

ASPECTOS AMBIENTALES DE LA ENERGÍA EÓLICA

Por: Jaime A. Moragues y Alfredo T. Rapallini

1. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es un componente esencial en el estilo de vida moderno, hace funcionar las computadoras, los electrodomésticos, las industrias y negocios y buena parte del transporte. Sin energía barata nuestro estándar de vida sufriría. Pero la generación de energía eléctrica es también una gran generadora de contaminantes y desechos tóxicos. La energía eólica ofrece un modo de satisfacer las necesidades de la economía y el ambiente proveyendo una fuente limpia y competitiva de electricidad.

La demanda anual mundial de energía para los países industrializados, predicha por la Agencia Internacional de Energía para el año 2030, es de 800 EJ, el doble que la actual. No se espera que la energía eólica sea una panacea para el futuro sostenible de la demanda energética mundial pero, sin embargo, estudios independientes de varios estados miembros de la Unión Europea sugieren que la energía eólica puede proveer alrededor del 20 % de la generación de electricidad, con la estructura actual de transmisión y distribución.

Para la República Argentina, tomando en cuenta solamente la velocidad de los vientos y las áreas posibles de utilizar, pero sin entrar en consideraciones de factibilidad técnico económica ni posibilidad de aprovechamiento de la electricidad generada, se estima que podría haber para la región de la Patagonia un recurso de origen eólico del orden de 300.000 MW (aproximadamente 15 GJ). Si bien el potencial económicamente viable es altamente probable que no alcance esos valores, los mismos indican la importancia del recurso eólico en el país.

A partir de 1998 la Secretaría de Energía, Dirección Nacional de Prospectiva, comenzó a registrar la energía eléctrica generada con energía eólica, los resultados correspondientes a 1999 año se indican en la **Tabla I**.

| Tabla I - Generación de Electricidad en 1999 | | | | | |
|--|--------------------|----------|---------|--------|---------|
| Energía generada | Tipo de generación | | | | |
| | Térmica | Hidro | Nuclear | Eólica | TOTAL |
| GWh | 44.574,5 | 26.535,9 | 6586,2 | 34,7 | 77731,3 |
| % | 57,34 | 34,14 | 8,47 | 0,05 | 100 |

Como puede observarse aún queda un largo camino para recorrer para que esta fuente menos contaminante de energía pueda contribuir significativamente a la generación de electricidad.

En la Tabla II se resumen las instalaciones de centrales eólicas en la República Argentina.

Tabla II Centrales Eólicas instaladas en la Argentina

| Lugar | Provincia | Puesta en marcha | Cantidad de Turbinas | Potencia Nominal kW | Potencia total kW | Potencia acumulada kW | Observaciones |
|------------------|--------------|---------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|
| COMODORO RIV. | CHUBUT | Ene-94 | 2 | 250 | 500 | 500 | |
| CUTRAL-CO | NEUQUEN | Oct-94 | 1 | 400 | 400 | 900 | |
| PUNTA ALTA | BUENOS AIRES | Feb-95 | 1 | 400 | 400 | 1.300 | |
| PICO TRUNCADO | SANTA CRUZ | May-95 | 3 | 100 | | 1.300 | desmantelada |
| TANDIL | BUENOS AIRES | May-95 | 2 | 400 | 800 | 2.100 | |
| PICO TRUNCADO | SANTA CRUZ | Ene-96 | 7 | 100 | | 2.100 | desmantelada |
| RADA TILLY | CHUBUT | Mar-96 | 1 | 400 | 400 | 2.500 | |
| COMODORO RIV. | CHUBUT | Sep-97 | 8 | 750 | 6.000 | 8.500 | |
| MAYOR BURATOVICH | BUENOS AIRES | Oct-97 | 2 | 600 | 1.200 | 9.700 | |
| DARRAGUEIRA | BUENOS AIRES | Oct-97 | 1 | 750 | 750 | 10.450 | |
| PUNTA ALTA | BUENOS AIRES | Dic-98 (1) | 3 | 600 | 1.800 | 12.250 | |
| CLAROMECO | BUENOS AIRES | Ene-99 (1) | 1 | 750 | 750 | 13.000 | |
| PICO TRUNCADO | SANTA CRUZ | Nov-00 | 2* | 600 | 1.200 | 14.200 | |
| COMODORO RIV. | CHUBUT | En proceso de instalación | 16 | 660 | 10.560 | 24.760 | 8 turbinas en operación |

