



ISSN 2448-508X

KUXULKAB'

-Tierra viva o naturaleza en voz Chontal-

Volumen 24

Número 50

Septiembre-Diciembre 2018



Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
División Académica de Ciencias Biológicas

« REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA »



VISTA AÉREA DE LAS INSTALACIONES DE LA DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS (DACBioI).
División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: Alma Deysi Anacleto Rosas, José Ángel Gaspar Génico y CECOM (UJAT).



UJAT
UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”

DIRECTORIO

Dr. José Manuel Piña Gutiérrez
Rector

Dra. Dora María Frías Márquez
Secretaria de Servicios Académicos

M. en C. Raúl Guzmán León
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

M. en A. Rubicel Cruz Romero
Secretario de Servicios Administrativos

L.C.P. Elena Ocaña Rodríguez
Secretaria de Finanzas

M.C.A. Rosa Martha Padrón López
Directora de la División Académica de Ciencias Biológicas

Dr. Raúl Germán Bautista Margulis
Coordinador de Investigación y Posgrado, DACBIOL-UJAT

M. en A. Arturo Enrique Sánchez Maglioni
Coordinador Administrativo, DACBIOL-UJAT

M. en C. Andrés Arturo Granados Berber
Coordinador de Docencia, DACBIOL-UJAT

Biól. Blanca Cecilia Priego Martínez
Coordinadora de Difusión Cultural y Extensión, DACBIOL-UJAT

COMITE EDITORIAL DE KUXULKAB'

Dr. Andrés Reséndez Medina (†)
Editor fundador

Dra. Lilia María Gama Campillo
Editor en jefe

Dra. Carolina Zequeira Larios
Dra. María Elena Macías Valadez Treviño
Editores asociados

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo
Editor ejecutivo

M.C.A. Ma. Guadalupe Rivas Acuña
L.D.C. Rafael Sánchez Gutiérrez
Correctores de estilo

M.C.A. María del Rosario Barragán Vázquez
Corrector de pruebas

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo
Lic. Ydania del Carmen Rosado López
Téc. Juan Pablo Quiñonez Rodríguez (†)
Diseñadores

L.Comp. José Juan Almeida García
Soporte técnico institucional

M.Arq.; M.A.C. Marcela Zurita Macías Valadez
Traductor

Pas. Lic. Biología José Francisco Juárez López
Apoyo técnico

CONSEJO EDITORIAL (EXTERNO)

Dra. Julieta Norma Fierro Gossman
Instituto de Astronomía, UNAM - México

Dra. Tania Escalante Espinosa
Facultad de Ciencias, UNAM - México

Dr. Ramón Mariaca Méndez
El Colegio de la Frontera Sur, ECOSUR San Cristóbal, Chiapas - México

M. en C. Mirna Cecilia Villanueva Guevara
Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco - México

Dr. Julián Monge Nájera
Universidad Estatal a Distancia (UNED) - Costa Rica

Dr. Jesús María San Martín Toro
Universidad de Valladolid (UVA) - España

ISSN 2448-508X

KUXULKAB'

La revista KUXULKAB' (vocablo chontal que significa «tierra viva» o «naturaleza») es una publicación cuatrimestral de divulgación científica la cual forma parte de las publicaciones periódicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; aquí se exhiben tópicos sobre la situación de nuestros recursos naturales, además de avances o resultados de las líneas de investigación dentro de las ciencias biológicas, agropecuarias y ambientales principalmente.

El objetivo fundamental de la revista es transmitir conocimientos con la aspiración de lograr su más amplia presencia dentro de la propia comunidad universitaria y fuera de ella, pretendiendo igualmente, una vinculación con la sociedad. Se publican trabajos de autores nacionales o extranjeros en español, con un breve resumen en inglés, así como también imágenes caricaturescas.

KUXULKAB' se encuentra disponible electrónicamente y en acceso abierto en la siguiente dirección: www.revistas.ujat.mx; por otro lado se halla citada en:

PERIÓDICA (Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias):
www.dgbiblio.unam.mx

LATINDEX (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal):
www.latindex.unam.mx/index.html

Nuestra portada:

Conflictos ambientales y faunísticos: el quehacer y su estudio en la DACBIOL.

Diseño de:

Fernando Rodríguez Quevedo; División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT.

Fotografías de:

Imágenes de cortesía y obtenidas de www.pixabay.com.

