



**LINEAMIENTOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL SOBRE  
MURCIÉLAGOS POR PLANTAS DE ENERGÍA EÓLICA EN  
LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE**

**2016**

# Contenido

<b>PROPUESTA DE LINEAMIENTOS</b> .....	3
<b>OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DURANTE LA ETAPA PRE-CONSTRUCCIÓN</b> .....	3
<b>Metodología</b> .....	3
<b>Variables de monitoreo pre-construcción</b> .....	4
<b>Para el objetivo 1. Estimar la diversidad de especies de murciélagos (estructura, composición de especies) en las zonas potencialmente afectadas por el desarrollo eólico.</b> ..	4
<b>Consideraciones técnicas pre-construcción</b> .....	5
<b>OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DURANTE LA ETAPA POST-CONSTRUCCIÓN</b> .....	5
<b>Metodología</b> .....	6
<b>Variables de monitoreo post-construcción</b> .....	6
<b>Para el objetivo 1. Estimar la tasa de mortalidad</b> .....	6
<b>Para el objetivo 2. Estimar la composición de especies vivas y muertas.</b> .....	6
<b>Consideraciones técnicas para la evaluación de mortalidad:</b> .....	7
<b>MEDIDAS DE ACCIÓN POR ETAPAS</b> .....	8
<b>TÉCNICAS DE EVALUACIÓN Y DISEÑO DE ESTUDIOS</b> .....	8
<b>COMENTARIOS FINALES</b> .....	9
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	9
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	9

## PROPUESTA DE LINEAMIENTOS

Se propone un protocolo mínimo de evaluación pre- y post-construcción considerando algunos aspectos técnicos y de la historia natural de los murciélagos de la región, así como también pautas de manejo que deben establecerse antes, durante y después de la planificación, construcción y operación de estas plantas eólicas. Los lineamientos se organizan en función de las dos etapas fundamentales (pre y post construcción), proveyendo mayor potencial para la toma de decisiones para el manejo y conservación de los murciélagos en torno al desarrollo de parques de producción de energía eólica.

La fase de evaluación pre-construcción consiste en un período de tiempo de duración variable, entre uno a dos años. Durante este período, cuando se realiza el estudio de pre-factibilidad eólica de un área particular para el establecimiento del parque, deben también evaluarse determinantes de los comportamientos de migración, forrajeo y uso de hábitat de los murciélagos.

A continuación, se detallan los objetivos particulares a cubrir respecto a la evaluación de impacto sobre murciélagos relacionados a cada fase de desarrollo e implementación de los proyectos eólicos. Para un detalle de las técnicas y aspectos metodológicos se sugiere revisar Kunz & Parson (2009) y OMNR (2011).

### OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DURANTE LA ETAPA PRE-CONSTRUCCIÓN

1. Estimar la diversidad de especies de murciélagos (estructura, composición de especies) en las zonas potencialmente afectadas por el desarrollo eólico.
2. Determinar patrones de actividad y uso de hábitat de los murciélagos presentes y su relación con las condiciones climáticas, ambientales y de hábitat.

## Metodología

### Diseño del estudio

Definir lo que se comparará: con el fin de evaluar, efectivamente, si las instalaciones tendrán o no alguna influencia sobre los murciélagos debe considerarse en el diseño del muestreo la comparación de aquello que se medirá antes y después de la construcción o entre el sitio de construcción y otro sitio control de similares condiciones. Para el monitoreo futuro es recomendable evaluar sitios control. Además, es importante definir el nivel de comparación que se establecerá dentro del muestreo pre-construcción (e.g. comparar entre épocas, entre microhábitats).

## Variables de monitoreo pre-construcción

Para el objetivo 1. Estimar la diversidad de especies de murciélagos (estructura, composición de especies) en las zonas potencialmente afectadas por el desarrollo eólico.