* reemplazan a las 10 máquinas de 100 kW que fueron desmanteladas

Las centrales eólicas ofrecen, desde el punto de vista ambiental, varias ventajas comparativas sobre las centrales térmicas convencionales que utilizan carbón, derivados del petróleo o gas natural. No utilizan combustibles, no emiten contaminantes del aire ni gases de efecto invernadero, ni producen residuos tóxicos o consumen agua o recursos naturales escasos. Asimismo, en comparación con las centrales nucleares, la energía eólica no genera ningún residuo peligroso, ni presenta riesgos de accidentes en gran escala como el ocurrido en el caso de Chernobil o Three Mile Island. Sin embargo las centrales eólicas generan algunas preocupaciones desde el punto de vista ambiental y de la comunidad. Por ejemplo, las máquinas eólicas generan ruido y pueden ser visualmente molestas para las personas que viven cerca de ellas. Pueden también afectar el hábitat provocando daños a la fauna y flora silvestre.

Se deben regular los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) de las granjas eólicas. En países Europeos los requerimientos son dispares. En Dinamarca, Islandia, Alemania, Francia y Finlandia no se requiere el EIA para proponer una granja eólica. En Holanda, Suecia, Grecia y Reino Unido la legislación a elevado a nivel nacional el requerimiento de un EIA. En Italia y España el requerimiento varía de región en región.

En EE.UU., aunque no hay regulación federal, la EPA ha promulgado guía de niveles de ruido para granjas eólicas.

Es importante que en Argentina el Ente Nacional de Regulación Eléctrica (ENRE) tome injerencia en el tema de las granjas eólicas y establezca normas para su instalación y requerimientos mínimos para el EIA de las mismas. Esto servirá de orientación a los Entes provinciales para regular esta nueva fuente de energía que ya ha comenzado a ser considerada dentro de los balances de energía del país.

1.1. Origen de la energía eólica

El calentamiento dispar de la superficie terrestre por acción de la radiación solar es el principal causante de los vientos. En las regiones ecuatoriales se produce una mayor absorción de radiación solar que en las polares; el aire caliente que se eleva en los trópicos es reemplazado por las masas de aire fresco superficiales proveniente de los polos. El ciclo se cierra con el desplazamiento, por la alta atmósfera, del aire caliente hacia los polos. Esta circulación general, que sería la observada si la tierra no girase, se ve profundamente alterada por el movimiento de rotación de la tierra generando zonas de vientos dominantes que responden a patrones definidos. A lo largo de un año las variaciones estacionales de la radiación solar incidente provocan variaciones en la intensidad y dirección de los vientos dominantes en cada uno de los puntos de la corteza terrestre.

Además del movimiento general de la atmósfera, que define los vientos dominantes en las grandes regiones de la tierra, existen fenómenos de características locales que originan estructuras particulares de los vientos. Tal es el caso de las brisas de tierra y de mar, motivadas por el calentamiento desigual de las masas de aire. Durante el día se generan a lo largo de la costa vientos desde el mar hacia tierra, revirtiéndose el proceso en horas nocturnas. Un fenómeno similar sucede en zonas montañosas donde las brisas de montaña y de valle son originadas por el calentamiento del aire en contacto con las laderas, generándose corrientes ascendentes durante las horas de sol y descendentes durante la noche.

Los molinos de viento, aeromotores, máquinas eólicas (términos que pueden ser considerados sinónimos), o los aerogeneradores, o turbinas eólicas en su acepción moderna, son dispositivos que convierten la energía cinética del viento en energía mecánica.

