de una a otra especie. Así p.ej. los *Rhinolophus* perciben hilos delgados de hasta 0,08 a 0,05 mm de diámetro, mientras que vespertilionidos como los *Plecotus* y *Myotis* detectan hilos de hasta 0,2 mm de diámetro. De modo parecido las distancias de detección son variables de unas especies a otras (GALAN, 2006). Los murciélagos también poseen un sistema muy preciso de orientación y navegación, lo que les permite regresar a sus refugios de descanso incluso si el murciélago se encuentra en un lugar desconocido a gran distancia. Numerosas experiencias de captura, anillado y suelta de ejemplares, incluidas las realizadas por la Sociedad de Ciencias Aranzadi en el País Vasco en los años 1960's, han permitido constatar que ejemplares transportados a 50-60 km de su refugio habitual eran capaces de regresar sin el menor contratiempo en pocas horas.

Además de la ecolocalización, los quirópteros disponen de todos los otros sentidos que poseen los mamíferos. Aunque sus ojos son en general de tamaño reducido son muy sensibles a intensidades luminosas bajas en horas nocturnas. Ellos perciben las diferencias de luminosidad y de forma, aunque mucho menos los colores. El olfato y el gusto están bien desarrollados; así el olor juega un gran papel para el reconocimiento entre la madre y sus hijos, entre individuos y entre diferentes especies; sirve para encontrar presas y para reconocer insectos nauseabundos y evitar su ingestión. Los murciélagos perciben también sutiles diferencias de temperatura, lo que tiene gran importancia en la elección de los lugares de descanso e hibernación. En fin, los pelos situados en la cara y en las patas les transmiten sensaciones táctiles, por lo que perciben extraordinariamente bien las corrientes de aire, y ello les ayuda tanto en la búsqueda de abrigos como en la detección de objetos en movimiento.

## **5.2. Características del vuelo en quirópteros. Evitabilidad de obstáculos.**

Los quirópteros son los únicos mamíferos voladores. Las membranas o patagios que se extienden entre sus manos, brazos, lados del cuerpo, patas y cola, son extensiones de piel elásticas y delgadas. Y consisten en dos capas de piel sin músculo entre ellas y con sólo una pequeña cantidad de tejido conjuntivo, en el cual se localizan los vasos sanguíneos y nervios. Las membranas de las alas son soportadas por dedos muy elongados a partir del antebrazo. El tercer dedo es usualmente tan largo como la longitud de cabeza y cuerpo más las patas. En general no sólo el antebrazo es largo, sino que son extraordinariamente largos los metacarpianos de los dedos 2 a 5, por lo que podría decirse que los murciélagos vuelan sobretodo con las manos. La rodilla está dirigida hacia fuera y hacia atrás, como resultado de la rotación de la pata para el soporte de la membrana del ala. Un espolón cartilaginoso, el lóbulo post-calcáneo, se prolonga desde el lado interno del tobillo para expandir la membrana de la cola (NOWAK, 1991). El pulgar es corto, con uña en forma de gancho, y frecuentemente es usado para agarrarse a superficies cuando el murciélago se posa. Con la excepción del pulgar, todos los otros dedos ayudan a dar extensión al ala, en forma parecida a las varillas de un paraguas. Puede entenderse que este diseño de "ala", carente de plumas, es muy diferente al ala de las aves, aunque sirve para igual finalidad: el vuelo.

Los huesos largos son ligeros, delgados y tubulares. Varias estructuras imparten soporte al brazo, por lo cual éste puede ser usado como un ala. Por ejemplo, algunas de las juntas intervertebrales están fusionadas y las costillas son aplanadas. La cintura escapular está mucho más desarrollada que la cintura pélvica y es mantenida firmemente anclada por clavículas muy desarrolladas, las cuales alcanzan hasta el esternón. El esternón, de gran desarrollo, posee usualmente una fuerte quilla central, para el ataque de la poderosa musculatura pectoral, usada en el movimiento de remo de las alas.

La posición normal de los murciélagos en descanso es colgados cabeza abajo (para ello disponen de un sistema de tendones que bloquea automáticamente el agarre de las uñas de sus pies bajo su propio peso e impide que se suelten cuando duermen o incluso muertos), aunque algunos pocos descansan sobre superficies horizontales en grietas y otros sitios. Cuando un murciélago está colgando cabeza abajo en una posición elevada, le resulta muy fácil tomar vuelo: simplemente dejándose caer y extendiendo sus alas. Pero los murciélagos tampoco tienen dificultad para alzar el vuelo cuando están descansando sobre una superficie o han aterrizado sobre el agua; les basta aletear, usando ambos brazos y patas, para elevarse sobre la superficie y proseguir volando. Igualmente son capaces de desplazarse a pequeños saltos, reptar, escalar, recular y nadar.

Considerando su estructura, no es sorprendente que los murciélagos vuelen con sus patas así como con sus alas; se podría decir que, más que volar, ellos “nadan” a través del aire. En este sentido su vuelo es diferente al de las aves. Las fotografías y películas de murciélagos en vuelo muestran que sus patas trabajan al unísono con las alas, tal como hace un nadador que avanza usando sus piernas y brazos simultáneamente. Esto otorga a su vuelo una gran versatilidad y maniobrabilidad en distancias cortas.

Los murciélagos insectívoros pueden capturar insectos que vuelan entre el follaje del bosque e incluso capturar presas sobre el suelo. También suelen beber volando, pasando a ras del agua repetidas veces. Probablemente la mayoría de los murciélagos tienen mayores requerimientos de agua y alimentos hidratados que otros mamíferos de peso similar, tanto por el gasto energético representado por el vuelo como por poseer alas con grandes superficies de evaporación, en comparación con su peso. Los murciélagos pueden capturar directamente insectos en vuelo, pero en el caso de insectos muy veloces pueden usar también las membranas de la cola y de las alas para impedir que escape su presa. Cuando un murciélago tiene un insecto en su boca pero no está firmemente sujeto, el murciélago expande sus patas hacia fuera y hacia delante, formando un bolsón con la membrana de la cola, mientras dobla la cabeza dentro de la bolsa para capturarlo firmemente. Así, mantiene al insecto confinado mientras manipula para acercarlo a su boca y hacer presa en él. Pueden dar auténticas volteretas en el aire, para restablecerse con igual velocidad una vez capturada la presa. Esto hace de ellos auténticos acróbatas.

Esta versatilidad difiere considerablemente de la del vuelo de las aves. En comparación a las aves, el vuelo de los murciélagos da la impresión de ser algo torpe, pero esto se debe a las maniobras que realizan, ya que su vuelo puede ser igualmente potente y sostenido, desarrollando velocidades de 50-70 km/h (hasta 105 km/h en algunas especies del género *Tadarida*) y efectuando desplazamientos migratorios de más de mil kilómetros (para algunos *Nyctalus* y *Pipistrellus* han sido documentados desplazamientos de 1.600 a 1.750 km) (GRIMMBERGER & BORK, 1978; HEISE & SCHMIDT, 1979).

Algunas aves como los colibríes (Trochilidae) son capaces de vuelo estacionario y de infinidad de rápidas maniobras, pero esto es también común entre los murciélagos, existiendo especies como p.ej. los orejudos (género *Plecotus*) que se mantienen en vuelo estacionario y realizan maniobras tan versátiles como las citadas. En general las especies de murciélagos de alas cortas y anchas, y también las especies de pequeña talla, tienen más maniobrabilidad, sobre todo en espacios restringidos. Esto también es común entre especies cavernícolas y especies que cazan en la frondosidad de los bosques, donde pueden perseguir insectos en vuelo y capturarlos tanto en vuelo como posados entre el follaje. Esta habilidad de maniobra en el vuelo entre ramas o entre anfractuosidades de pequeñas galerías de cavernas hablan por sí solas tanto de la capacidad de maniobra en vuelo de los murciélagos como de la sensibilidad de sus sistemas de ecolocalización, ambos estrechamente coordinados.

Los desarrollados sistemas de ecolocalización y los tipos de vuelo que presentan los quirópteros, a diferencia de las aves, hacen de ellos organismos perfectamente capaces de detectar y evitar choques y accidentes contra estructuras de la magnitud, dimensiones y características de los aerogeneradores proyectados para el parque eólico de Mandoegi. Otros caracteres, tales como su memoria auditiva, alimentación, uso del habitat y del espacio aéreo, contribuyen también a soportar la afirmación de que el impacto ambiental de los aerogeneradores sobre poblaciones de quirópteros es nulo en la práctica. La tesis opuesta, de presuponer un efecto adverso, no deja de ser una hipótesis especulativa, sin sustento teórico y sin evidencia documentada. En la extensa bibliografía existente a nivel mundial no hay casos reportados que permitan considerar a los aerogeneradores como un factor de amenaza sobre quirópteros. En otro apartado trataremos con mayor detalle y extensión este aspecto, que es un elemento crucial para identificar amenazas y recomendar planes de gestión con respecto a este grupo de seres vivos.

### **5.3. Uso del habitat: refugios, alimentación, ciclo de vida, desplazamientos.**

Todos los quirópteros europeos tienen necesidad de abrigo que les proteja de la intemperie (frío, lluvia, viento) o de los predadores. No siendo constructores de nidos, ellos deben encontrar refugio en cuevas, minas, agujeros de árboles, grietas de las rocas y edificaciones humanas como buhardillas, techos, grietas en muros y bajo puentes, etc. Según su papel se puede distinguir entre refugios de invierno (lugares de hibernación), refugios regulares u ocasionales de descanso diurno, y refugios donde se concentran para fases reproductoras (maternidades y lugares de acoplamiento). Generalmente los murciélagos tienen una fecundidad retardada, es decir, el apareamiento ocurre en el otoño (o incluso una vez alcanzados los refugios de invierno), el esperma es retenido en el tracto reproductivo de las hembras durante el invierno, la ovulación ocurre en primavera y los partos y cría de los jóvenes a finales de primavera y/o comienzos del verano (HILL & SMITH, 1984; NOWAK, 1991).