KUXULKAB', año 24, No. 50, septiembre-diciembre 2018; es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) a través de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL). Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura; Col. Magisterial; Villahermosa, Centro, Tabasco, México; C.P. 86040; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; <http://www.revistas.ujat.mx>; kuxulkab@ujat.mx. Editor responsable: Lilia María Gama Campillo. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-090610320400-203; ISSN: 2448-508X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Editor ejecutivo, Fernando Rodríguez Quevedo; Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5; entronque a Bosques de Saloya; CP. 86039; Villahermosa, Centro, Tabasco; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; Fecha de la última modificación: 04 de septiembre del 2018.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la revista, ni de la DACBIOL y mucho menos de la UJAT. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.



Editorial

Estimados lectores:

En este número 50 (septiembre-diciembre, 2018) de **KUXULKAB'**, se presentan cuatro interesantes artículos, principalmente y en su mayoría, relacionados a temas importantes dirigidos al estudio del impacto ambiental, el cambio climático y la interacción faunística. A continuación, brindamos una corta reseña sobre las aportaciones expuestas en este número de la revista.

«Calidad del aire en la cafetería principal de la División Académica de Ciencias Biológicas-UJAT»; aportación donde se hace mención sobre las concentraciones de los contaminante, el impacto en la salud y como puede esto afectar el rendimiento de los estudiantes.

«Impactos ambientales de la energía eólica»; en dicho documento se analizan los efectos negativos respecto al aprovechamiento de la energía eólica, sobre todo si las instalaciones no se planean con una visión sustentable hacia su entorno.

«Estudio de las interacciones humano-fauna silvestre en Tabasco»; escrito donde se expone, de forma general, el estudio de las interacciones humano-fauna, haciendo alusión a la falta de trabajos enfocados a tal problema pero desde una perspectiva socioambiental.

«8^{vo} Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático, sede Península»; material donde se describe las características de dicho evento realizado a nivel nacional, en este caso, teniendo la representatividad local la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), a través de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL).

Siempre es grato tener la oportunidad de reconocer el interés de la comunidad en considerarnos como un espacio para compartir sus resultados, reflexiones e ideas, siendo objetivos al fortalecimiento de la divulgación científica. Además, este trabajo solo es posible gracias a la labor de los profesores e investigadores que nos apoyan en la revisión y dictamen del material que nos hacen llegar, con el fin de garantizar la calidad de nuestra revista. De la misma forma reiteramos el agradecimiento al grupo editorial, su apoyo profesional es lo que nos permite mantener nuestra publicación.

Cabe señalar, que con más de dos décadas del decidido impulso que las autoridades de la División Académica de Ciencias Biológicas dan a **KUXULKAB'**, ratificamos nuestra invitación a utilizar esta plataforma de divulgación para compartir la información que, desde cada una de sus áreas de trabajo generan día a día.

Lilia María Gama Campillo
EDITOR EN JEFE DE KUXULKAB'

Rosa Martha Padrón López
DIRECTORA DE LA DACBIOL-UJAT

Contenido

CALIDAD DEL AIRE EN LA CAFETERÍA PRINCIPAL DE LA DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS-UJAT 05-13

AIR QUALITY OF THE MAIN CAFETERIA AT DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS-UJAT

Jhonnatan del Jesús García Ricárdez & Elizabeth Magaña Villegas

IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ENERGÍA EÓLICA 15-22

ENVIRONMENTAL IMPACTS OF WIND ENERGY

Geovanni Hernández Galvez, Liliana Pampillón González & Lianys Hernández Almenares

ESTUDIO DE LAS INTERACCIONES HUMANO-FAUNA SILVESTRE EN TABASCO 23-30

STUDY OF HUMAN-WILDLIFE INTERACTIONS IN TABASCO

Luis Enrique Heredia Montes, Elías José Gordillo Chávez & Claudia Villanueva García

8^{VO} CONGRESO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN CAMBIO CLIMÁTICO, SEDE PENÍNSULA 31-35

8TH NATIONAL CONGRESS OF RESEARCH ON CLIMATE CHANGE, PENINSULA HEADQUARTERS

Lilia María Gama Campillo & Rosa Martha Padrón López

IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ENERGÍA EÓLICA

ENVIRONMENTAL IMPACTS OF WIND ENERGY

Geovanni Hernández Galvez^{1✉}, Liliana Pampillón González² & Lianys Hernández Almenares³

¹Licenciado en Física; Maestro en Energías y Doctor en Ingeniería. Profesor-investigador en la Universidad Popular de la Chontalpa (UPCH). Realiza investigaciones en las áreas de energía eólica y optimización multicriterio de sistemas híbridos. ²Licenciada en Ingeniería Ambiental por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Maestra en Ciencias con especialidad en fisicoquímica por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV, unidad Mérida) del Instituto Politécnico Nacional (IPN); Doctora en Ciencias con especialidad en desarrollo científico y tecnológico para la sociedad por el CINVESTAV (unidad D.F.). Profesora-investigadora de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiología-UJAT); su trabajo de investigación se desarrolla en el contexto del cambio climático y sustentabilidad energética. ³Egresada del Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios (CBTis #32). Actualmente estudiante de la Licenciatura en Ingeniería Ambiental de la DACBiología-UJAT.