Las turbinas eólicas han experimentado durante los últimos 20 años un desarrollo significativo. Se han mejorado los rendimientos, ha aumentado la confiabilidad y se han reducido los costos.

Tanto en el campo de las pequeñas potencias como en el de los sistemas conectados a las grandes redes de distribución, la energía eólica puede competir, si las condiciones son adecuadas, con los sistemas convencionales de generación. Sus limitantes más importantes son, quizás, el desconocimiento que muchos tienen de esta realidad y la falta de incentivos para la realización de inversiones en el sector.

2. Aspectos Ambientales

La energía eólica tiene muchas facetas ambientales positivas. Es limpia, renovable y un medio de generación sustentable.

Algunos impactos ambientales del aprovechamiento de la energía eólica son los factores visuales y paisajista, ruido e interferencia electromagnética. Aunque ninguno de esos efectos dura más que la vida operacional del sistema, ellos son generalmente tan significativos como los efectos sobre la ecología en la formación de opinión del público y determinan si una propuesta de instalación de una central eólica obtendrá autorización para concretarse. Efecto sobre la ecología, en este contexto, abarca todos los efectos materiales sobre la flora y la fauna. Corrientemente incluye efecto sobre los pájaros, sobre tipos de vegetación no tradicional o rara y cambios sobre la hidrología local.

2.1. Beneficios ambientales y económicos

El calentamiento global debido a las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero es un hecho generalmente aceptado. Cada unidad (kWh) de electricidad producida con turbinas eólicas puede desplazar una unidad de electricidad generada por una central que quema hidrocarburo. Es posible calcular la cantidad de gases contaminantes que este reemplazo significa en forma genérica, si bien este valor varía según la eficiencia de la central térmica, el uso de equipos de disminución de la emisión y el tipo de combustible.

La energía eólica ofrece una de las opciones energéticas más económicas entre las nuevas fuentes de energía renovables para reducir la emisión de CO₂ para la generación de electricidad. Una turbina eólica moderna de 600 kW en una localidad promedio reemplaza la emisión entre 20.000 y 30.000 toneladas de CO₂, según el régimen de viento y el factor de capacidad, en su vida útil de 20 años.

Respecto a los efectos de lluvia ácida, la cual produce efectos zonales o regionales, vinculados con la generación de SO₂ y NO_x, también la energía eólica tiene un aporte positivo.

Respecto a las centrales nucleares, la energía eólica no genera ningún residuo peligroso, como el producido por aquellas tanto durante su operación como su desmantelamiento al final de su vida útil, ni presenta riesgo de accidente en gran escala como el ocurrido en el caso de Chernovil o Three miles Island.

Por otro lado, el empleo de la energía eólica genera un ahorro en el uso de las reservas de combustible fósiles en general, un aporte al uso racional de la energía, y en particular para muchos países un ahorro de divisas, contribuyendo a la seguridad y a la diversidad en el suministro de energía.

La energía eólica ayuda a las economías, en particular a las locales, en varios aspectos importantes. En las áreas y comunidades donde se localizan las centrales eólicas se generan puestos de trabajo, mayores ingresos y hay un aporte al desarrollo regional. Un estudio realizado en el estado de Nueva York encontró que la producción de 10 millones de kWh de electricidad a partir de energía eólica genera 27 % más puestos de trabajo en el estado que producir esa misma cantidad de energía con centrales de carbón de última generación, y 66 % más trabajo que un ciclo combinado a gas natural. Una de las razones es que parte de los costos de generación son la adquisición del combustible, materia prima que aporta muchos menos puestos de trabajo que otras industrias especialmente cuando el combustible proviene de otras regiones del país o del extranjero.