Generalmente los murciélagos tienen una sólo cría por año y su longevidad suele ser elevada, alcanzando 15-30 años (una cifra muy alta para tratarse de pequeños mamíferos). Muchas especies son sedentarias o realizan desplazamientos cortos entre los lugares de reproducción, hibernación y colonias de maternidad. Igualmente son mamíferos bastante gregarios, y acostumbran concentrarse en colonias sobre todo para la reproducción y maternidad. Algunas especies (como p.ej. *Miniopterus schreibersii* o las del género *Nyctalus*) realizan desplazamientos mayores a lo largo del ciclo anual, migrando desde sus áreas de verano a otras de invierno, donde el alimento esté disponible. En la región de estudio de Mandoegi no están presentes especies migratorias. Las especies presentes son sedentarias e hibernan cuando las temperaturas son bajas y los insectos entran en diapausa (GALAN, 1993, 1997, 2006). Igualmente predominan especies no-cavernícolas y poco gregarias. Lo más común en la región de Mandoegi (e incluso en las zonas kársticas más próximas) es encontrar individuos

solitarios y pequeñas agrupaciones, sobre todo durante las fases gregarias del período reproductor, pero no son frecuentes grandes colonias. En cuevas y minas relativamente cercanas a la región de estudio, han sido reportadas sólo dos agrupaciones de hasta 60-80 individuos: la colonia de cría mixta que existió en Tolarea (Leiza) de *Myotis bechsteinii* y *Rhinolophus ferrumequinum* y la colonia de la Mina-cueva de Anoeta (Tolosa) de *R. ferrumequinum* (GALAN, 1997, 2006; GALAN et al., 2004). Pero no son conocidas en la región (ni en la CAV o Navarra) grandes colonias, de miles de ejemplares, como es común en otros países y sobre todo en las zonas tropicales del globo. Probablemente contribuye a ello el hecho de que el país posee extensas zonas de karst con cuevas y simas, más infinidad de grietas en rocas, edificaciones, ruinas, y agujeros en árboles en zonas boscosas. Las grandes colonias que son comunes en países con pocas cuevas o pocos refugios faltan en el país, propiciando una mayor dispersión de los efectivos y rotación de los lugares de descanso y refugio.

Los murciélagos suelen tener un terreno de caza donde la situación y las dimensiones varían según la especie, la estación y la abundancia de alimento. Todas las especies presentes en el país son insectívoras y se alimentan preferentemente de lepidópteros, coleópteros y dípteros, pero también de libélulas, grillos, saltamontes, friganas, y arañas. Su consumo de insectos es muy elevado y alcanza por día hasta el 30-38% de su peso corporal (unos 10 gramos de insectos para un murciélago de 30 gramos aproximados de peso, diariamente). P.ej. un solo ejemplar de *Myotis* puede dar caza a 60.000 mosquitos durante los meses de verano (SCHOBER & GRIMMBERGER, 1991).

Por sus requerimientos energéticos los quirópteros tienen necesidad de beber agua con frecuencia. Antes de la caza propiamente dicha, los murciélagos visitan los estanques, arroyos y cursos de agua para beber. Y a lo largo de su actividad nocturna acuden repetidas veces a tomar agua, por lo que frecuentan zonas bajas y húmedas, donde a la vez son muy abundantes los insectos.

Los terrenos de caza de los murciélagos no suelen ser muy extensos; lo habitual es que abarquen desde menos de una hasta unas pocas hectáreas. En bosques se ha constatado p.ej. que *Myotis mystacinus* cubre un área de 240 m<sup>2</sup> y otras especies de *Myotis* 420 m<sup>2</sup>. En el interior de este espacio los murciélagos siguen generalmente itinerarios fijos y los recorren hasta capturar todos los insectos que encuentran, tras lo cual cambian de itinerario. Muchos individuos pueden cazar unos al lado de otros si hay una concentración local de insectos. Los terrenos de caza varían según la riqueza en presas y la preferencia de las especies. Los quirópteros forestales (como *Plecotus austriacus*) cazan a escasa altura en los claros, entre los árboles, a nivel de las frondas, sobre helechales y praderas de gramíneas próximas al ecotono. Algunos vespertiliónidos silvícolas cazan de preferencia sobre las copas de los árboles grandes, sobre todo de los que están en floración o con frutos que atraen insectos, y sobre la superficie abierta de lagos y estanques. *Myotis emarginatus* y otras especies de vespertiliónidos capturan los numerosos insectos que viven a orillas de los ríos y arroyos y los sobrevuelan a débil altura. En el curso de la caza, los murciélagos siguen frecuentemente los arroyos y ríos a lo largo del fondo de los valles, donde aprovechan para beber. Las especies antropófilas cazan sobre todo en las aglomeraciones urbanas, granjas, jardines, por encima de los depósitos de basura, caminos y con gran regularidad en torno a las lámparas de los postes de luz que atraen lepidópteros nocturnos y múltiples insectos. Varias especies, tal como *Pipistrellus pipistrellus* y *Pipistrellus kuhli* encuentran qué comer incluso en el centro de ciudades y pueblos. Los *Rhinolophus* pueden cazar tanto sobre terrenos agrícolas como en bosques y ciudades. Todas las características del habitat que constituyen biotopos atractivos para la proliferación de insectos son utilizadas por las diversas especies. Puede decirse en general que los quirópteros realizan sus actividades de campeo y caza a muy baja altura, a menudo en estrecho contacto con las superficies topográficas que revisan.

Desde este punto de vista, y en relación con los aerogeneradores de Mandoegi, cabe decir que las cimas de crestas y montañas, sobre todo de aquellas deforestadas y ventosas, como las preferidas precisamente por ello para obtener energía eólica, son un medio extraordinariamente pobre en insectos voladores nocturnos, que los quirópteros no es que eviten pero sí que resulta uno de los biotopos menos atractivo por la escasez de insectos y la presencia de corrientes de aire fuerte. También se puede decir que el vuelo a gran altura sólo es utilizado por los quirópteros para grandes desplazamientos y por especies como *Miniopterus* en fase migratoria. En este caso rebasan los obtáculos topográficos a considerable altura (cientos de metros sobre el suelo).

Su capacidad de detección, maniobrabilidad en vuelo, detallada memoria de accidentes topográficos y características de uso del espacio durante sus actividades de campeo y alimentación, hacen que los quirópteros puedan detectar (y evitar) con gran facilidad estructuras como los aerogeneradores, y una vez constatada su presencia en un área, dado que están sobre puntos fijos, hacen muy improbable su impacto accidental por quirópteros.

#### 5.4. Mortalidad natural en Quirópteros.

Se puede decir que los quirópteros tienen muy escasos enemigos que puedan preñar sobre ellos. En zona tropical algunas especies de reptiles y mamíferos nocturnos pueden darles caza en sus refugios de descanso, pero sólo de modo eventual. En zona templada, como el País Vasco, los predadores de quirópteros de este tipo faltan y puede decirse que sólo algunas rapaces nocturnas preñan ocasionalmente sobre quirópteros. Entre sus predadores se ha constatado la captura de quirópteros por la lechuga común (*Tyto alba*) y en menor grado por cárabos (*Strix aluco*). Eventualmente otras rapaces nocturnas, algunos halcones, martas e incluso el gato común, pueden llegar a dar caza a algún murciélago.



Tanto la lechuza como el cárabo son abundantes en el País Vasco y norte de Navarra; de hecho ambas especies son las rapaces nocturnas más comunes y mejor repartidas. P.ej. en Bizkaia han sido detectados 407 territorios de lechuza común y 1.704 territorios de cárabo común, correspondiendo la mayor parte de los territorios a una pareja y una proporción menor a individuos desparejados (ZUBEROGOITIA, 2002). La dieta de lechuzas y cárabos incluye básicamente micromamíferos, pero también puede incluir, en una proporción muy baja, a quirópteros (NORES, 1979-80; SPEAKMAN, 1991).

Una revisión de GONZALEZ OREJA (1995-96) indica que de las dietas analizadas de la lechuza común en la península ibérica, correspondientes a 637 individuos estudiados, la contribución numérica relativa de los quirópteros a la dieta de las lechuzas es muy baja: 0,29 % del total de presas. Se señala la captura de hasta 11 especies distintas de quirópteros, siendo las más abundantes las de *Pipistrellus pipistrellus*, *Myotis myotis* y *Eptesicus serotinus*. Otras especies capturadas por lechuzas y cárabos comprenden *Rhinolophus*, *Myotis*, *Pipistrellus*, *Eptesicus*, *Plecotus* y *Miniopterus*. El valor máximo obtenido en una localidad muestra que una lechuza puede llegar a capturar al año 294 presas constituidas por quirópteros, pero ésta es solo una fracción (menor al 1%) del total de presas de micromamíferos, por lo que los quirópteros son considerados en la categoría ecológica de presas suplementarias, pero no una parte esencial de la dieta de rapaces nocturnas. La captura de murciélagos por lechuzas y cárabos es así poco importante en términos de nutrición del predador, aunque puede incidir localmente en las poblaciones de quirópteros (PAZ, 1984). RUPRECHT (1979) sugiere que la frecuencia de aparición de los quirópteros como presas de la lechuza refleja el grado de encuentro o contacto entre ambos. Lo que le induce a pensar que la captura de quirópteros no evidencia ninguna especialización, sino hábitos generalistas de las rapaces nocturnas.

Cabe destacar que en la región en torno al P.E. de Mandoegi tanto la lechuza como el cárabo tienen varios territorios. La lechuza común (*Tyto alba*) está representada en prácticamente todas las cuadrículas UTM de 10 km de lado de la CAV (82 cuadrículas). ALVAREZ et al. (1985) la señalan para la región de estudio en la cuadrícula WN 87, donde es sedentaria y cría. El cárabo (*Strix aluco*) es aún más abundante en la zona atlántica de la CAV y ha sido encontrado en 54 cuadrículas UTM. También es una especie sedentaria que cría en la región donde se encuentra. Para el área de estudio ha sido reportado de las cuadrículas WN 88 y WN 87 (ALVAREZ et al., 1985). Aunque no existe para la región un estudio detallado, como el efectuado por ZUBEROGOITIA (2002) para Bizkaia, puede suponerse que la densidad de parejas de lechuza y cárabo es similar en la región a la del promedio obtenido para Bizkaia, ya que ambas regiones están en zona atlántica. Este promedio es de unas 20 parejas de lechuza y 85 de cárabo por cada cuadrícula de 100 km<sup>2</sup>.

El impacto total de la predación de rapaces nocturnas sobre los quirópteros de la región puede en consecuencia representar un valor en términos numéricos de cierto significado, aunque la supervivencia de los quirópteros no se vea amenazada. Es interesante destacar que una simple pareja de lechuzas en el área puede suponer un impacto comparativo 100 veces mayor que el representado por los aerogeneradores del parque eólico. Este aspecto, de datos comparados, será desarrollado con mayor extensión en otro apartado.