División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiología); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, entronque a Bosques de Saloya; C.P. 86039; Villahermosa, Tabasco; México.

✉ geovannisg@yahoo.com

 0000-0002-1120-1014

 0000-0003-0216-700X

Como referenciar:

Hernández Galvez, G.; Pampillón González, L. & Hernández Almenares, L. (2018). Impactos ambientales de la energía eólica. *Kuxulkab'*, 24(50): 15-22, septiembre-diciembre. DOI: <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a24n50.2851>

Disponible en:

<http://www.revistas.ujat.mx>

<http://www.revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>

DOI: <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a24n50.2851>

Resumen

La energía eólica es una de las fuentes renovables que más se ha estado aprovechando a nivel internacional, debido fundamentalmente a que sus costos y emisiones de gases de efecto invernadero en el ciclo de vida son menores que el de otras tecnologías de generación de electricidad. Sin embargo, su aprovechamiento puede provocar impactos ambientales negativos, sobre todo si las instalaciones no se planean con un enfoque de sustentabilidad. En este trabajo se realiza un análisis de dichos efectos negativos, agrupándolos en tres tipos: impacto sobre la flora y la fauna; impacto sobre el paisaje; y emisión de ruidos. Entre las principales medidas que se deben llevar a cabo para la mitigación de daños en los parques eólicos se encuentran los siguientes: recuperación de la cobertura vegetal, reforestación, rescate de las actividades agrícolas o de pastoreo, correcta señalización de las turbinas eólicas, soterrado de líneas eléctricas y monitoreo constante del paso de aves.

Palabras clave: Energía eólica; Aerogeneradores; Trilema energético; Impacto ambiental.

Abstract

Wind energy is one of the renewable sources most widely used taking the benefit at an international level, mainly because its costs and emissions of greenhouse gases in the life cycle are lower than in other technologies of electricity generation. However, their use can cause negative environmental impacts, especially if the facilities are not planned with a sustainability approach. In this work, an analysis of these negative effects is carried out, considering three types: impact on flora and fauna; impact on the landscape; and noise emission. Among the main measures that must be carried out to mitigate damage at wind farms, the following ones are identified: recovery of vegetation cover, reforestation, recovery of agricultural activities or grazing, correct signaling of wind turbines, buried of power lines and constant monitoring of birds passage.

Keywords: Wind energy; Wind turbines; Energy trilemma; Environmental impact.

El consumo mundial de la energía continúa dependiendo, en gran medida, del uso de combustibles fósiles, fundamentalmente el carbón, petróleo y gas natural. La Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) señala que, en el año 2015, aproximadamente el 80.7 % de la energía primaria consumida en el mundo provino de dichas fuentes; representando las renovables solo el 19.3 % restante. Ello ha traído como consecuencia las emisiones de grandes cantidades de dióxido de carbono (CO_2) a la atmósfera. Según dicha fuente, en el 2015 tales emisiones alcanzaron las 32.3 Giga toneladas de dióxido de carbono (GtCO_2) a nivel global, comparable con los niveles del 2014; siendo los principales responsables China (28 %), Estados Unidos (15 %), Unión Europea (10 %), India (6 %), Federación Rusa (5 %), Japón (4 %), Corea (2 %), Canadá (2 %), Brasil (1 %) y México (1 %); (IEA, 2018).

Para mitigar dichas emisiones, se han identificado e implementado varias alternativas, entre las cuales se encuentra el uso de fuentes renovables, en particular, en el sector del suministro de energía. Las que están siendo aprovechadas son la hidroeléctrica, la solar fotovoltaica y la eólica; representando de conjunto más del 90 % de la capacidad global instalada en renovables hasta el 2017, que alcanzó los 2,179 gigavatios (GW); (IRENA, 2018).