Las centrales eólicas pagan considerables impuestos a la propiedad y eventualmente arrendamientos. En el caso de los arrendamientos, estos pueden ser una pequeña fracción de los ingresos de las centrales pero, cuando están localizadas en áreas rurales, pueden significar para el dueño de la tierra una elevación de su renta en valores que pueden ir de un 50 a un 100 % y, además la producción de estas tierras, ganaderas o agrícolas, puede continuar casi sin ser afectada.

Las regiones y comunidades que tienen intenciones de invertir en energía eólica pueden obtener beneficios adicionales fomentando la creación de una industria eólica local que pueda exportar energía eléctrica a otras regiones.

2.2. Efectos ambientales

Vamos a analizar los diferentes efectos ambientales que puede producir un aprovechamiento masivo de la energía eólica para la generación de electricidad, como son las denominadas granjas eólicas. Para la discusión de los efectos ambientales locales de la energía eólica vamos a diferenciar entre aspectos que afectan la percepción o el comportamiento humano de aquellos que afectan la ecología. Entre los primeros están el uso de la tierra, el impacto visual, el ruido, las interferencias electromagnéticas, la salud y seguridad, los recursos arqueológicos y paleontológicos, y aquellos con implicancias socio económico. Entre los segundos están los efectos sobre la fauna y la flora, la erosión del suelo, la alteración de la calidad del agua y del aire, los desechos sólidos y peligrosos y el consumo de materiales y energía.

2.2.1. Aspectos que afectan la percepción o el comportamiento humano

A. Uso de la tierra

Si bien las instalaciones eólicas necesitan de grandes áreas para su instalación, solo usan en forma efectiva una pequeña porción del terreno (1 a 10 %); por ejemplo una central de 50 MW puede ocupar un área de 6,07 km² pero la superficie necesaria para instalar los equipos será de 0,7 a 0,75 km², dejando el resto disponible y compatible con otros usos. Por otra parte, generalmente las granjas eólicas están localizadas en áreas rurales o remotas previamente no desarrolladas. Estos factores tienen implicancias ambientales únicas para el uso de la tierra, impacto visual, sonoro, biológico y consideraciones socio culturales en general diferentes a las de las centrales eléctricas convencionales. Alrededor del 99 % del área empleada para instalar una granja eólica está físicamente disponible para ser usado con otros fines, inclusive el fin que tenía antes de la instalación. Entre otros, se puede emplear para la agricultura o ganadería.

B. Efecto visual

Las granjas eólicas deben estar en áreas expuestas a fin de que sean comercialmente viables y por lo tanto están visibles. La reacción a la vista de una granja eólica es altamente subjetiva. Muchas personas lo ven como un símbolo de bienvenida a una fuente limpia de energía y otras la ven como una adición no deseada al paisaje.

La industria ha desarrollado un esfuerzo considerable para integrar cuidadosamente las granjas eólicas con el paisaje. Fotomontaje generado por computadora, animación y aún vista panorámica, junto con mapas zonales de la influencia visual, proveen predicción objetiva de la apariencia de una granja eólica. Una turbina eólica de 1,5 MW luce ligeramente diferente que una máquina de 500 kW, así que la tendencia a disponer de máquinas de mayor potencia, paradójicamente, reduce el efecto visual subjetivo de una dada capacidad instalada.

Una turbina eólica típica actualmente usada para generación de electricidad en gran escala conectada a la red, tiene una potencia de alrededor de 600 kW, está soportada por una torre de 40-60 m y dispone de tres palas de un diámetro de 42 a 48 m. Aunque la tendencia hacia las máquinas más grandes continúa, esta configuración es la más popular en el mercado, especialmente en áreas con elevada densidad de población.

La mayoría de las turbinas son actualmente instaladas sobre esbeltas torres de acero tubular, las cuales son para la mayoría de las personas estéticamente más agradables que las torres enrejadas clásicas de las líneas de alta tensión. Los diseñadores profesionales son empleados por muchas

compañías para mejorar la apariencia de sus máquinas y en muchos casos arquitectos paisajistas están involucrados en la evaluación visual de los proyectos.