Otra causa, tal vez la más común, de mortalidad natural en quirópteros lo representa los bruscos cambios de tiempo. Aunque los quirópteros de zona templada escapan al período invernal desfavorable recurriendo al mecanismo de hibernación, los cambios climáticos bruscos representados por frentes fríos, fuertes lluvias o sequías, afectan a sus poblaciones, y pueden llegar a producir algunos años altas mortalidades en ejemplares juveniles, que recién vuelan, a comienzos de verano. En el norte de Europa y zonas elevadas de montaña, eventos de este tipo pueden matar por frío o deshidratación a infinidad de ejemplares jóvenes y también a adultos débiles o enfermos. Las tormentas o la aparición de un mal tiempo persistente disminuye el número de presas disponible y puede agotar parcialmente las reservas corporales de los ejemplares más débiles. El mal tiempo puede llegar a producir localmente una mortalidad elevada de adultos al final del período de hibernación y de jóvenes cuando la primavera o el verano resultan muy fríos y lluviosos (SCHOBER & GRIMMBERGER, 1991). Enfermedades y parásitos, aunque poco frecuentes, son otra de las causas naturales de mortalidad en quirópteros (RYBERG, 1947). Aunque ejemplos de estos hechos han sido constatados repetidas veces, no existen datos cuantitativos que permitan tener un cuadro claro sobre su incidencia en la demografía de las poblaciones. Lo que sí es claro es que su tasa de natalidad es muy débil si se la compara con la de otros mamíferos de similar tamaño (una cría al año versus 90 crías al año para un ratón común *Mus musculus*), aspecto éste en parte compensado por una gran longevidad y por una madurez sexual tardía. Por ello, la recuperación de poblaciones tras un evento de alta mortalidad es un proceso lento que afecta a la abundancia numérica y supervivencia de las especies de quirópteros (MOHR, 1972; ELLIOTT, 1998; STEBBINGS & GRIFFITH, 1986).

### **5.5. Impacto humano sobre Quirópteros y Factores de amenaza.**

El mayor impacto sobre quirópteros reside ampliamente en las actividades humanas. Entre las causas de amenaza y declinación más comunes registradas en Europa y Norteamérica destacan, en orden decreciente, las siguientes: (1) Reducción o destrucción de los recursos alimentarios por el empleo de insecticidas, plaguicidas y pesticidas; envenenamiento directo de los murciélagos por insectos intoxicados por productos químicos pero todavía vivos; envenenamiento con efecto indirecto (subletal) que aunque no causa mortalidad directa produce pérdida de fertilidad o inviabilidad de los embriones, con la consiguiente reducción de la tasa de natalidad. (2) Uniformización de los paisajes con eliminación de la vegetación autóctona (deforestación, eliminación de bosques naturales y arbustales, plantaciones de coníferas exóticas, etc.). (3) Destrucción de

refugios (demolición de ruinas; eliminación de viejos edificios; cierre hermético de graneros, minas y cuevas; tala de árboles viejos con huecos apropiados para quirópteros; reparación de puentes y muros; etc.). (4) Empleo en edificaciones de productos de impregnación para el tratamiento de xilófagos, carcomas y hongos de las maderas (muy tóxicos para animales homeotermos). (5) Destrucción intencionada por el hombre o molestia en los lugares de refugio de colonias de reproducción y/o maternidad por visitas humanas continuadas o por simple vandalismo.

La información mejor documentada sobre factores de amenaza en la península ibérica alude casi exclusivamente a problemas relacionados con refugios cavernícolas y con construcciones humanas (GONZALEZ ALVAREZ, 1991; PALMEIRIM & RODRIGUES, 1991). PAZ et al. (1990) indican que la incidencia directa sobre refugios es muy alta en regiones de Castilla, León y algunas regiones mediterráneas, donde la disponibilidad de refugios es muy baja, mientras que en las regiones atlánticas y otras con mayor densidad de refugios para especies cavernícolas su incidencia es mucho menor. Sin embargo, el uso de insecticidas y plaguicidas parece ser el factor que más ha incidido en el declive generalizado de poblaciones de murciélagos en Norteamérica y Europa (BENZAL & PAZ, 1991; CLARK, 1988; ELLIOTT, 1998; HORACEK, 1984; JEFFERIES, 1972; MOHR, 1972; STEBBINGS, 1988; TUTTLE, 1979).

Para el País Vasco, donde existe un gran número de cavernas (un alto porcentaje de ellas simas verticales poco accesibles), zonas boscosas y refugios de todo tipo, la incidencia de los insecticidas y pesticidas parece ser predominante y ha sido correlacionada con el declive generalizado de los mayores grupos de insectos (lepidópteros, coleópteros y dípteros) (GALAN, 1997).

GUILLEN et al. (1991) ofrecen una amplia recopilación de los efectos de los biocidas sobre las poblaciones de quirópteros, tanto del efecto directo de compuestos organoclorados, organofosforados y carbamatos, como de su efecto indirecto sobre la fertilidad, depresión de la disponibilidad de presas, y acción de inhibidores antiqunitizantes. En un estudio sobre la incidencia de los biocidas en *Rhinolophus ferrumequinum*, *Pipistrellus pipistrellus* y *Miniopterus schreibersi*, estos autores hallaron que de 15 biocidas analizados tan sólo dos no se encontraron en ninguna muestra; que la frecuencia de aparición de biocidas en quirópteros es relativamente alta (de los 13 biocidas detectados, 11 aparecieron en más del 30 % de las muestras y 6 en más del 70 %), aunque las concentraciones son, en general, bajas (subletales). Por la afinidad de su estructura química predominan el DDT y sus metabolitos, seguidos de BPC (bifenilos policlorados), lindano y sus metabolitos, y aldrín, heptacloro y sus metabolitos. Las zonas con aprovechamientos agrícolas tienen mayores niveles de contaminación de productos fitosanitarios que las forestales. De las tres especies, *M.schreibersi* tiene los contenidos más elevados de productos fitosanitarios. Se atribuye esto a que dado el carácter migratorio de esta especie hace que tenga acceso a áreas distantes que deben haber recibido tratamientos más importantes. En el caso de los BPC los niveles de esta especie son muy similares a los de *P.pipistrellus*, que es un murciélago antropófilo y, por tanto, de fácil acceso a estos productos.

Los compuestos organofosforados aumentaron su uso en el Estado español y ya para 1987 se empleaban más de 121 mil toneladas/año. Su toxicidad para vertebrados es muy variable pero a menudo resultan más tóxicos que los organoclorados. La tolerancia de los murciélagos a estos pesticidas es un tema complejo y a menudo su toxicidad se presenta bajo la forma de efectos subletales y crónicos, particularmente decreciendo el éxito reproductor.

Otros compuestos pertenecientes al grupo de las benzoiloureas se utilizan como inhibidores del crecimiento de insectos o antiqunitizantes. El más conocido de ellos es el diflubenzurón, ampliamente utilizado en tratamientos de pinares atacados por procesionaria (*Thaumetopoea pityocampa*). Aunque resulta muy eficaz para el control de la plaga, tiene un amplio efecto sobre las orugas de muchas otras mariposas. SORIA et al. (1988) estudiaron su efecto sobre *Graellsia isabellae*, especie incluida en el libro rojo de los lepidópteros ibéricos. En un primer experimento hallan que 250 orugas alimentadas con acículas de los pinos tratados mueren antes de los 10 días. Con igual alimento pero procedente de una zona tratada dos años antes, mueren 248 (el 99,2 %) en un plazo inferior al mes y medio. En el control con dieta no tratada la mortalidad es del 41,2 %, que se considera normal. En un segundo experimento, en semilibertad, el 100 % de las orugas que se alimentan de pinos tratados dos años antes mueren antes de llegar a crisálidas, mientras que en el control el 30 % de ellas llega a crisálida. Los autores concluyen que el efecto de estos biocidas es de gran magnitud sobre determinados grupos de insectos (sobre todo lepidópteros), de los cuales las especies-plaga son sólo una parte. Este efecto puede durar varios años, sin perder intensidad, dependiendo de la vida del follaje de la vegetación tratada (2 á 4 años en el caso de pinos). Y por último tiene comprobados efectos indirectos sobre poblaciones de vertebrados entomófagos, al disminuir la disponibilidad de presas.

Para el tratamiento de protección de estructuras de madera contra insectos xilófagos y hongos, se utilizan productos sobre todo a base de lindano, pentaclorofenol y hasta hace poco dieldrín, los cuales son altamente tóxicos para los murciélagos. No es necesario que los murciélagos se encuentren en el refugio cuando se hace la aplicación (VOUTE, 1981). El lindano y el pentaclorofenol pueden ser letales para *P.pipistrellus* incluso si el refugio es utilizado 14 meses después. La cuantificación de la mortalidad producida por este tipo de tratamiento es difícil de evaluar, porque las colonias en edificios a menudo pasan desapercibidas y los cadáveres sólo son visibles en raras ocasiones. En gran parte de Europa una importante fracción de las poblaciones de murciélagos utiliza edificaciones como refugio en alguna fase de su ciclo de vida. STEBBINGS & ARNOLD (1987) citan p.ej. un caso estudiado en Inglaterra: el tratamiento en 1953 de unos cobertizos donde se cobijaba una colonia de *Rhinolophus ferrumequinum* con lindano al 1 %. El número mínimo de murciélagos muertos después de la aplicación fue de 15.000 y en 1961 todavía seguían muriendo bastantes individuos. Aunque algunos siguen visitando el refugio, nunca han vuelto a criar allí. Este es sólo un ejemplo del efecto adverso de este tipo de biocidas sobre quirópteros.

A pesar de que la información disponible es fragmentaria, está fuera de toda duda que el amplio espectro de biocidas usados en el agro, en el tratamiento de plagas de masas forestales, y en el tratamiento de maderas, es la causa central de los declives experimentados por poblaciones de murciélagos en Europa y en el País Vasco.

Una o varias de las causas antes señaladas, actuando juntas, son las responsables de los declives experimentados por poblaciones de quirópteros. En algunas regiones europeas ha sido importante la destrucción de refugios. En el País Vasco, donde existen infinidad de zonas kársticas y cuevas e infinidad de refugios en zonas forestales y edificaciones antiguas, los biocidas ocupan el lugar principal, aunque también ha ocurrido alteración del habitat, sustitución de caducifolios por coníferas, la eliminación de árboles viejos con huecos apropiados para quirópteros y el disturbio en algunos refugios en cueva antes utilizados por colonias de quirópteros.

En adición, conviene subrayar que en la extensa bibliografía existente sobre factores de amenaza y conservación de quirópteros, tanto a nivel europeo como a nivel mundial, no se cita como amenaza o factor de riesgo el impacto de quirópteros sobre estructuras fijas o móviles (lo que no excluye la eventualidad de su ocurrencia). De hecho algunos informes inéditos recientes para evaluar el impacto de parques eólicos sobre aves, ofrecen algunas citas accidentales sobre quirópteros. Es también significativo que la propuesta de "Plan de acción de los Quirópteros en la CAPV" (AIHARTZA et al., 2002) ni tan siquiera menciona a los parques eólicos entre los factores de amenaza (ni entre las Amenazas generales para la región Paleártica, ni en la Lista de amenazas según su importancia en la CAPV). No obstante, como decimos, esto tampoco excluye que pudieran darse casos accidentales de impacto sobre móviles, como fue sugerido en el estudio sobre el parque eólico de Elgea (ONRUBIA et al., 2003).