- Línea base (1 a 2 años, durante el estudio de factibilidad eólica)
  - Evaluación de diversidad: variación temporal y espacial dentro y fuera del área (evaluar sitios control es recomendable para el monitoreo futuro).
    - Abundancia relativa de especies capturadas con redes de neblina. El uso de redes de neblina se recomienda basado en la posible presencia de murciélagos susurrantes (e.g. filostómidos).
    - Actividad acústica: se contará el número de pases (mínimo cuatro elementos consecutivos de ecolocalización) por especie, grabados con equipos de detección acústica.
    - Riqueza: número de especies clasificadas por estado de conservación, hábitos de alimentación y rol ecológico.
    - Diversidad: curvas rango abundancia, curvas de acumulación de especies, curvas de rarefacción.
    - Evaluación de uso de hábitat: identificación de refugios, áreas de alimentación y su variación temporal y espacial a lo largo del período de estudio.
    - Identificación de sitios de paso y migración.
  - Evaluar la presencia de especies endémicas, migratorias, amenazadas, rara o protegidas a nivel nacional e internacional.

Para el objetivo 2. Determinar patrones de actividad y uso de hábitat de los murciélagos presentes y su relación con las condiciones climáticas, ambientales y de hábitat.

- Evaluar los patrones de actividad de los murciélagos en relación a las condiciones climáticas del área considerando la velocidad del viento, temperatura, humedad relativa, o neblina.
- Determinar los patrones de actividad entre los diferentes tipos de hábitat dentro del área considerando la presencia de hábitats de refugio, alimentación y cuerpos de agua.

### Consideraciones técnicas pre-construcción

- **Captura con redes de neblina.** Considerar que el uso de redes de neblina es fundamental para realizar los estudios sobre murciélagos, pero no es suficiente. Las redes de neblina deben complementarse con monitoreo acústico y, siempre que sea posible, con las tecnologías punta que surjan, tales como cámaras térmicas.
- **Rastreo.** Es importante el rastreo de murciélagos en el área para determinar si los sitios de construcción son utilizados como refugio. Considerando que hay especies de hábitos solitarios que pueden usar como refugio el follaje de árboles y arbustos o grietas de rocas; como también especies de murciélagos que viven en grandes colonias y que pueden usar cuevas o construcciones humanas en el área.
- **Grabadores ultrasónicos para el registro y grabación de los pases de murciélagos.**
  - El número de grabadores ultrasónicos dependerá de la variación del hábitat y el área de estudio.
  - Los detectores deberían ser colocados a múltiples alturas preferentemente a altura humana y a la altura más cercana de las góndolas de las torres a ser instaladas.
  - Las grabaciones ultrasónicas deben ser realizadas cuando los murciélagos están activos: ½-hr antes del atardecer y hasta ½-hr después del amanecer.
  - Realizar un muestreo de al menos dos noches de grabaciones ultrasónicas al mes durante el período de actividad de los murciélagos en la localidad en cuestión.
  - Cuando no se conozcan los patrones de conducta de los murciélagos en un lugar en particular, las grabaciones ultrasónicas deben hacerse considerando el año completo, así como considerando cualquier variación estacional.

### OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DURANTE LA ETAPA POST-CONSTRUCCIÓN

1. Determinar la composición de especies vivas y muertas.
2. Estimar la tasa de mortalidad.
3. Relacionar las fatalidades con las condiciones climáticas y/o ambientales o de hábitat.
4. Determinar los riesgos potenciales para minimizar el impacto, si se justifica.
5. Evaluar el éxito de las medidas de mitigación, si se justifica.

## Metodología

### Diseño del estudio

Definir lo que se comparará: con el fin de evaluar efectivamente si las instalaciones tienen o no alguna influencia sobre los murciélagos debe considerarse en el diseño del muestreo pre-construcción la comparación de aquello que se medirá antes y después de la construcción o entre el sitio de construcción y otro sitio control de similares condiciones. Evaluar sitios control es recomendable para el monitoreo post-construcción. Además, es importante definir el nivel de comparación que se establecerá dentro del muestreo post-construcción (e.g. comparar entre épocas, entre microhábitats, entre torres).