La energía eólica no es más que aquella contenida en las masas de aire en movimiento (energía cinética), o sea, en el viento. Es una forma indirecta de aprovechamiento de la radiación solar, ya que se origina por la diferencia de calentamiento entre diversos puntos de la superficie terrestre. Los primeros en aprovecharla fueron los egipcios, para mover embarcaciones a velas y moverse por el río Nilo transportando sus productos. Luego aparecieron los llamados molinos de viento, que tuvieron entre otros usos la extracción de aceites de diversas variedades de semillas y el bombeo de agua (típico de zonas agrícolas y ganaderas).

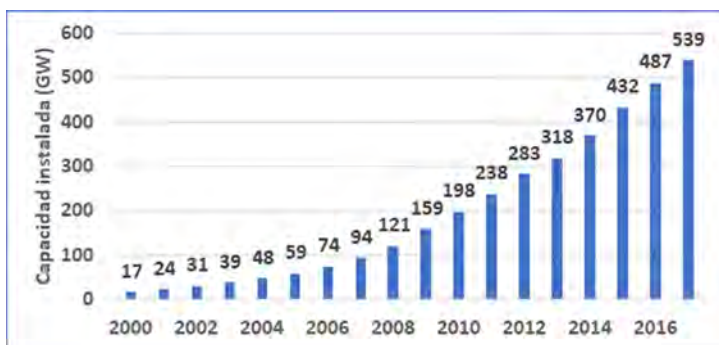
Hoy en día, la tecnología más ampliamente utilizada es la de los aerogeneradores; máquinas que convierten la energía cinética contenida en el viento a electricidad (figura 1). Las mismas disponen de un conjunto de aspas (tres por lo general) que se encargan de recibir la energía del viento y transmitirla a un eje, que gira y se acopla a un multiplicador de velocidades (caja de engranes). Este último es el encargado de elevar las revoluciones por minutos de dicho eje (energía mecánica de rotación) y transmitirlas a través de un eje de alta velocidad a un generador eléctrico, que es finalmente quién la transforma a energía eléctrica. El aerogenerador es gobernado por un sistema de control electrónico que decide, entre otras cosas, cuando el rotor debe comenzar a girar y cuando debe parar; en este último caso para protegerse de vientos excesivos. Además, el diseño de los aerogeneradores les posibilita seguir la dirección del viento, lo que, unido a su ubicación sobre una torre tubular de más de 80 metros de altura, le permite captar más energía cinética y por lo tanto producir más electricidad.

Las tecnologías eólicas son variadas, tanto en fabricantes como en modelos, tamaños y diseños conceptuales. Varían en potencia desde unos pocos vatios (pequeños aerogeneradores) hasta aquellos diseñados para parques eólicos, que suelen tener potencias superiores a 1 megavatios (MW). Ya existen aerogeneradores comerciales que alcanzan potencias de 5 MW y se encuentran en diferentes fases de desarrollo máquinas de 7 MW y 10 MW.

«Los aerogeneradores son máquinas que convierten la energía cinética contenida en el viento a electricidad. Este desarrollo eólico está liderado por Alemania, China y Estados Unidos. En México la energía eléctrica producida por tecnología eólica representa el 1 % del consumo nacional»



Figura 1. Estructura típica de un aerogenerador (IFM, 2018; cortesía).



Gráfica 1. Capacidad eólica acumulada durante el periodo 2000-2017 (GWEC, 2018b).

Estas últimas son diseñadas fundamentalmente para aplicaciones en el mar (instalaciones "offshore"). Al finalizar el 2017 la potencia eólica total instalada en todo el mundo ascendió a 539 GW; mostrando un continuo crecimiento principalmente en países de Asia, Europa y Norteamérica (gráfica 1).

El desarrollo eólico mundial está liderado por China, Estados Unidos y Alemania. China acumula el 34.9 % de la capacidad eólica global instalada, mientras que Estados Unidos y Alemania acumulan el 16.5 % y el 10.4 % respectivamente. Entre los diez países líderes, que incluyen además a la India,

España, Reino Unido, Francia, Brasil, Canadá e Italia, acumulan el 84.7 % de la capacidad eólica instalada en todo el mundo (GWEC, 2018a). Entre tanto, en México ya se dan pasos importantes y la energía eléctrica producida a partir de tecnologías eólicas representa alrededor del 1 % del consumo nacional. Según cifras publicadas por la Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE), al finalizar el 2017 ya habían instalados en el país 4,005 MW de potencia eólica, misma que se espera aumente a 12,823 MW a finales del 2020. Algunos estados donde se desarrollan proyectos son Baja California, Chiapas, Jalisco, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas, Zacatecas y Yucatán, entre otros (AMDEE, 2018).