Los móviles de mayor impacto sobre seres vivos, y ampliamente difundidos, comprenden aviones (sobre todo en la vecindad de aeropuertos y pistas de aterrizaje), automóviles (en carreteras y autopistas) y trenes (sobre todo los que circulan a gran velocidad). En todos los casos es conocido que ocurre cierto número de impactos sobre seres vivos, choques y aplastamientos, y que éstos incluyen tanto a invertebrados (sobre todo lepidópteros y dípteros) como a algunos grupos de vertebrados (aves, mamíferos, reptiles y anfibios). Es común encontrar sobre el pavimento de las carreteras pequeños mamíferos y anfibios aplastados por el paso de automóviles, el impacto de pequeñas aves e insectos contra los parabrisas o partes frontales de vehículos, o la necesidad de ahuyentar de las pistas de aterrizaje grupos de aves gregarias que impactan en las turbinas de aviones. Pero curiosamente no existen reportes documentados sobre afecciones a quirópteros. Ni es éste un factor de amenaza citado en materia de conservación de quirópteros.

El caso de aerogeneradores, comparativamente, representaría una fracción muchísimo menor que el impacto de carreteras, automóviles, trenes y aviones. Y en países como Estados Unidos, con una amplia aplicación de la tecnología de aerogeneradores, y con una documentada historia de afecciones sobre quirópteros, no hay bibliografía científica que haga referencia al impacto de aerogeneradores sobre quirópteros. Así, comparativamente, la teóricamente posible afección de los aerogeneradores sobre quirópteros es una fracción ínfima con respecto al impacto que pudieran tener carreteras, vehículos y aviones, y estos son a su vez una muy pequeña fracción con respecto a los factores de amenaza documentados (como el empleo de biocidas, alteración de habitats y destrucción de refugios) que inciden en la conservación de los quirópteros.

Cuando se habla de impacto medioambiental y conservación de la biodiversidad es importante tener en cuenta que la inclusión de especies en listados de especies amenazadas busca proteger a especies cuyas poblaciones han declinado numéricamente, han desaparecido de buena parte de su rango de distribución previa, o ambas cosas a la vez, estando por consiguiente amenazadas o en peligro de extinción. La categoría de especies vulnerables hace referencia a que de continuar actuando factores desfavorables colocarían a dichas especies en situación de amenaza. Pero digamos que en todos los casos considerados en los listados existe un conocimiento científicamente documentado de los factores de amenaza que inciden sobre las especies y de los declives experimentados por sus poblaciones (o al menos una aproximación a ello). Para proteger a las especies amenazadas hay que protegerlas de las causas reales que afectan a su supervivencia. Por consiguiente hay que entender los factores de amenaza y entender lo que representan en términos cuantitativos sobre la demografía de las poblaciones y la biología de las especies. Con ello queremos decir que la existencia en un área o región determinada de alguna especie listada en los catálogos de especies amenazadas, no implica que ésta puede ser afectada por cualquier impacto humano, sino que ésta lo será por los factores reales de amenaza que han producido las declinaciones constatadas.

En el caso de las poblaciones de quirópteros en Europa, la inclusión de la práctica totalidad de las especies de quirópteros en las distintas categorías de los catálogos, ha obedecido a la alarmante declinación numérica (documentada) que han experimentado sus poblaciones. En países como Inglaterra o Alemania algunas especies de quirópteros han visto reducido el número de sus efectivos en más del 95 %. Por ejemplo, *Rhinolophus ferrumequinum* fue considerada una especie amenazada en Europa en 1982, y en el mundo en 1986 (STEBBINGS & GRIFFITH, 1986). La especie ha declinado rápidamente por el uso de biocidas, por el disturbio de sus refugios en cuevas y edificaciones, vandalismo, modificación del habitat que ha resultado en la pérdida de grandes presas de insectos, y por el uso de insecticidas que son absorbidos por los murciélagos. En Inglaterra durante el pasado siglo sus números han caído sobre el 98 %, hasta existir hoy sólo 2.200 individuos (STEBBINGS, 1988; NOWAK, 1991). Problemas similares han ocurrido a *Rhinolophus hipposideros*, *R. euryale*, *R. blassi* y *R. mehelyi*, los cuales también son listados como especies en peligro en Europa por STEBBINGS & GRIFFITH (1986). Una lenta recuperación de *Rhinolophus euryale* ha ido siendo notada desde que algunos de los más peligrosos pesticidas eran prohibidos en los 1980's (BROSSET et al., 1988).

La situación de las especies de *Myotis* en Europa es también muy mala. *Myotis dasycneme* por ejemplo, ha declinado ahora a números de sólo 3.000 ejemplares en Europa Occidental y de menos de 7.000 en su entero rango de distribución. *Myotis myotis* ha sido casi exterminado en Gran Bretaña, los Países Bajos e Israel, y sus colonias se han visto reducidas en su entero rango. STEBBINGS & GRIFFITH (1986) listan a dichas especies, junto con *Myotis emarginatus* y *M.blythi*, en peligro. *M.bechsteini* como raro, y *M.nattereri*, *M.capaccini*, *M.mystacinus* y *M.brandti* como vulnerables. Los factores de amenaza incluyen la pérdida de refugios en bosques clareados, disturbio de las colonias de hibernación en cuevas y minas, deliberada exclusión de colonias de maternidad en castillos y catedrales, y contaminación. La más grande amenaza inmediata para estas especies en Europa reside en la fumigación y tratamiento químico de maderas en las construcciones que tradicionalmente utilizaban estas especies como lugar de descanso. Los compuestos químicos permanecen en la superficie de las maderas tratadas durante años, y son absorbidas a través de la piel y boca de los murciélagos, y eventualmente causan su muerte o fallos reproductivos (NOWAK, 1991).

Estos ejemplos muestran los casos de amenaza más comunes en la mayoría de géneros europeos de murciélagos y constatan una alarmante declinación global de sus efectivos poblacionales, en el conjunto europeo. Para ello se basan en la comparación de datos de abundancia y distribución obtenidos a lo largo de los años.

En el País Vasco y Navarra han sido escasos hasta 1990 los estudios sobre quirópteros. Para 1985, cuando es publicado el Atlas de los vertebrados continentales de Alava, Vizcaya y Guipúzcoa, queda sin estudiar el grupo de los quirópteros, aunque ya para entonces existían datos, sobre todo de cuevas, para un total de 11 especies (GALAN, 1970). GALAN (1993) y PEREZ DE ANA (1994, 1996) agregan algunas localidades adicionales. En 1996 se crea el Catálogo Vasco de Especies Amenazadas de la Fauna y Flora, Silvestre y Marina, en las que se incluyen las 11 especies citadas. GALAN (1997) amplía los datos a un total de 22 especies para el conjunto de la CAV. Posteriormente AIHARTZA (2001) y AIHARTZA et al. (2002) agregan nuevos datos para la CAV. Trabajos adicionales (AIHARTZA & GARIN, 2002; GALAN et al., 2004) aportan más datos para los géneros *Pipistrellus*, *Hypsugo*, *Eptesicus* y *Rhinolophus* en la CAV, mientras ALCALDE & ESCALA (1999, 2000) y ALCALDE & GOSA (1998) publican información sobre Navarra. El total de especies reportadas para la CAV y Navarra es de 24 especies, aunque algunas de ellas, de preferencias mediterráneas o nórdicas, sólo están aquí en el extremo del rango de sus áreas de distribución.

A pesar de que los datos más recientes incluyen el uso de múltiples sistemas de muestreo (incluyendo detectores de ultrasonidos) se puede decir que se trata básicamente de datos de presencia y distribución de especies en el territorio. Los datos de abundancia numérica o tamaño de las poblaciones son más inciertos, refiriéndose preferentemente a especies y localidades (principalmente cuevas) en que ha sido posible censar el número de ejemplares presentes. Estos datos -relativos- de abundancia, no es posible contrastarlos -en la generalidad de los casos- con datos previos de abundancia. Por ello es muy poco lo que se puede afirmar con respecto a declinación de las poblaciones.

Los estudios efectuados en el País Vasco y Navarra en la última década han permitido constatar que especies que se creía raras están ampliamente distribuidas, por lo que se puede suponer que son relativamente abundantes o, al menos, frecuentes. En otros casos, sobre todo colonias previamente conocidas en cuevas o minas, se ha constatado que hoy han desaparecido, pero a la vez, también han sido descubiertas nuevas localidades. En un territorio donde el karst tiene una amplia representación, con miles de cavidades naturales y minas, una colonia perturbada por visitas o vandalismo puede desplazarse a otra cavidad u otras cavidades cercanas donde no sea molestada. Por tanto, la pérdida de algunos refugios no puede ser considerada declinación a menos que efectivamente se investigue una considerable parte de los refugios utilizables. De modo práctico, a través de 40 años de observaciones sobre quirópteros en cuevas del país, hemos obtenido algunos datos comparados sobre los cuales hemos basado algunas estimaciones. Estas han sido expuestas en GALAN (1997, 2006) y básicamente consideran que ha existido un declive de las poblaciones de quirópteros en la región del orden del 50 % de sus efectivos, y tal vez mayor en el caso de las especies cavernícolas más gregarias, como *Rhinolophus euryale* y *Miniopterus schreibersii*. Entre los factores responsables de esta declinación, a su vez correlacionada positivamente con la declinación de grandes grupos de insectos (como lepidópteros y coleópteros), el empleo de biocidas es la causa principal. Otros factores, muy importantes en otros países, como la pérdida de hábitat por antropización o la destrucción de refugios, parecen haber tenido en cambio una importancia muy secundaria en términos comparativos. La mayoría de las especies presentes en el país no soportan severas amenazas; algunas de ellas son raras o están insuficientemente investigadas; otras resultan abundantes; nosotros estimamos que sólo dos especies (*R.euryale* y *M.schreibersii*), por ser cavernícolas-coloniales y estar presentes sólo en un reducido número de localidades, deben ser consideradas vulnerables. Estas especies deben ser protegidas de los principales factores de amenaza que inciden sobre ellas: el uso de biocidas y la destrucción o disturbio de sus colonias conocidas en cuevas. Pero estas dos especies no han sido detectadas en la región del P.E. Mandoegi, probablemente por la ya indicada ausencia de zonas kársticas y cuevas en dicha región. La única especie detectada en este trabajo que frecuenta la zona de cresta de Mandoegi donde se instalarán los aerogeneradores (*Pipistrellus pipistrellus*) es con toda probabilidad la más abundante y ampliamente distribuida en la CAV y Navarra, y no se encuentra en situación de amenaza.