### Variables de monitoreo post-construcción

#### Para el objetivo 1. Estimar la tasa de mortalidad

- Determinar el número y la identidad de murciélagos muertos (carcasas) en cada torre a evaluar.
- Estimar la tasa de remoción de carcasas por carroñeros y depredadores en el área.
- Estimar la velocidad de descomposición de carcasas bajo las condiciones locales de humedad y temperatura.
- Identificar las causas de mortalidad de los murciélagos por efecto directo de las torres.
- Determinar la tasa de mortalidad por fatalidades a nivel de torre y parque.

#### Para el objetivo 2. Estimar la composición de especies vivas y muertas.

- De largo plazo (1 a 3 años, durante el funcionamiento de la eólica).
  - Evaluación de diversidad: variación temporal y espacial dentro y fuera del área (evaluar sitios control es recomendable para el monitoreo futuro).
    - Abundancia: abundancia relativa de especies capturadas con redes de neblina.
    - Actividad acústica: se contará el número de pases (mínimo cuatro elementos consecutivos de ecolocalización) por especie, grabados con equipos de detección acústica.
    - Riqueza: número de especies clasificadas por estado de conservación, hábitos de alimentación y rol ecológico.

- Diversidad: curvas rango abundancia, curvas de acumulación de especies, curvas de rarefacción.
- Evaluación de uso de hábitat: identificación de refugios y su variación temporal y espacial a lo largo del período de estudio
- Identificación de sitios de paso y migración.

**Para el objetivo 3. Relacionar las fatalidades con las condiciones climáticas y/o ambientales o de hábitat.**

- Evaluar los patrones de diversidad, uso de hábitat y actividad de los murciélagos en relación a las condiciones climáticas del área considerando la velocidad del viento, temperatura, humedad relativa, y/o neblina.

**Para el objetivo 4. Determinar los riesgos potenciales para minimizar el impacto, si se justifica.**

- Determinar niveles de mortalidad aceptables considerando la identidad de la especie y su estado de conservación a nivel nacional e internacional.
- Determinar y evaluar la mejor estrategia para minimizar el impacto sobre la mortalidad de murciélagos.

**Para el objetivo 5. Evaluar el éxito de las medidas de mitigación, si se justifica.**

- Comparar la tasa de mortalidad antes y después de la aplicación de las medidas de mitigación.

**Consideraciones técnicas para la evaluación de mortalidad:**

- Evaluación de eficiencia de búsqueda.
  - Utilizar murciélagos y no sustitutos (e.g. ratones) para las estimaciones.
  - Realizar las búsquedas con humanos o en su defecto perros.
  - Considerar las pruebas en suelos con distintos tipos de cobertura vegetal.
  - Comparar éxito en recuperación de cuerpos durante la noche y al día siguiente.
- Evaluación de remoción de cuerpos (carroñeo).
  - Realizar estimaciones de la tasa de remoción natural de cuerpos al menos dos veces al año utilizando murciélagos y no sustitutos.

- La frecuencia de las revisiones de fatalidades de murciélagos debe ser mínimo semanalmente por todos los meses del período de actividad conocida de los murciélagos en el área de estudio.
- En parques con más de 30 turbinas, un 33 % de ellas deben ser examinadas, teniendo cuidado de abarcar al área entera del parque evaluado. En parques con menos de 30 turbinas, un mínimo de 10 turbinas debe ser evaluadas. En parques con menos de 10 turbinas, todas deben ser evaluadas.
- La manera de seleccionar las turbinas debe ser estadísticamente justificable (e. g. al azar estratificado).
- La mortalidad estimada debe calcularse utilizando un método justificable a base de: número de fatalidades, eficiencia, proporción área monitoreada y carroñeo.
- Para cada cuerpo encontrado debe tomarse, hasta donde sea posible, información sobre especie, sexo, fecha, localización con respecto a la turbina, condición de la carcasa, cobertura vegetal de la parcela de evaluación.