El potencial existente en el país es mucho mayor al que hasta hoy se está aprovechando; reportes del Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL), estiman que pudiesen existir alrededor de 30 GW explotables. Sin embargo, para lograr una mayor utilización de esta fuente renovable de energía en México, es necesario superar una serie de barreras, relacionadas con la falta de eslabones importantes en la cadena de valor de la industria eólica nacional. Adicionalmente, el desarrollo de proyectos eólicos equilibrados en lo social, lo ambiental y lo económico es un gran reto al que debemos enfrentarnos y para lo cual se necesita la participación transdisciplinaria de gobiernos, instituciones, empresas y sociedad en general. Lo anterior se enmarca en los esfuerzos internacionales, para llevar a cabo la transición hacia un sector energético sustentable.

El desarrollo sustentable ha sido definido como aquel que permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades. Este es un concepto general, que abarca todas las acciones de desarrollo que tengan lugar en el planeta. Alineado a él, el Consejo Mundial de Energía ("WEC" por sus iniciales en inglés) ha venido desarrollando el concepto de trilema energético.

El trilema energético se define como el equilibrio entre tres dimensiones principales: seguridad energética, equidad energética y protección ambiental. Esquemáticamente se representa mediante un triángulo equilátero, en cuyos vértices se ubican las dimensiones antes mencionadas (figura 2).

El WEC considera que la seguridad energética debe garantizar una gestión eficaz del suministro de energía a partir de fuentes nacionales y externas (tanto para importadores como exportadores netos de energía); la fiabilidad de las infraestructuras energéticas; así como la capacidad de las empresas de energía para satisfacer la demanda actual y futura. Por otro lado, la equidad energética incluye la accesibilidad y asequibilidad del suministro de energía para toda la población; mientras que la protección ambiental considera la eficiencia y ahorro energético (tanto desde el punto de vista del suministro como del de la demanda); la oferta de energías renovables y de otras fuentes bajas en carbono.

El trilema energético sirve de guía a los diferentes países para la búsqueda de soluciones energéticas equilibradas, alineadas al desarrollo sustentable. Los resultados alcanzados por ellos en tal sentido, pueden ser medidos en términos del índice del trilema energético. Los primeros diez países atendiendo a dicho índice al finalizar el 2017 son Dinamarca, Suecia, Suiza, Holanda, Reino Unido, Alemania, Noruega, Francia, Nueva Zelanda y Eslovenia. México ocupa el lugar 57 (WEC, 2018). Es un enfoque conceptual que se debe tener en cuenta en el desarrollo de cualquier proyecto de generación de energía; desde la etapa de diseño conceptual, hasta su construcción, instalación y desmantelamiento.

Para el caso particular de la energía eólica, el trilema implica diseñar tecnologías que tengan un mínimo impacto ambiental negativo en su ciclo de vida, así como realizar una planeación sustentable de las instalaciones de generación (sobre todo si se trata de parques eólicos). Ello es un gran desafío, pues además de minimizar los impactos sociales y ambientales negativos, se debe producir electricidad a costos competitivos con la proveniente de fuentes convencionales; que sean asequibles para todos los usuarios, pero que a la vez genere ganancias para las empresas generadoras y distribuidoras de la electricidad.

Impactos de las instalaciones eólicas

El impacto ambiental que puede tener una instalación eólica depende, en gran medida, del tamaño de la misma y el entorno que le rodea. No es el mismo impacto causado por aerogeneradores aislados, que el producido por un parque eólico (varios aerogeneradores en un lugar determinado). Los parques eólicos pueden ser terrestres ("onshore") o marinos ("offshore") y las afectaciones que puedan originar, son fuertemente dependientes del emplazamiento.



Figura 2. Esquema del trilema energético (WEC, 2018).

Tampoco tienen el mismo impacto las instalaciones realizadas cerca de núcleos poblacionales que las alejados de ellas; o aquellas realizadas en Áreas Naturales Protegidas en relación a las ubicadas en sitios sin restricciones ambientales fuertes. Básicamente los impactos ambientales provocados por los parques eólicos se suelen agrupar en tres tipos: *Impacto sobre la flora y la fauna*; *Impacto sobre el paisaje*; y *Emisión de ruidos*. A continuación, serán analizados cada uno de ellos, viendo cómo se manifiestan durante las diferentes fases de un parque eólico: fases de construcción, operación y desmantelamiento.