## 6. EVALUACION DE LAS PROBABLES AFECCIONES DEL PARQUE EOLICO SOBRE QUIROPTEROS.

El Parque Eólico de Mandoegi consiste en una línea de aerogeneradores distribuidos espaciadamente sobre la cresta de Mandoegi y el estribo de Belorrieta, a lo largo de 5 km. Los aerogeneradores consisten en torres, de 55 m de altura, y rotores, de 84 m de altura (58 m de diámetro), con espacimient mínimo entre rotores de dos diámetros (= 110 m). Entre la parte más baja de los rotores y el suelo queda un espacio libre de 26 m de altura. Por otro lado, los rotores no actúan como ventiladores, con giro propio, sino que ellos son movidos por la acción del viento, para generar energía. La misma empresa que desarrollará el proyecto ha construido otros parques eólicos, de similares características, en la CAV, los cuales funcionan desde hace varios años sin provocar afecciones a los quirópteros. El parque eólico de Elgea, instalado en la cresta Elgea - Urkilla (divisoria entre Guipúzcoa y Alava), posee 9 km de longitud de línea y lleva 6 años en funcionamiento. El parque eólico de Oiz, instalado en la cresta del monte Oiz (al N de Durango, Bizkaia), posee 3,7 km de longitud de línea y lleva 3 años en funcionamiento. La altitud en estos casos es de 1.000 á 1.200 m.snm. en Elgea y 800 á 1.000 m.snm. en Oiz, lo que los hace comparables al proyectado parque eólico de Mandoegi, situado a una altitud comprendida entre 830 y 980 m.snm.

Como ha sido constatado en los otros parques, no es esperar afecciones a poblaciones de quirópteros, salvo accidentes aislados, de escasa o nula significación en la biología de las especies. Veremos esto a continuación con mayor detalle.

### 6.1. Relación de los aerogeneradores con habitats cercanos de especies de Quirópteros.

La cresta de Mandoegi - Belorrieta es de fuertes pendientes, tanto hacia el valle del Leizarán (distante 2 á 3 km en planta) como hacia el valle del Urumea y el curso bajo de Mandoegi erreka (distante 3 á 4,5 km en planta), en ambos casos con los fondos de valle a 350 - 300 m.snm. Por lo que se trata en general de pendientes topográficas muy fuertes entre la línea de cresta y los fondos de valle.

La vegetación natural previamente existente era de bosques caducifolios, con robledales atlánticos en las cotas bajas y hayedo en las cotas medias a altas. Actualmente gran parte de la vegetación natural ha desaparecido o ha sido sustituida por plantaciones de coníferas exóticas (pino insignis, principalmente, y alerces y otras especies de modo secundario). Los flancos y laderas que dan hacia el Urumea presentan grandes extensiones de vegetación herbácea y helechales, salpicados de plantaciones de pinos, con algunos rodales de hayedo, y un gran desarrollo de pinares en las zonas bajas del valle próximas a Goizueta, aunque también en algunas zonas altas. Fuera del parque eólico (al S del mismo y al E de las cumbres de Mandoegi y Urepel) existen zonas de hayedo, más extensas, que llegan hasta la proximidad de la cresta. Los flancos que dan al Leizarán en el sector del parque eólico presentan una cobertura arbórea más extensa y más frondosa, pero predominan ampliamente las plantaciones de pino, hasta niveles altos (prácticamente hasta la cresta), con escasos rodales de hayedos y robles. En el fondo del valle persisten mayores extensiones de bosque autóctono, con hayas, robles, castaños dispersos, alisedas y árboles de ribera. Muchas extensiones de argoma y helechales ocupan las áreas de tala reciente.

En todo caso cabe destacar que las plantaciones de coníferas exóticas no son bosques propiamente dichos, sino cultivos, porque cuando los árboles de estas especies de crecimiento rápido alcanzan cierto desarrollo son cortados para extraer la madera (aproximadamente las cortas son efectuadas cada 15 años). Así, para las especies de murciélagos silvícolas, estas plantaciones de pino ofrecen pocos árboles añosos con huecos y refugios adecuados para quirópteros. En la región, pese a su aparente frondosidad, la acción humana ha destruido y prosigue destruyendo una parte considerable del habitat natural de los quirópteros. Adicionalmente, los tratamientos con plaguicidas en los pinares exóticos, frecuentemente atacados por la procesionaria (*Thaumetopoea pityocampa*) y otras plagas, son particularmente agresivos, con amplio uso de benzoiloureas y otros biocidas. Este factor produce la mortalidad de muchos lepidópteros y otros grupos de insectos, con la consiguiente disminución de presas disponibles para la alimentación de los quirópteros, además de tener efectos subletales sobre los mismos. La pérdida de habitat y uso de biocidas, relacionada con la extensión de las plantaciones de coníferas exóticas, es probablemente una afección mayor a los habitats de quirópteros en la región. Si a ello agregamos la ausencia de karst y por consiguiente de refugios en cuevas para especies cavernícolas, puede entenderse que el uso del habitat por quirópteros en la región está fuertemente restringido. Algunas de las colonias de murciélagos anteriormente existentes en minas, hoy desaparecidas, probablemente deban explicarse por estos factores más que por la perturbación directa en sus refugios.

Las especies presentes de quirópteros, cuyas características han sido indicadas en los apartados 3 y 4, utilizan de modo preferente los fondos de los valles principales y de arroyos menores, con cuerpos de agua permanentes, y extienden sus áreas de alimentación y campeo hasta laderas medias, sobre todo aquellas que conservan rodales de árboles caducifolios autóctonos. La zona de cresta, deforestada, aunque hasta ella alcanzan las plantaciones de pino del flanco del Leizarán, no es un habitat adecuado para quirópteros. Dentro de los pinares la escasez de fauna es considerablemente elevada. Las observaciones y muestreos nocturnos efectuados sugieren una mayor riqueza de habitats y alimento en los fondos de valle, y una escasez notable de quirópteros en niveles altos próximos a la línea de cresta.

## 6.2. Uso del espacio por parte de Quirópteros en la región de Mandoegi.

En torno a la cresta de Mandoegi y en las laderas y valles de su vecindad inmediata, diversas especies de quirópteros (una cavernícola y otras siete de hábitos forestales o de preferencias antrópicas) pueden efectuar actividades de exploración, campeo y alimentación. Los alrededores de Goizueta, Arano, Leiza, Andoain y otros pueblos, distan pocos kilómetros de la montaña, y los valles y flancos de sus laderas ofrecen biotopos con cuerpos de agua próximos adecuados para quirópteros.

Por su alimentación insectívora las especies presentes en la región utilizan las áreas más ricas en los grupos de insectos que constituyen sus presas; frecuentemente en zonas bajas, boscosas o abiertas, y en la proximidad de cursos de agua. La elevada, fría y ventosa cresta de Mandoegi, precisamente por esta característica, es poco adecuada tanto para los insectos nocturnos como para los quirópteros que se alimentan de ellos. No sólo no es un biotopo atractivo, sino que es el menos probable para atraer y albergar de noche concentraciones de insectos. Por simple eficacia alimentaria los quirópteros camparán (como ha sido observado en este trabajo) a lo largo de los valles, cursos de agua, campos agrícolas, árboles y plantas en floración, e incluso en torno a las luces de lámparas y farolas de alumbrado (o incluso viviendas), las cuales atraen insectos nocturnos en grandes números y que tan frecuentes son en caminos rurales de la periferia de ciudades y pueblos.

De las especies citadas en este estudio podemos señalar que *Plecotus austriacus* y las tres especies de *Myotis* son de hábitos preferentemente silvícolas, las dos especies de *Pipistrellus* y *Eptesicus serotinus* son preferentemente antropófilas, mientras que *Rhinolophus ferrumequinum* es una especie muy cavernícola en la elección de refugios en la región pero en sus actividades de campeo es de valencia ecológica amplia, frecuentando todo tipo de ambientes. Por lo conocido de la biología de estas especies en la región, creemos que sólo frecuenta esporádicamente la zona de cresta *P.pipistrellus*, y eventualmente *R.ferrumequinum*; las otras especies tienen preferencia por zonas bajas a medias, sobre todo a lo largo de los valles, ríos, campos de cultivo y periferia de pueblos y ciudades. Nuestras observaciones concuerdan con ello, ya que sólo fue detectada en la zona de cresta la especie *P.pipistrellus*, aunque en bajo número.

Adicionalmente, el uso del espacio por los quirópteros determina que estos se desplacen a baja altura sobre las superficies topográficas, frondas de bosque y superficies de agua, capturando los insectos que abundan más precisamente en tales sitios, y en torno al alumbrado de farolas y postes de luz. Sus facilidades de vuelo, detección por ultrasonidos y versatilidad de maniobra durante su alimentación en vuelo hacen que difícilmente puedan tropezar con obstáculos en sus desplazamientos nocturnos. La red de carreteras y la cercana autovía del Leizarán (que va de Pamplona a San Sebastián a través de Andoain - Leiza - Irurzun), donde los vehículos con luz se desplazan a gran velocidad, no constituyen un factor de amenaza que provoque mortalidad de quirópteros. Por todo ello, la probabilidad de que los quirópteros se desplacen entre la línea de aerogeneradores de la cresta de Mandoegi e impacten inadvertidamente con los rotores es de lo más altamente improbable.

Los rotores de aerogeneradores no sólo son fácilmente detectables para los quirópteros por sus dimensiones, sino que el movimiento de los rotores genera perturbaciones en las circulaciones de aire y microclimáticas en forma de turbulencias de cono tras los mismos, detectables por los sistemas de ecolocalización, táctil, térmico y auditivo de los quirópteros, además del alcance de su visión escotópica. En el supuesto caso de necesitar desplazarse de uno a otro lado de la cresta, existe suficiente espacio entre rotores (el espaciado mínimo es de dos diámetros = 110 m), entre éstos y el suelo (= 26 m de altura libre), y obviamente por encima de los mismos, para que estos mamíferos voladores los eviten. Recuérdese también como dato comparativo que en las cuevas protegidas por cierres de barrotes, los murciélagos se desplazan sin problema a través de enrejados horizontales de 60-75 cm de ancho por 15 cm de altura (SCHOBER & GRIMMBERGER, 1991). En cuevas tropicales hemos constatado casos de colonias de miles a decenas de miles de murciélagos desplazándose sin problema a través de galerías de 1,5 m de diámetro y evitando a salientes de roca, estalactitas y a los propios espeleólogos que interceptaban parcialmente su recorrido. En el valle del Leizarán es frecuente verlos pasando bajo pequeños puentes y revoloteando a ras del agua entre la frondosidad del cauce. Así que aún en el caso de que necesitaran desplazarse a través de la línea de aerogeneradores, su uso del espacio y el espacio libre entre rotores, les deja un amplio margen para maniobrar sin problema. En este sentido la capacidad de detección y versatilidad en vuelo de los quirópteros es comparativamente mucho más alta que las de especies de aves que accidentalmente, aunque en bajo número, puedan impactar o ser impactadas por los rotores.