C. Ruido

Las turbinas eólicas modernas son bastante silenciosas y lo serán más en el futuro. Cuando se planifica una granja eólica, se debe prestar especial cuidado cualquier sonido que pueda ser escuchado desde el exterior de las casas vecinas. Adentro de las casas el nivel será mucho menor, aún con las ventanas abiertas. El potencial efecto del sonido es usualmente evaluado estimando el nivel sonoro que será alcanzado cuando el viento sople desde las turbinas hacia las casas, consideración que es conservativa. El sonido de las turbinas eólicas aumenta ligeramente con la velocidad del viento.

Diez años atrás las turbinas eólicas eran mucho más ruidosas que las actuales. Se ha puesto mucho esfuerzo para crear la presente generación de turbinas como máquinas silenciosas a través tanto del diseño de las palas como el de las partes mecánicas de la máquina.

D. Interferencia Electromagnética

Las ondas de radio y las microondas son usadas para una variedad de propósitos en comunicación. Cualquier estructura grande que se mueva puede producir interferencia electromagnética (IEM). Las turbinas eólicas pueden causar IEM por reflexión de la señal en las palas del rotor y por lo tanto un receptor cercano puede captar señal directa y reflejada. La interferencia ocurre porque la señal reflejada sufre un retraso debido a la diferencia en la longitud del camino recorrido y un corrimiento Doppler debido al movimiento de las palas. La IEM es más severa para palas metálicas, que son fuertemente reflectantes, y menos para palas de madera las cuales son fuertemente absorbentes. Las palas más modernas de plástico reforzado con fibra de vidrio son parcialmente transparente a las ondas electromagnéticas y por lo tanto tienen un efecto intermedio en la IEM.

Las señales típicas de comunicaciones civiles y militares que pueden ser afectadas por IEM incluyen las de estaciones de TV y radio, las comunicaciones de microondas y de telefonía celular, y varias señales de los sistemas de control de navegación y tráfico aéreo.

Al diseñar una granja eólica, los problemas que afectan los sistemas de microondas y comunicaciones de aviación son determinantes y deben ser eliminados. La interferencia con un número pequeño de receptores de televisión domésticos, es un problema ocasional, pero es corregible usando técnicas que no son muy caras tales como el uso de transmisores y/o receptores más direccionales.

La experiencia ha mostrado que un diseño cuidadoso de una granja eólica puede eliminar cualquier disturbio al sistema de telecomunicaciones.

E. Salud pública y seguridad

La salud pública y la seguridad vinculadas con las instalaciones clásicas de generación de electricidad están típicamente relacionadas con la emisión de gases a la atmósfera y con los residuos sólidos y líquidos que son arrojados al suelo o al agua. Cualquiera de esos residuos causan impactos adversos a la salud de la población, o representan riesgos para los trabajadores.

Como mencionamos anteriormente, las granjas eólicas difieren sustancialmente de las otras facilidades eléctricas dado que no tienen procesos de combustión y no producen emisiones. Además, los únicos materiales potencialmente tóxicos o peligrosos asociados con la mayoría de las centrales eólicas son las relativamente pequeñas cantidades de aceites lubricantes, fluidos hidráulicos y aislantes utilizados en las turbinas. Sin embargo hay que tener presente que aún pequeñas pérdidas de estos materiales pueden contaminar el agua subterránea o producir impactos sobre el hábitat si la pérdida no es controlada por largo tiempo.

Entre los accidentes que pueden significar un tema de seguridad se encuentra el hecho de que una pala de la turbina, o piezas de la misma, se separe del rotor y vuele en la dirección del viento. También las palas pueden sufrir un desprendimiento de láminas sin romperse. Esos eventos son raros y usualmente ocurren bajo condiciones de viento inesperadas y sin precedentes

Aunque la mayoría de los proyectos eólicos están localizados en áreas rurales, muchos son visibles desde rutas públicas y son relativamente accesibles al público. Dado que la tecnología y los equipos asociados con generación eólica de electricidad son todavía nuevos e inusuales, pueden ser un atractivo para aquellas personas que pasan cerca de las granjas y desean ver y tocar una turbina eólica que esta operando o que está inactiva. Las personas del público que van a visitar estas instalaciones están expuestas a daños por el movimiento de las palas, la rotura y expulsión de partes, los equipos eléctricos y el colapso o caída de las turbinas.