Impacto sobre la flora y la fauna. Las principales afectaciones a la flora y la fauna se producen durante las fases de construcción y operación del parque. Durante la construcción se realizan actividades que pueden causar afectaciones a la fauna ya sea por ocupación de su hábitat o por alteraciones de su calidad. Lo anterior está dado por la necesidad de construir vías de acceso, zanjas, edificaciones para almacenaje de equipos y materiales, salas de control y monitoreo del parque, cimentaciones de las turbinas eólicas, así como líneas eléctricas y estaciones de transformadores (fotografía 1).

Según Habib y colaboradores (citado por Zadúa, 2012), la reducción en la calidad del hábitat puede provocar una disminución en la capacidad reproductiva, así como en la disponibilidad de alimentos. Adicionalmente, Drewitt & Langston (citado por Zadúa, 2012) plantean, que las aves podrían evitar las zonas donde hay aerogeneradores debido a sus efectos visual y acústico o al movimiento de vehículos y personas.



Fotografía 1. Movimientos de tierra asociados a la construcción de parques eólicos.



Fotografía 2. Aves volando dentro de un parque eólico.

Además, durante la fase de operación se producen afectaciones a la avifauna principalmente, dadas por la colisión de estas con las aspas de las turbinas eólicas y con las líneas eléctricas.

Los estudios de impacto ambiental, previos a la instalación de parques eólicos, deben considerar el paso de aves tanto migratorias como residentes. Las más afectadas son aquellas que realizan su vuelo durante la noche, ya que les resulta más difícil divisar los aerogeneradores y las líneas eléctricas. Esta situación se agudiza durante las llamadas

'noches catastróficas', porque debido a las condiciones climatológicas adversas las aves bajan su altura de vuelo, aumentando la probabilidad de colisión (Mur, 2008).

Impacto sobre el paisaje. Del impacto visual se puede decir que tiene un carácter subjetivo bien marcado. Depende de cada individuo, pues lo que para unos puede resultar atractivo, para otros, puede ser molesto desde el punto de vista estético (Mur, 2008). También depende de que tanto el paisaje ha sido intervenido con anterioridad, y de cómo el diseño de las turbinas eólicas se acopla con las características del paisaje. Este aspecto puede resultar contraproducente si solo se basa en la adecuación del color de las turbinas eólicas al paisaje, ya que ello podría aumentar la probabilidad de colisión de las aves, al resultarles más difícil distinguir las turbinas eólicas del resto del paisaje.

El impacto visual también depende de la topografía del lugar, de sus condiciones climáticas, de la vegetación circundante, de la distancia a la que se ubica el parque de las poblaciones, entre otras. Por ejemplo, en la fotografía 2 se puede ver cómo las condiciones climáticas afectan la visibilidad de las turbinas eólicas, disminuyendo hasta cierto punto el impacto visual.

Además, estos parques eólicos se encuentran alejados de las personas que habitan la región. En contraposición, una mayor afectación paisajística y visual es provocada por parques eólicos ubicados próximos a núcleos poblacionales (fotografía 3).

Emisión de ruidos. Las afectaciones por ruidos son otras de las causas que alientan las críticas hacia los parques eólicos. Durante la fase de construcción, el movimiento de maquinarias puede ocasionar ruido mecánico que afecta a las personas y a los animales. Las aves pueden ver afectada su nidificación; por ejemplo, especies como las rapaces llegan a abandonar sus nidos afectadas por el ruido. Durante la fase de operación, el ruido proviene fundamentalmente del funcionamiento de las turbinas eólicas: de los engranajes del multiplicador (ruido mecánico); del generador eléctrico, de los equipos de ventilación y los transformadores (ruido eléctrico); y de las aspas del rotor eólico (ruido aerodinámico).

En la tabla 1 se muestran algunos niveles típicos de ruido, donde se puede observar que a 350 m de distancia un parque eólico provoca niveles de ruido parecidos a los de un dormitorio silencioso o de un ruido nocturno en el campo (Moreno, s.f.).



Fotografía 2. Parque eólico en 'La Rumorosa' (izquierda); sitio no especificado (derecha).



Fotografía 3. Parque eólico en Shanghai, China (izquierda); Parque eólico en Abenheim, Alemania (derecha).



Fotografía 4. Turbina eólica dañada (izquierda); Parque eólico en repotenciación (derecha).

Tabla 1. Niveles de ruido típicos comparados con el de un parque eólico distante.