## 6.3. Referencias sobre mortalidad de Quirópteros en otras áreas con parques eólicos y datos comparados.

Para salir del campo de las suposiciones teóricas, desde luego lo más conveniente -y científico- es recurrir a los datos concretos. Previamente ha sido indicado que no existen referencias en la extensa bibliografía científica sobre conservación de quirópteros de afecciones a los mismos por aerogeneradores, ni hemos encontrado ninguna cita científica que considere a los mismos como un factor de amenaza. Pero existe, no obstante, alguna información inédita (comp p.ej. algunos informes técnicos, inéditos o de circulación restringida).

Tal vez la evidencia más significativa reside en los datos obtenidos del seguimiento y monitoreo a lo largo de las franjas en que están situados los parques eólicos más próximos de la CAV. Estas inspecciones o monitoreos son efectuadas de modo

regular como parte del seguimiento medioambiental de que son objeto los parques eólicos. Ofrecemos a continuación los relativos al hallazgo de quirópteros muertos encontrados en la banda de las líneas de Oiz, de 3,7 km de largo, y Elgea-Urkilla de 9 km de largo. Por su proximidad geográfica estos son los datos que reflejan con mayor fiabilidad la situación real de impacto o afecciones de estas infraestructuras sobre la representación de quirópteros de la región.

La metodología utilizada en Oiz y Elgea (durante 3 y 6 años, respectivamente) ha sido ampliamente detallada en los Estudios de Impacto Ambiental de ambos parques eólicos (ONRUBIA et al., 2003) y seguimientos posteriores enmarcados en los Planes de vigilancia y control. Básicamente estos consistieron en la detección de cadáveres por medio de rastreos realizados cada 10 días y batidas mensuales. En los primeros se inspeccionaba un área de 60 m de radio en torno a cada aerogenerador; en los segundos (batidas minuciosas en las que participaban 8-12 personas) se rastreaba una banda de 140 metros de ancho, a ambos lados de la línea de aerogeneradores del parque eólico. De cada ejemplar se tomaban los siguientes datos: especie, edad, sexo, tipo de lesiones que presentaba, probable antigüedad, situación del aerogenerador y distancia al mismo. Esta información se completaba con los datos meteorológicos de la fecha estimada, con objeto también de ver si existía correlación con circunstancias meteorológicas concretas.

En Oiz, en un período de tres años, no se observó ningún ejemplar muerto. En Elgea-Urkilla, en un período de seis años, se produjo el hallazgo de dos ejemplares: uno de *Pipistrellus pipistrellus* (murciélago común) y otro de *Miniopterus schreibersii* (murciélago de cueva). A continuación, los datos respectivos de cada uno de ellos:

- *Miniopterus schreibersii*. Un ejemplar macho adulto. Encontrado el 10 de Agosto de 2004, en el aerogenerador 20 de Urkilla (coordenadas UTM aero 20: x 546.947, Y 4.756.393). El ejemplar estaba anillado, marcado 4 años antes en Urdaibai.

- *Pipistrellus pipistrellus*. Un ejemplar. Encontrado el 13 de Septiembre de 2004, en el aerogenerador 10 de Urkilla (coordenadas UTM aero 10: x 545.513, Y 4.756.568).

Aunque la causa de muerte de estos dos ejemplares probablemente pueda atribuirse al choque con los aerogeneradores, no se descarta que pueda también obedecer a otras causas, como enfermedad, senectud, ataque por rapaces, ejemplar debilitado por anilla, o mal tiempo, lo que implicaría una sobrevaloración de los datos. De modo inverso también ha sido sugerido que las inspecciones pudieran no haber encontrado todos los individuos muertos o que sus cadáveres -entre inspecciones- pueden haber servido de alimento a especies de hábitos carroñeros, con la consiguiente subvaloración de los datos. Conscientes de que las inspecciones son realmente efectuadas de modo exhaustivo y con rigurosa periodicidad, nos inclinamos a ponderar como única cifra real y fiable (y de valor científico) el promedio de datos obtenido.

Así, para Oiz la mortalidad resulta de un valor cero. Para Elgea-Urkilla la mortalidad resulta de dos ejemplares por 9 km de línea en 6 años, es decir, de 0,037 ejemplares/año.km. El promedio de ambos datos o Valor medio de mortalidad atribuible al impacto de aerogeneradores sobre quirópteros en la región es de 0,0185 ejemplares/año.km.

Para Mandoegi (cuya línea es de 5 km), puede estimarse un impacto negativo de 0,0925 ejemplares/año. Es decir, que la línea proyectada podría ocasionar una mortalidad sobre quirópteros de un ejemplar cada 11 años.

#### **6.4. Evaluación de las probables afecciones del P.E. Mandoegi sobre Quirópteros.**

Los datos obtenidos, y las consideraciones biológicas previamente expuestas (sobre comportamiento, características y uso del espacio por los quirópteros de la región), pueden ser evaluadas por lo que representa tal impacto como factor de amenaza para la supervivencia de las especies de quirópteros presentes en la región.

Esto implica en primer lugar, evaluar el significado de estos datos en términos de la demografía y conservación de las poblaciones de quirópteros. En segundo lugar es adecuado evaluar qué medidas protectoras podrían tomarse para minimizar los impactos negativos del parque eólico o qué otras recomendaciones resultarían útiles para recuperar las poblaciones de quirópteros de especies amenazadas por otras causas.

La afección de las infraestructuras del P.E. Mandoegi sobre quirópteros pueden resumirse en una probable mortalidad accidental de 0,092 ejemplares/año (= un ejemplar de murciélago cada 11 años). Teóricamente, cualquiera de las especies presentes en la región podría verse afectada accidentalmente, pero lo más probable es que afecte a las especies que han sido detectadas en el área de cresta, y en nuestro caso esto corresponde a una sola especie: *Pipistrellus pipistrellus*. Esta especie antropófila, como ha sido indicado en el apartado 5.5, no está amenazada y es la más abundante en Guipúzcoa y Navarra.

Si se compara estos datos con datos sobre mortalidad natural y acción de predadores sobre murciélagos, puede comprenderse que su valor relativo es extraordinariamente pequeño. Una simple pareja de lechuza común o de cárabos puede ocasionar una mortalidad de hasta 588 ejemplares/año. El impacto de los aerogeneradores representa así una fracción de 0,000.156 (=  $156 \times 10^{-6}$ , es decir, 156 millonésimas) con respecto a la mortalidad natural atribuible a predación por una pareja de rapaces nocturnas. Aunque no existe para la región un estudio detallado de la densidad de parejas de lechuza y cárabo, se ha estimado una densidad media para la zona atlántica de la CAV y Navarra (apartado 5.4) de unas 20 parejas de lechuza y 85 de cárabo por cada cuadrícula de 10 km de lado, es decir, que en una banda de 10 x 10 km con centro en el parque eólico puede estimarse una densidad equivalente. El impacto de los aerogeneradores representa así una fracción de 0,000.016 (=  $16 \times 10^{-6}$ , es decir, de 16 millonésimas) con respecto a la predación de quirópteros por rapaces nocturnas en el entorno de Mandoegi. Puede comprenderse que esta es una cifra infinitesimal en relación a la mortalidad natural atribuible a predadores.

Lo mismo podría decirse con respecto al impacto de otros agentes naturales, como enfermedades, competidores o fenómenos meteorológicos adversos (períodos imprevistos muy fríos o lluviosos).

Los estudios previos de incidencia de parques eólicos sobre quirópteros, en Elgea y Oiz (ONRUBIA et al., 2003), señalan también que las condiciones meteorológicas reinantes en las cotas elevadas de estos montes son, en general, poco propicias para que los murciélagos hagan uso de ellas como cazadero habitual (los murciélagos vuelan más en zonas sin viento y días sin viento), aunque en los alrededores arbolados (a menor altitud y con cuerpos de agua) algunas especies puedan ser frecuentes. Adicionalmente, bajo condiciones meteorológicas adversas, los murciélagos (sobre todo los ejemplares enfermos o débiles por otras causas) serían más susceptibles de resultar accidentados.

Los datos de predación expuestos representan valores máximos de captura (y pueden estar por tanto sobrevalorados). Probablemente su valor medio real sea inferior en uno o dos órdenes de magnitud (10 á 100 veces menor). Pero el valor total de mortalidad atribuible a causas naturales sigue representando una cifra muy elevada en relación al impacto de los aerogeneradores sobre quirópteros. El impacto de los aerogeneradores es al menos una fracción del orden de  $10^{-5}$  a  $10^{-6}$  con relación a otras causas de mortalidad naturales.

Una comparación con relación al impacto de actividades humanas sobre quirópteros y los principales factores de amenaza que han incidido en la declinación de quirópteros es más difícil de efectuar, principalmente por la falta de datos previos de abundancia numérica de las distintas especies. Incluso está faltando información sobre el tamaño real que tienen hoy las poblaciones en el territorio de la CAV y Navarra. Sin duda a ello contribuye que se trata de pequeños mamíferos, nocturnos, de hábitos crípticos, y a que en el territorio existen cientos de miles a millones de lugares susceptibles de ser utilizados por quirópteros. Piénsese p.ej. que hay más de 5.000 cuevas y simas exploradas y catalogadas en la CAV; miles de minas y túneles abandonados; millones de grietas en la roca, muros y edificaciones; infinidad de techos, buhardillas, sótanos y refugios urbanos; e infinidad de espacios bajo cortezas y huecos en los árboles. Todo ello contribuye a que resulte difícil detectar y censar las poblaciones de quirópteros, a diferencia p.ej. de especies de grandes mamíferos o aves, además de que ha existido una falta de medios para financiar investigaciones. AIHARTZA et al. (2002) ofrece estimaciones para las colonias conocidas de 3 especies, pero señalan que realmente no se conoce el tamaño de las poblaciones en la CAV, así como se desconoce los habitats utilizados por la mayoría de las especies de la CAV.

Nuestras estimaciones sitúan a la población total de quirópteros en la CAV en cifras comprendidas entre más de 100.000 ejemplares y varios millones (probablemente 1-2 millones) de ejemplares. Si consideramos que la declinación numérica en los últimos 50 años ha sido aproximadamente del 50 % del total de efectivos, puede comprenderse que la mortalidad anual para producir esa declinación ha sido también muy elevada. La mortalidad atribuible a factores humanos de amenaza (como efectos directos e indirectos del empleo de biocidas, destrucción de habitat y recursos, y perturbación y destrucción de refugios) ha tenido que superar casi todos los años a la diferencia de valores entre natalidad y pérdidas por otras causas a lo largo del período.