#### MEDIDAS DE ACCIÓN POR ETAPAS

- Anulación o reubicación del proyecto o torres particulares propuestas, durante pre-construcción.
- Mitigación: vigilancia preventiva, manejo de velocidad del viento de arranque determinada caso a caso según los patrones de mortalidad registrados en el monitoreo post-construcción, técnicas repelentes de murciélagos según se desarrollen.
- Compensación: creación de áreas protegidas, refugios, financiar investigación, facilitar información, proyectos de educación.

#### TÉCNICAS DE EVALUACIÓN Y DISEÑO DE ESTUDIOS

- **Técnicas**
  - Diversidad: acústica, rastreo.
  - Actividad: actividad relativa de pases.
  - Uso de hábitat: acústica, rastreo.
  - Mortalidad: rastreo, y estimaciones estadísticas considerando detectabilidad, remoción de carcassas y tasas de encuentro.
- **Diseño del estudio:**
  - Definición de áreas control y tratamiento para la evaluación de los patrones de diversidad, abundancia y actividad de murciélagos.

- Tamaño de muestra representativo en tiempo y espacio.

#### COMENTARIOS FINALES

- Los impactos potenciales del desarrollo de parques eólicos serán sitio-específicos y dependerán de las especies y hábitats presentes. La presencia de especies raras, especies de interés para la conservación, refugios conocidos, o especies que han sido identificadas como en riesgo de impactos, deben ser consideradas desde el principio y diseñar estudios pre-construcción y monitoreo post-construcción para hacer frente a los impactos potenciales relacionados con las mismas.
- Cualquier desviación de las directrices de seguimiento aquí recomendadas siempre deberán reconocerse claramente en los informes y acompañado con una clara justificación basada en conocimiento científico, la evidencia y la experiencia.

#### AGRADECIMIENTOS

Renzo Vargas Rodríguez y Armando Rodríguez Durán agradecen a: Susi Missel Pacheco, Gonzalo Ossa, Ana L. Rodales, Luis Girón de los Programas para la Conservación de Murciélagos de Brasil, Chile, Uruguay, El Salvador y Cris D. Hein de Bat Conservation International por su participación del I Simposio sobre Murciélagos y Eólicos realizado en el marco del I Congreso Latinoamericano y del Caribe sobre Murciélagos (COLAM). El COLAM, RELCOM, Fundación Rufford, y BCI proveyeron apoyo financiero y logístico para materializar la realización del Simposio facilitando la participación de todos los expositores. ARD agradece a la Universidad Interamericana, Recinto de Bayamón, a la red de La Rábida, Mónica Díaz, Rubén Barquez y la Universidad de Tucumán por hacer posible la Reunión sobre Eólicos en Tucumán, Argentina. A Bernal Rodríguez Herrera y Marcos Retana por su contribución en la reunión de Tucumán. RVR agradece a la Universidad de La Serena y el proyecto FONDECYT 13150429 por financiar la participación en la reunión de Tucumán.

#### BIBLIOGRAFÍA

Arnett, E. B., & E. F. Baerwald (2013). Impacts of wind energy development on bats: implications for conservation. In *Bat evolution, ecology, and conservation* (pp. 435-456). Springer New York.