Fuentes de ruido	Nivel de ruido dB (A)
Ruido nocturno en el campo	20-40
Dormitorio silencioso	35
Parque eólico, a 350 m de distancia	35-45
Automóvil moviéndose a 65 km/h, a 100 metros de distancia	55
Oficina bulliciosa en plena actividad	60
Camión moviéndose a 50 km/h, a 7 metros de distancia	95
Perforadora neumática, a 7 metros de distancia	95
Avión a reacción, a 250 metros de distancia	105
Umbral del dolor, daños al oído	140

Tabla 2. Comparación de sistemas convencionales con tecnologías renovables con base a emisiones equivalentes de CO₂ en el ciclo de vida (Varun, Bhat I.K. & Prakash R., 2009).

Tecnologías convencionales		Tecnologías renovables	
Fuente de energía	gCO ₂ eq./kWh	Fuente de energía	gCO ₂ eq./kWh
Carbón	975.3	Eólica	9.7-123.7
Petróleo	742.1	Solar fotovoltaica	53.4-250
Gas natural	607.6	Biomasa	35-178
Nuclear	24.2	Solar térmica	13.6-202
		Hidroeléctrica	3.7-237

Sin embargo, estos valores no deben ser tomados de manera absoluta, debido a que la propagación del ruido está influenciada por diversos factores del medio que lo transporta. Por ejemplo, la propia velocidad del viento puede afectar la transmisión del ruido. Si las poblaciones se encuentran ubicadas viento-abajo, es más probable que sientan el ruido provocado por los aerogeneradores.

En muchos países se ha regulado la instalación de parques eólicos de tal manera que se disminuyan las afectaciones por ruido. En Alemania, por ejemplo, se ha establecido que sean instalados a distancias tales que los pobladores más cercanos no perciban un nivel de ruido superior a 45 dB (para ello basta con instalar las turbinas más allá de 1 km de distancia a las poblaciones). En Dinamarca el nivel admisible de ruido en zonas residenciales es de 40 dB, mientras que en Holanda es de 45 dB durante el día y 35 dB durante la noche (Moreno, s.f.).

De cualquier manera, lo más recomendable es que las grandes instalaciones eólicas no se ubiquen tan próximas a los núcleos poblacionales. Esto no solo disminuiría los impactos negativos por ruido, sino que además garantizaría que las personas estén menos expuestas al desprendimiento de aspas o caídas de torres provocadas por fenómenos adversos.

Otros impactos. Otros efectos podrían estar asociados a la fase de desmantelamiento de las instalaciones eólicas. Normalmente suelen ocurrir dos situaciones: la primera puede corresponder al desmontaje de turbinas eólicas averiadas (fotografía 4) o que ya llegaron al fin de su vida útil; mientras que el segundo caso corresponde a la repotenciación ("repowering") de parques eólicos. La repotenciación consiste en la sustitución de turbinas eólicas ya instaladas por otras de mayor potencia y tecnológicamente más avanzadas. Esta opción permite reducir la cantidad de turbinas eólicas en el parque, disminuir el ruido producido ya que son tecnológicamente superiores, reducir el área ocupada por las turbinas y aumentar la cantidad de energía entregada.

En ambos casos, los impactos podrían estar asociados a los residuos que se generan, pero un plan adecuado para su manejo puede evitar las posibles afectaciones al medioambiente. El desmantelamiento de turbinas eólicas debe estar acompañado de la restauración de los terrenos utilizados. Además de las afectaciones que pueden provocar los parques eólicos al medioambiente, ellos también tienen impactos positivos; de hecho, son los que han permitido que esta opción de generación de electricidad esté formando parte de los mercados eléctricos de muchos países. En comparación con las centrales convencionales de generación eléctrica, sus emisiones de gases de efecto invernadero son mucho menores. Durante la operación de los parques eólicos dichas emisiones son muy bajas, sin embargo, un análisis en el ciclo de vida arrojaría emisiones durante la fase de fabricación de las turbinas eólicas.

Normalmente las emisiones se expresan en cantidades equivalentes de CO₂. Las emisiones equivalentes de las tecnologías renovables dependen en gran medida del país donde sean fabricadas. Esto es debido a que la matriz energética varía de un país a otro, y las capacidades y desarrollos tecnológicos también varían. No deja la misma huella una turbina eólica producida en un país donde un alto por ciento de la electricidad proviene de las renovables, que en aquel donde proviene del carbón. Estos son, entre otros factores, las principales causas de los rangos de variación observados en la tabla 2 en las tecnologías renovables.

Otra ventaja que presentan los parques eólicos es la creación de empleos, tanto directos como indirectos. Muchos de dichos empleos tienen carácter temporal pues se crean durante la fase de construcción del parque; otros son empleos directos asociados con la operación y mantenimiento del parque, así como empleos indirectos creados en la cadena de valor de la industria eólica.