En términos demográficos, la mortalidad natural puede ser y es compensada por la natalidad y tasa de supervivencia de las poblaciones, ya que en caso contrario esas especies no seguirían existiendo. Mientras que la mortalidad por causas humanas que genera declinación supera los valores de equilibrio, produciendo el descenso poblacional. Eso implica que la suma de la mortalidad por causas naturales y amenazas humanas supera en cierto porcentaje a la tasa de natalidad; su valor absoluto dependerá del tamaño inicial y final (actual) de las poblaciones, que en el caso de los quirópteros de la región es desconocido. El impacto ambiental de los aerogeneradores en proporción a otros factores humanos de amenaza representa así también una fracción del orden de  $10^{-6}$ . En términos de conservación de las especies, el impacto de los aerogeneradores debe ser considerado un factor accidental de orden infinitesimal, que no afecta a la dinámica de sus poblaciones.

Conviene también destacar que las especies amenazadas no están simplemente estáticas, incluidas en un listado administrativo, sino que siguen soportando impactos humanos desfavorables (con la consiguiente amenaza de extinción) en tanto no se actúe sobre las causas o factores de amenaza que provocan los desequilibrios y el declive poblacional. En este sentido, la preocupación de la administración por la conservación del medio ambiente y la biodiversidad, debe ir dirigida no a mantener a las especies en los listados o catálogos, sino a lograr su recuperación y salida de dichos catálogos. Sin ello, las listas de especies amenazadas probablemente se transformen con el paso de los años en listas de especies extintas por el hombre, que es lo que crecientemente está ocurriendo. Diversos autores han alertado sobre la escasa comprensión que se tiene en materia de conservación sobre el significado de los listados de especies protegidas (ELLIOTT, 1998; TERCAFS, 1988). MC CRAKEN (1989) ha cuestionado por ejemplo la utilidad de los Red Data Books para un grupo tan importante de vertebrados como los quirópteros; aunque la IUCN lista el 4% de las especies existentes de este grupo en el mundo como amenazadas o en peligro, él piensa que las listas rojas dan una inadecuada e incompleta visión de la situación real de amenaza y de la actual crisis de extinciones de fauna; básicamente porque lo que las listas reflejan ampliamente es nuestra ignorancia sobre el estatus de los quirópteros en muchas partes del mundo. Una consideración similar podría hacerse sobre el conocimiento de los quirópteros en nuestra región.



## 6.5. Recomendaciones de protección y monitoreo.

Aunque el impacto de los aerogeneradores de Mandoegi sobre quirópteros puede considerarse en la práctica de un efecto nulo, proponemos algunas medidas protectoras y de conservación, con el fin de minimizar impactos y propiciar la recuperación de las poblaciones de quirópteros en declive. Estas son las siguientes:

(a) Por parte de la empresa constructora:

- Evitar la instalación de postes de alumbrado y/o focos de luz intensa en torno a la línea de aerogeneradores, a fin de no constituir polos de atracción para insectos nocturnos, ya que éstos pueden a su vez atraer quirópteros a las inmediaciones de los rotores y propiciar accidentes sobre los mismos.

- Efectuar un monitoreo de la franja en la que se instale la línea de aerogeneradores (como en otros parques eólicos) a fin de hacer un seguimiento de las posibles afecciones sobre quirópteros y otros animales. Este plan de vigilancia y control deberá implementarse desde el inicio de las obras y a lo largo de los primeros 5 años de funcionamiento. Los quirópteros encontrados muertos deberán ser colectados, identificados por taxónomos especialistas, y debería evaluarse también la causa de muerte. Los resultados deben ser comunicados a la administración y abiertos a la consulta pública. Este monitoreo puede arrojar información de interés para aplicarla al conocimiento y conservación de los quirópteros de la región.

(b) Por parte de la administración:

- Conservar rodales y áreas de bosque con especies autóctonas, a fin de no desprover a las poblaciones de quirópteros que aún subsisten de habitats y recursos alimentarios.

- Controlar y tratar de reducir el uso indiscriminado de plaguicidas.

(c) Como última recomendación, por parte de la administración, de la empresa constructora, o de ambas juntas de mutuo acuerdo, se sugiere promover la financiación de estudios zoológicos sobre quirópteros que contribuyan al conocimiento de la biología, distribución, estatus y conservación de este grupo de mamíferos, ampliamente amenazado y en declive en toda Europa. La obtención de información científica es básica para desarrollar una eficaz política de conservación.

## 7. CONCLUSIONES.

Se concluye que el Parque Eólico de Mandoegi, no genera afecciones significativas desfavorables para los quirópteros de la región.

Los datos obtenidos sobre las especies presentes y los datos comparados de mortalidad indican que la afección de los aerogeneradores a quirópteros representan una fracción infinitesimal con respecto a la mortalidad natural y la debida a otros factores humanos de amenaza. Las características biológicas de las especies presentes, su comportamiento espacial y uso del espacio aéreo y geográfico, determinan que no se espere otros impactos desfavorables. No obstante se recomienda efectuar un seguimiento o monitoreo a lo largo de varios años y medidas de conservación que contribuyan a mejorar la situación de declive y amenaza que afecta globalmente a las poblaciones de quirópteros en el País Vasco y Navarra.

## BIBLIOGRAFIA.

- AHLEN, I. 1981. Identification of Scandinavian bats by their sounds. Swed. Univ. Agric. Sciences, Dept. Wildlife Ecol., Uppsala, report 6.
- AHLEN, I. & H. BAAGOE, 1999. Use of ultrasound detectors for bats studies in Europe: experiences from field identifications, surveys, and monitoring. *Acta Chiropterologica*, 1 (2): 137-150.
- AIHARTZA, J. 2001. Quirópteros de Araba, Bizkaia y Gipuzkoa: Distribución, Ecología y Conservación. PhD thesis, Universidad del País Vasco. Inf.inédito.
- AIHARTZA, J. & I. GARIN. 2002. Distribución de los murciélagos de los géneros *Pipistrellus*, *Hypsugo* y *Eptesicus* (Mammalia, Chiroptera) en el País Vasco Occidental. *Munibe (Cienc.Nat.)*, 53: 229-244.
- AIHARTZA, J.; I. GARIN & U. GOITI. 2002. Plan de Acción de los Murciélagos en la CAPV. Inf.inédito. Arch. PDF: 44 pp.
- ALCALDE, J.T. & M.C. ESCALA. 1999. Distribución de los quirópteros en Navarra, España. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Biol.)*, 95 (1-2): 157-171.
- ALCALDE, J.T. & M.C. ESCALA. 2000. Hibernation of bats in Navarre (Northern Spain). *Myotis*, 37: 89-98.
- ALCALDE, J.T. & A. GOSA. 1998. Comprobada la presencia y distribución del murciélago de Bechstein (*Myotis bechsteini*) (Chiroptera, Vespertilionidae) en Navarra.
- ALVAREZ, J.; A. BEA; J.M. FAUS; E. CASTIEN & I. MENDIOLA. 1985. Atlas de los vertebrados continentales de Alava, Vizcaya y Guipúzcoa (excepto Chiroptera). Gobierno Vasco, Bilbao, 336 pp.
- BENZAL, J. & O. PAZ. 1991. Los murciélagos de España y Portugal. ICONA, Madrid, 330 pp.
- BROSSET, A.; L. BARBE; J. BEAUCOURNU; C. FAUGUER; H. SALVAYRE & Y. TUPINIER. 1988. La rarefaction du rhinolophe euryale (*Rhinolophus euryale* Blasius) en France. *Recherche d'une explication*. *Mammalia*, 52: 101-122.

- CAMPOS, J. 1979. Estudio geológico del Pirineo vasco al W del río Bidasoa. *Munibe*, S.C.Aranzadi, 31(1-2): 3-139.
- CLARK, D. 1988. How sensitive are bats to insecticides? *Wild Soc. Bull.*, 16: 399-403.
- ELLIOTT, W. 1998. Conservation of the North American Cave and Karst Biota. In: Elsevier Science's Subterranean Biota (Ecosystem of the World series), electronic preprint, Texas Speleological Survey, 28 pp.
- GAISLER, J. 1979. Ecology of bats. In: Stoddard, M. (Ed). *Ecology of small mammals*. Chapman & Hall, London.
- GALAN, C. 1970. Aportación al conocimiento de los quirópteros cavernícolas del País Vasco. *Munibe*, S.C.Aranzadi, 22 (1-2): 61-66.
- GALAN, C. 1993. Fauna Hipógea de Gipúzcoa: su ecología, biogeografía y evolución. *Munibe (Ciencias Naturales)*, S.C.Aranzadi, 45 (número monográfico): 1-163.
- GALAN, C. 1997. Fauna de Quirópteros del País Vasco. *Munibe (Ciencias Naturales)*, S.C.Aranzadi, 49: 77-100.
- GALAN, C. 2003. Fauna cavernícola, hidrogeología y mineralogía de espeleotemas en una mina-cueva de Leiza, Navarra. In: ind. Gob. Navarra, Dpto. Obras Públicas, Servicio de Proyectos, Tecnología y Obras Hidráulicas, Pamplona, 14 pp + 12 lám. fotograf. + Pág. web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 26 pp.
- GALAN, C. 2004. Fauna cavernícola de la Sierra de Aralar: ecología, taxonomía y evolución. Pág. web aralar-natura.org (Gobierno Vasco & S.C.Aranzadi), 22 pp.
- GALAN, C. 2006. Estudio de probables afecciones del Parque Eólico Oiz Fase 2 (Bizkaia) sobre poblaciones de Quirópteros. Trabajo elaborado para Eólicas de Euskadi. Inf.técnico, 18 pp (Inf.inédito).
- GALAN, C. & M. NIETO. 2004. Hallazgo de una cueva en conglomerado de fragmentos de caliza Jurásica cementados por travertino (macizo de Uzturre, País Vasco). Pág. web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 8 pp.
- GALAN, C.; D. PEÑA & M. NIETO. 2004. Las minas de Anoeta y su fauna cavernícola asociada (macizo de Ernio, País Vasco). Pág. web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 14 pp.
- GALAN, C.; R. ZUBIRIA & M. NIETO. 2005. Las simas de Leizegazto y el karst de Otsabio: Estudio hidrogeológico y espeleológico del macizo de Otsabio (Valle del Araxes, Guipúzcoa - Navarra). Pág. web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 48 pp. + Reeditado en Pág. web Cota0.com.
- GONZALEZ ALVAREZ, F. 1991. Revisión del estado de conservación y protección de los quirópteros en España (Península y Baleares). In: O. Paz (ed). *Los murciélagos de España y Portugal*. ICONA, Madrid, pp: 141-162.
- GONZALEZ OREJA, J.A. 1995-96. Los murciélagos como presas de la lechuza común en España: una revisión. *Est. Mus. Cienc. Nat. De Alava*, 10-11: 319-326.
- GRIFFIN, D. R. 1938. *Listening in the dark*. Yale Univ. Press, New Haven, Connecticut.
- GRIMMBERGER, E. & H. BORK. 1978. Untersuchungen zur Biologie, Oekologie und Populationsdynamik der Zwergfledermaus, *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774) in einer groben population im norden der DDR. *Nyctalus (N.F.)*, 1: 55-73 y 122-136.
- GUILLEN, A.; C. IBANEZ; J. L. PEREZ; L. HERNANDEZ & M. J. GONZALEZ. 1991. Efectos de los biocidas en las poblaciones de murciélagos. In: Benzal & Paz (Ed). *Los murciélagos de España y Portugal*. ICONA, Madrid, pp: 211-227.
- HEISE, G. & A. SCHMIDT. 1979. Wo überwintern im norden der DDR beheimatete Abendsegler (*Nyctalus noctula*)? *Nyctalus (N.F.)*, 1: 81-84.
- HILL, J. & J. D. SMITH. 1984. *Bats. A natural history*. British Museum, London.
- HORACEK, I. 1984. Remarks on the causality of populations decline in European bats. *Myotis*, 21-22: 138-147.
- JEFFERIES, D. 1972. Organochlorine insecticide residues in British bats and their significance. *J. Zool.*, 166 (2): 245-263.
- KUENZI, A.J. & M.L. MORRISON. 1998. Detection of bats by mist nets and ultrasonic sensors. *Wildlife Soc. Bull.*, 26 (2): 307-311.
- KUNZ, T. H. (ed). 1990. *Ecological and behavioural methods for the study of bats*. Smithsonian Inst., 533 pp.
- MC CRACKEN, G. 1989. Cave conservation: Special problems of bats. *NSS Bull.*, 51: 49-51.
- MITCHELL-JONES, A.J. (eds). 1987. *The Bat Worker's Manual*. Nature Conservancy Council, London, 108 pp.
- MOHR, Ch. 1972. The status of threatened species of cave-dwelling bats. *NSS Bull.*, 34(2): 33-47.
- NORES, C. 1979-80. Comparación del régimen alimenticio de *Strix aluco* y *Tyto alba* en la costa oriental asturiana. *Rev. Fac. Cienc. Univ. Oviedo (Ser. Biología)*, 20-21: 189-194.
- NOWAK, R. M. 1991. *Walker's Mammals of the World. Fifth Edition*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore & London, 642 pp.
- O'FARRELL, M.J. & W.L. GANNON. 1999. A comparison of acoustic versus capture techniques for the inventory of bats. *Journal of Mammalogy*, 80 (1): 24-30.
- ONRUBIA, A.; VILLASANTE, J.; BALMORI, A.; SAENZ DE BURUAGA, M.; CANALES, F. & M. CAMPOS. 2003. Estudio de la incidencia sobre la fauna -aves y quirópteros- del Parque Eólico de Elgea. *Consultora Recur. Nat., S.L. Inf. Inédito*, 36 pp.
- PALMEIRIM, J. & L. RODRIGUES. 1991. Estatus y conservación de los murciélagos en Portugal. In: Benzal & Paz (Ed). *Los murciélagos de España y Portugal*. ICONA, Madrid, pp: 163-179.
- PAZ, O. 1984. Contribución al conocimiento de los murciélagos españoles y su protección. *Bol. Est. Central Ecol.*, 12 (26): 43-55.
- PAZ, O.; J. BENZAL & R. FERNANDEZ. 1990. Criterios de valoración de refugios para murciélagos: aplicación al inventario nacional. *Ecología*, 4: 191-206.