Las localidades áridas donde pueden estar instaladas las granjas eólicas - con altas velocidades de viento, bajo nivel de vegetación y carencia de árboles, y con topografía variable - pueden también presentar un peligro potencial de incendio durante los meses secos del año por diferentes motivos, la mayoría vinculados al no cumplimiento de programas de mantenimiento.

Como muchas actividades industriales, hay un potencial de injurias o pérdidas de vida de los individuos que trabajan con generadores de electricidad. No hay estadística que indique si los trabajos en centrales eólicas son mas o menos peligrosos que en otras centrales. Sin embargo varias personas han sido muertas cuando trabajaban en altura y algunas por caída de trozos de hielo desde las torres.

F. Recursos arqueológicos y paleontológicos

Cualquier tipo de proyecto que incluya limpieza de la vegetación, disturbio de la superficie de la tierra o excavaciones en ésta, tiene en potencia la posibilidad de afectar recursos arqueológicos o paleontológicos que pueden estar presentes en el área.

Los recursos arqueológicos o culturales son la evidencia estructural de la historia del desarrollo humano. Incluye recursos prehistóricos e históricos, así como recursos etnográficos que constituyen la herencia de un grupo cultural particular. También están asociados a los recursos culturales ciertos rasgos naturales de un lugar, así como plantas o especies empleadas con propósitos tradicionales, o para trazar el marco físico del entorno. Los recursos paleontológicos son los restos fosilizados o trazas de la evidencia de plantas y animales prehistóricos o aún restos humanos muy antiguos preservados en suelos o rocas.

La instalación de una granja eólica, por su extensión y requerimientos, puede afectar estos recursos y es necesario realizar un estudio muy profundo antes de iniciar cualquier trabajo en la zona a fin de identificarlos y no interferir con lo mismos.

2.3. Aspectos Ecológicos

A. Flora y fauna

Los efectos potenciales de la energía eólica sobre la flora y la fauna silvestre han despertado preocupaciones en los últimos años. El tema tomó preeminencia a fines de los 80 cuando se observó que algunas aves, especialmente las águilas doradas y los halcones de cola roja protegidos por normas federales, murieron en Altamont Pass, California, a causa de turbinas eólicas y líneas de transmisión. Este descubrimiento disparó la oposición de ambientalistas al proyecto de Altamont Pass, y despertó la preocupación del Servicio Federal de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos, quien tiene la responsabilidad de hacer cumplir la legislación federal que protege a ciertas especies.

Desde entonces se notaron problemas en otras instalaciones. Se reportó la muerte de aves en Tarifa, España (uno de los dos puntos principales de migración de aves a través del Mar Mediterráneo), y en varias plantas eólicas en el norte de Europa. Estos incidentes resultaron en un incremento de la preocupación de los grupos conservacionistas de Europa y EE.UU. por los impactos ambientales potenciales de las centrales eólicas.

Otros recursos biológicos incluyen una amplia variedad de plantas y animales que viven, usan o pasan a través de un área determinada. Ellos también forman parte del hábitat que contiene los componentes físicos como el suelo y el agua y los componentes biológicos que sustentan a las comunidades vivas. Estos van desde las bacterias y hongos hasta los depredadores quienes están al tope de la cadena alimentaria. Cualquier proyecto constructivo puede afectar los recursos biológicos del lugar donde serán emplazados, deteriorando la relación física y ecológica de la comunidad que allí vive. Una central eólica puede tener efectos directos por destrucción de hábitat y de algunos organismos que se encuentran en él y efectos indirectos por generación de contaminantes que afectan la salud de los organismos o por producción de ruidos o movimientos que afectan el comportamiento de los animales. Esos efectos pueden estar confinados en una parte pequeña de la planta, donde los impactos son más agudos, o dispersos sobre un área grande.