Conclusiones

La energía eólica es una fuente renovable que está siendo ampliamente utilizada a nivel mundial. En México existe un potencial importante que ya se está aprovechando en algunos Estados, y hay planes de crecimiento que podrían contribuir al desarrollo energético del país. Sin embargo, es necesario que dicho desarrollo tenga lugar con mínimos impactos ambientales negativos, para lo cual se requiere la participación activa de las diferentes instituciones y del sector empresarial.

En dicho sentido, el establecimiento de políticas públicas adecuadas, es un eslabón de mucha importancia en la cadena de valor de la industria eólica mexicana. Lo anterior debe obligar a los desarrolladores de proyectos eólicos a respetar las zonas de exclusión, donde por razones sociales o ambientales no se deban instalar tecnologías eólicas. Además, se debe velar porque ellos lleven a cabo programas de mitigación de daños, orientados, por ejemplo, a la recuperación de la cobertura vegetal, a la reforestación, o al rescate de las actividades agrícolas o de pastoreo que pueden subsistir con el parque eólico.

La correcta señalización de las turbinas eólicas y torres de medición, el soterrado de líneas eléctricas y el monitoreo constante del paso de aves, son algunas medidas que pueden disminuir los impactos negativos sobre la avifauna.

Referencias

AMDEE (Asociación Mexicana de Energía Eólica). (2018). Mapas eólicos. *AMDEE* [web]. Consultado en «<https://www.amdee.org/mapas-eolicos>»

GWEC (Global Wind Energy Council). (2018a). Australia update-The latest on the Renewable Energy Target. *GWEC* [web]. Consulted in «<http://gwec.net/australia-update-the-latest-renewable-energy-target/>»

GWEC (Global Wind Energy Council). (2018b). Global statistics: GWEC produces graphs showing the exciting growth of the wind power industry around the world. *GWEC* [web]. Consulted in «<http://gwec.net/global-figures/graphs>»

IFM. (2018). Successful energy transition with wind energy. *ifm electronic gmbh* [web]. Consulted in «http://www.ifm.com/ifmus/web/apps-by-industry/cat_060_020.html»

IEA (International Energy Agency). (2018). IEA Atlas of Energy. *IEA* [web]. Consulted in «<http://energyatlas.iea.org/#/tellmap/1378539487/0>»

IRENA (International Renewable Energy Agency). (2018). Wind energy. *International Renewable Energy Agency* [web]. Consulted in «<https://www.irena.org/wind>»

Moreno, C. (s.f). Energía eólica: un sistema energético sostenible. *Red Solar de Cuba: portal para la promoción de las fuentes renovables de energía, la eficiencia energética y el respeto ambiental* [web]. Consultado de «<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia45/HTML/Articulo05.htm>».

Mur Amada, J. (2008). *Máster Europeo en Energías Renovables y Eficiencia Energética: curso de energía eólica*, (p. 108). España: Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Zaragoza. Recuperado de «<http://www.windygrid.org/manualEolico.pdf>»

Varun; Bhat, I.K. & Prakash, R. (2009). LCA of renewable energy for electricity generation systems-A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(5): 1067-1073. DOI «<https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.08.004>»

WEC (World Energy Council). (2018). *World Energy Council* [web]. Recovered from «https://www.worldenergy.org/wpcontent/uploads/2014/04/WEC_16_page_document_21.3.14_ES_FINAL.pdf»

Zadúa, N. (2012). *Principales impactos del desarrollo eólico sobre la avifauna: síntesis de la revisión bibliográfica internacional de referencia*, (p. 38). Uruguay: Programa de Energía Eólica en Uruguay; PNUD Uruguay. Recuperado de «<http://www.energiaeolica.gub.uy/uploads/documentos/informes/Impacto%20parques%20eolicos%20sobre%20avifauna.pdf>»



FOMENTO Y PERMANENCIA DE VALORES CÍVICOS: HOMENAJE A NUESTRA ENSEÑA NACIONAL.
División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: Rafael Sánchez Gutiérrez.

«La disciplina es no perder de vista lo que se desea alcanzar»

DACBiol



BIBLIOTECA DIVISIONAL «DR. JUAN JOSÉ BEAUREGARD CRUZ».

División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: Arnulfo López Ramos & Biblioteca Divisional.



KUXULKAB'

División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

☎ +52 (993) 358 1500, 354 4308 ext. 6415

✉ kuxulkab@ujat.mx • kuxulkab@outlook.com

🌐 www.revistas.ujat.mx

Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, entronque a Bosques de Saloya. C.P. 86039.
Villahermosa, Tabasco. México.