- PEREZ DE ANA, J. M. 1994. Revisión y análisis de los datos publicados de quirópteros en Alava, Vizcaya y Guipúzcoa. Est. Mus. Cienc. Nat. de Alava, 9: 65-74.
- PEREZ DE ANA, J. M. 1995-96. Observaciones de quirópteros en Alava y Vizcaya. Est. Mus. Cienc. Nat. de Alava, 10-11: 327-328.
- PYE, J. 1961. Localisation par écho chez les Chauves-souris. *Endeavour*, 20: 23-37.
- RUPRECHT, A. L. 1979. Bats (Chiroptera) as constituents of the food of Barn Owls (*Tyto alba*) in Poland. *Ibis*, 121: 489-494.
- RYBERG, O. 1947. Studies on bats and bats parasites. Univ. Lund and Zool. Lab. Agric., Dairy, and Horst Inst. Alnarp, Stockholm, 330 pp.
- SCHOBBER, W. & E. GRIMMBERGER. 1991. Guide des chauves-souris d'Europe: Biologie, identification, protection. Ed. Delachaux et Niestlé, Neuchatel et Paris, 226 pp.
- SORIA, S.; F. ABOS & E. MARTIN. 1988. Influencia de los tratamientos con diflubenzurón ODC 45 por 100 sobre pinares en las poblaciones de *Graellsia isabellae* (Graells) (Lep. Syssphingidae) y reseña de su biología. In: F. Robredo (Ed): Estudios de los tratamientos con diflubenzurón y su incidencia sobre la fauna. Serie Técnica 4, ICONA, Madrid, pp: 93-117.
- SPEAKMAN, J. 1991. The impact of predation by birds on bats populations in the British Isles. *Mammal Review*, 21 (3): 123-142.
- STEBBINGS, R. 1988. Conservation of European Bats. Christopher Helm Publ., London, 246 pp.
- STEBBINGS, R. & F. GRIFFITH. 1986. Distribution and status of bats in Europe. Inst. Terr. Ecol., Nat. Environ. Res. Council, 142 pp.
- STEBBINGS, R. & H. R. ARNOLD. 1987. Assessment of trends in size and structure of a colony of the greater horseshoe bat. In: S. Harris (Ed). *Mammals populations studies. Symp. Zool. Soc. London*, 58: 7-24.
- TERCAFS, R. 1988. Optimal management of karst sites with cave fauna protection. *Environment.Conservation*, 15: 149-166.
- TUTTLE, M. D. 1979. Status, causes of decline and management of endangered gray bats. *J. Wild. Manage.*, 43 (1): 1-17.
- VOUTE, A. 1981. The conflict between bats and woodpreservatives. *Myotis*, 18-19: 399-403.
- ZUBEROGOITIA, I. 2002. Ecoetología de las rapaces nocturnas de Bizkaia. Univ. País Vasco, Tesis doctoral, pp 93 + 55.

**Carlos Galán.**

Biólogo - Consultor en Ecología.

Biosphere Consultancies & Sociedad de Ciencias Aranzadi.

DNI nº 44142503-Y.

San Sebastián. 11 de julio de 2006.

- NOWAK, R. M. 1991. Walker's Mammals of the World. Fifth Edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore & London, 642 pp.
- O'FARRELL, M.J. & W.L. GANNON. 1999. A comparison of acoustic versus capture techniques for the inventory of bats. *Journal of Mammalogy*, 80 (1): 24-30.
- ONRUBIA, A.; VILLASANTE, J.; BALMORI, A.; SAENZ DE BURUAGA, M.; CANALES, F. & M. CAMPOS. 2003. Estudio de la incidencia sobre la fauna -aves y quirópteros- del Parque Eólico de Elgea. Consultora Recur. Nat., S.L. Inf. Inédito, 36 pp.
- PALMEIRIM, J. & L. RODRIGUES. 1991. Estatus y conservación de los murciélagos en Portugal. In: Benzal & Paz (Ed). Los murciélagos de España y Portugal. ICONA, Madrid, pp: 163-179.
- PAZ, O. 1984. Contribución al conocimiento de los murciélagos españoles y su protección. *Bol. Est. Central Ecol.*, 12 (26): 43-55.
- PAZ, O.; J. BENZAL & R. FERNANDEZ. 1990. Criterios de valoración de refugios para murciélagos: aplicación al inventario nacional. *Ecología*, 4: 191-206.
- PEREZ DE ANA, J. M. 1994. Revisión y análisis de los datos publicados de quirópteros en Alava, Vizcaya y Guipúzcoa. *Est. Mus. Cienc. Nat. de Alava*, 9: 65-74.
- PEREZ DE ANA, J. M. 1995-96. Observaciones de quirópteros en Alava y Vizcaya. *Est. Mus. Cienc. Nat. de Alava*, 10-11: 327-328.
- PYE, J. 1961. Localisation par écho chez les Chauves-souris. *Endeavour*, 20: 23-37.
- RUPRECHT, A. L. 1979. Bats (Chiroptera) as constituents of the food of Barn Owls (*Tyto alba*) in Poland. *Ibis*, 121: 489-494.
- RYBERG, O. 1947. Studies on bats and bats parasites. Univ. Lund and Zool. Lab. Agric., Dairy, and Horst Inst. Alnarp, Stockholm, 330 pp.
- SCHÖBER, W. & E. GRIMMBERGER. 1991. Guide des chauves-souris d'Europe: Biologie, identification, protection. Ed. Delachaux et Niestlé, Neuchatel et Paris, 226 pp.
- SORIA, S.; F. ABOS & E. MARTIN. 1988. Influencia de los tratamientos con diflubenzurón ODC 45 por 100 sobre pinares en las poblaciones de *Graellsia isabellae* (Graells) (Lep. Syssphingidae) y reseña de su biología. In: F. Robredo (Ed): Estudios de los tratamientos con diflubenzurón y su incidencia sobre la fauna. Serie Técnica 4, ICONA, Madrid, pp: 93-117.
- SPEAKMAN, J. 1991. The impact of predation by birds on bats populations in the British Isles. *Mammal Review*, 21 (3): 123-142.
- STEBBINGS, R. 1988. Conservation of European Bats. Christopher Helm Publ., London, 246 pp.
- STEBBINGS, R. & F. GRIFFITH. 1986. Distribution and status of bats in Europe. *Inst. Terr. Ecol., Nat. Environ. Res. Council*, 142 pp.
- STEBBINGS, R. & H. R. ARNOLD. 1987. Assessment of trends in size and structure of a colony of the greater horseshoe bat. In: S. Harris (Ed). *Mammals populations studies. Symp. Zool. Soc. London*, 58: 7-24.
- TERCAFS, R. 1988. Optimal management of karst sites with cave fauna protection. *Environment Conservation*, 15: 149-166.
- TUTTLE, M. D. 1979. Status, causes of decline and management of endangered gray bats. *J. Wild. Manage.*, 43 (1): 1-17.
- VOUTE, A. 1981. The conflict between bats and woodpreservatives. *Myotis*, 18-19: 399-403.
- ZUBEROGOITIA, I. 2002. Ecoetología de las rapaces nocturnas de Bizkaia. Univ. País Vasco, Tesis doctoral, pp 93 + 55.

**Carlos Galán.**

Biólogo - Consultor en Ecología.

Biosphere Consultancies & Sociedad de Ciencias Aranzadi.

DNI nº 44142503-Y.

San Sebastián. 11 de julio de 2006.