B. Pájaros

Los pájaros frecuentemente colisionan con las estructuras que ellos tienen dificultad de ver, especialmente líneas de alta tensión, postes y ventanas de edificios. También son muertos por vehículos en movimiento, como autos en las rutas. El comportamiento de los pájaros y la tasa de mortalidad tiende a ser específica de las especies y de los sitios.

Un estudio realizado con radar en Tjaereborg, en el oeste de Dinamarca, donde hay instalada una turbina de 2 MW con un rotor de 60 m de diámetro, mostró que los pájaros tienden a cambiar su ruta de vuelo entre 100 y 200 m antes de la turbina y pasan por arriba o por el costado a una distancia segura. Este comportamiento ha sido observado en forma consistente de día y de noche.

En Dinamarca hay varios ejemplos de nidos de halcones construidos en las torres de las turbinas eólicas. No obstante, el tema de los pájaros es tenido en cuenta muy seriamente por las industrias y los planificadores y las instalaciones son excluidas de localidades sensibles al tema de los pájaros.

C. Otros efectos ecológicos

Efectos sobre otros ecosistemas terrestres resultan primariamente de la actividad constructiva de las granjas eólicas, tales como ocupación del suelo y disturbios hidrológicos. La escala de esos

efectos va ser dependiente del tipo de ecosistema drenajes, técnicas de construcción y tiempo y prácticas de restauración. Todos esos factores y las medidas de mitigación requeridas deben ser especificadas en el proceso de **evaluación del impacto ambiental**. Ni los animales silvestre ni los domésticos deben ser afectados por una granja eólica.

Algunos estudios han demostrado que las aves y otros animales tienden a evitar anidar o cazar en las cercanías de las turbinas eólicas. Además, actividades tales como construcción de caminos o la tala de árboles pueden destruir o alterar el hábitat y permitir el ingreso de especies no deseadas. El problema se complica cuando se toma en cuenta que algunos de los lugares potencialmente más atractivos para proyectos eólicos, están ubicados en áreas montañosas remotas que son residencia de muchas especies de plantas y animales.

Debido a estas preocupaciones, algunas áreas ecológicamente sensitivas (aunque no estén específicamente protegidas por la legislación vigente) deberían quedar fuera de los límites permitidos para los proyectos eólicos. En algunos casos, sin embargo, pueden existir alternativas para mitigar o compensar los impactos sobre el hábitat que puedan existir. Por ejemplo se podría invertir en acciones de remediación fuera del sitio tales como plantar árboles o la creación de hábitats para las especies desplazadas por los proyectos eólicos. Las medidas necesarias dependerán de la localización y de las especies amenazadas y deberían determinarse en consulta con las agencias y organizaciones ambientales interesadas.

La importancia de la pérdida de vegetación asociada con un proyecto eólico por lo general depende del tamaño del área afectada y de si son afectadas plantas nativas sensibles. Dependiendo del diseño del proyecto, esos impactos típicamente afectan sólo de un tercio a un quinto de la superficie total del área de una granja eólica. Dependiendo de la topografía del lugar, el diseño de rutas de acceso afectará la vegetación y producirá pérdidas. Las construcciones en áreas escalonadas pueden producir mayor disturbio a causa de que requiere más corte y rellenos extensivos y sistemas de caminos más complejos. La extensión de la limpieza del terreno depende de la velocidad del viento, duración y dirección, topografía, y la altura de las turbinas y su ubicación. En áreas forestadas, se requiere la limpieza permanente de un ancho considerable a lo largo del corredor de las turbinas.