- Berthinussen, A., O. C. Richardson & J. D. Altringham. (2014). Bat conservation: evidence for the effects of interventions. Pelagic Publishing. Exeter, UK.  
<http://www.conservationevidence.com/synopsis/download/14>
- Girón, L. (2014). Crecimiento de proyecto de energía eólica en Centroamérica ¿nos deberían preocupar los murciélagos? Trabajo presentado en el simposio “El desarrollo energético eólico y su impacto en los murciélagos de Latinoamérica y el Caribe: fundamentos para el establecimiento de lineamientos de evaluación de impactos en la RELCOM” realizado en el I COLAM, Quito, Ecuador.
- GWEC (2014). Global Wind Energy Outlook 2014. Global Wind Energy Council & Greenpeace International. [http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2014/10/GWEO2014\\_WEB.pdf](http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2014/10/GWEO2014_WEB.pdf)
- Hein, C. (2014). Los murciélagos y el desarrollo de energía eólica en los Estados Unidos. Trabajo presentado en el simposio “El desarrollo energético eólico y su impacto en los murciélagos de Latinoamérica y el Caribe: fundamentos para el establecimiento de lineamientos de evaluación de impactos en la RELCOM” realizado en el I COLAM, Quito, Ecuador.
- Kunz, T. H. & S. Parsons (2009). Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats. 2nd Edition. Baltimore: Johns Hopkins University Press. 901 pp.
- Ossa, G., A. Rodríguez-San Pedro, C. Juárez & R. Vargas-Rodríguez. (2014). La conservación de los murciélagos y el desarrollo eólico: el caso de Chile. Trabajo presentado en el simposio “El desarrollo energético eólico y su impacto en los murciélagos de Latinoamérica y el Caribe: fundamentos para el establecimiento de lineamientos de evaluación de impactos en la RELCOM” realizado en el I COLAM, Quito, Ecuador.
- ONTARIO MINISTRY OF NATURAL RESOURCES. 2011. Bats and Bat Habitats: Guidelines for wind power projects. Ministry of Natural Resources, Ontario. 24 pp.  
[www.mnr.gov.on.ca/en/Business/Renewable/index.html](http://www.mnr.gov.on.ca/en/Business/Renewable/index.html).
- Pacheco, S. M., M. Barros, V. L. Azevedo & M. Etges. (2014). Parques eólicos e a conservação de morcegos no Brasil. Trabajo presentado en el simposio “El desarrollo energético eólico y su impacto en los murciélagos de Latinoamérica y el Caribe: fundamentos para el establecimiento de lineamientos de evaluación de impactos en la RELCOM” realizado en el I COLAM, Quito, Ecuador.
- Parsons S. & P. Battley (2013) Impacts of wind energy developments on wildlife: a southern hemisphere perspective, *New Zealand Journal of Zoology*, 40:1, 1-4.

- Peste, F., Paula, A., da Silva, L. P., Bernardino, J., Pereira, P., Mascarenhas, M., Costa, H., Vieira, J., Bastos, C., Fonseca, C. & Pereira, M. J. R. (2015). How to mitigate impacts of wind farms on bats? A review of potential conservation measures in the European context. *Environmental Impact Assessment Review*, 51, 10-22.
- RELCOM. (2012). Posición de RELCOM frente a la problemática de los parques eólicos sobre los murciélagos en Latinoamérica y el Caribe. Villa de Leyva, Colombia.  
<http://www.relcomlatinoamerica.net/index.php/que-hacemos/conservacion/18-relcom/36-centrales-eolicas#>
- Rodales, A. L., E. M. González & G. Botto. (2014). Murciélagos y energía eólica en Uruguay. Trabajo presentado en el simposio “El desarrollo energético eólico y su impacto en los murciélagos de Latinoamérica y el Caribe: fundamentos para el establecimiento de lineamientos de evaluación de impactos en la RELCOM” realizado en el I COLAM, Quito, Ecuador.
- Rodríguez-Durán, A. (2014). Observaciones inesperadas sobre los murciélagos en los parques eólicos de la isla de Puerto Rico. Trabajo presentado en el simposio “El desarrollo energético eólico y su impacto en los murciélagos de Latinoamérica y el Caribe: fundamentos para el establecimiento de lineamientos de evaluación de impactos en la RELCOM” realizado en el I COLAM, Quito, Ecuador.
- Rodríguez-Durán, A. and W. Feliciano-Robles. 2015. Impact of wind facilities on bats in the Neotropics. *Acta Chiropterologica*, 17: 365 – 370.
- Vargas-Rodríguez, R. & A. Rodríguez-Durán. (2014). Bases de la propuesta de lineamientos de evaluación de impacto ambiental de plantas de energía eólica sobre murciélagos en Latinoamérica y el Caribe. Trabajo presentado en el simposio “El desarrollo energético eólico y su impacto en los murciélagos de Latinoamérica y el Caribe: fundamentos para el establecimiento de lineamientos de evaluación de impactos en la RELCOM” realizado en el I COLAM, Quito, Ecuador.