Algunos proyectos eólicos provocaron la erosión del suelo. Por ejemplo en Tahachapi Pass, California, se han observado profundas cárcavas creadas por la fuerza del agua de lluvia al fluir libremente sobre los caminos de acceso y alrededor de las bases de las turbinas. Este tipo de problema puede ser controlado mediante medidas apropiadas de conservación de suelos y control de erosión, las cuales deberán ser tenidas en cuenta en las etapas iniciales del proyecto. De hecho son el mismo tipo de medidas que deberían ser tenidas en cuenta al realizar cualquier construcción en un área vulnerable a la erosión. Las medidas contra la erosión incluyen la construcción de la cantidad mínima de caminos, el seguimiento tanto como sea posible del contorno natural del terreno y el restablecimiento rápido de las condiciones originales del suelo en cualquier lugar que sea alterado durante la etapa de construcción.

La erosión inducida por el viento puede crear partículas finas en el aire las cuales pueden ser adversas a la salud humana y reducir la visibilidad. La erosión inducida por el agua, además de remover el suelo y reducir su productividad, resulta en sedimentación en cursos de agua la cual degrada la calidad del agua, daña los recursos biológicos, y acelera el llenado de reservorios.

3. SELECCIÓN DEL LUGAR

Al igual que todos los proyectos energéticos, el de una granja eólica debe pasar por un proceso de selección del lugar y de obtención del permiso y las aprobaciones necesarias para proceder a su construcción y operación. Los objetivos de este proceso son asegurar que la planta sea rentable, segura, ambientalmente sana y que haga un uso apropiado de la tierra.

La selección de un sitio para la instalación de una granja eólica requiere muchas soluciones de compromiso entre los impactos ambientales antes discutidos y las estrategias de mitigación, y también en términos del proceso de toma de decisiones. La elección de soluciones de compromiso entre impacto y mitigación involucra opciones, las cuales deberán ser seleccionadas tratando de balancear los beneficios propuestos por la estrategia de mitigación del impacto y los costos de tales medidas y también pesando la importancia relativa de los diferentes impactos.

El hecho más importante que se debe tener en mente cuando se consideran los impactos son sus efectos sobre el costo del proyecto.

A diferencia de las centrales eléctricas convencionales, las granjas eólicas pueden ser construidas en etapas, por lo que una central que originalmente fue de 25 MW puede crecer en el futuro a una de 500 MW. Esta característica puede complicar el proceso de selección del lugar, puesto que la factibilidad económica del primer emprendimiento puede depender de la posibilidad de construir el resto.

Hay muchos grupos diferentes e individuos involucrados en la determinación de la selección de un lugar para construir una granja eólica. Es importante entender los diferentes roles, intereses y prioridades de los distintos interesados que participan en el proceso. Los principales participantes usualmente incluidos en el procesos son:

- La empresa interesada en la construcción e instalación de la granja eólica.
- Los gobiernos nacionales, provinciales y municipales, con sus diferentes intereses y necesidades.
- Los grupos comunitarios, organizaciones ambientalistas y el público en general

Los procesos de ubicación de centrales convencionales se han movido en la dirección de incrementar la participación del público en los primeros momentos del estudio. Si bien se impone una negociación adicional al hacer participar desde los comienzos al público, esto provee la oportunidad de resolver problemas antes que se tome la decisión final y se pueden reducir así los problemas ocasionados por eventuales litigios y los costos de los retrasos asociados. Esta participación no es garantía de ausencia de problemas si no hay una difusión pública significativa, o interés de parte de este, sin embargo es generalmente deseable comunicar a la población respecto del proyecto propuesto lo más temprano posible. La participación de la población provee una oportunidad, a los grupos e individuos afectados, para aprender respecto del proyecto y expresar sus opiniones.

Las provincias o comunidades que tengan interés en futuras instalaciones de granjas eólicas deben desarrollar anticipadamente las leyes, ordenanzas y regulaciones para la autorización del sitio seleccionado para el emprendimiento. Los aspectos ambientales deben ser considerados cuidadosamente a fin de evitar impactos negativos y en cambio aprovechar todos los impactos positivos que esta fuente de energía puede aportar a la localidad.