

“Auditoría profunda de palas de aerogeneradores con SARP, la importancia del factor Bio”

C. Bernabéu ¹, E.Solera ²

1 Arbórea Intellbird, L3, C/ Duero 12, Parque Científico Usal. carlos@aracnocoptero.com

2 Innovagenomics, L4, C/ Duero 12, Parque Científico Usal. esolera@innovagenomics.com

Resumen: Arbórea Intellbird es pionera a nivel mundial en la fabricación de Sistemas Aéreos Remotamente Pilotados (SARP), en su operación y en la formación de pilotos orientados a la inspección de aerogeneradores. A lo largo de la última temporada ha realizado y certificado una auditoría profunda de más de 1000 palas de aerogeneradores de compañías multinacionales en diversos países. Para ello ha empleado su plataforma propia especializada que incluye un Sistema Aéreo Remotamente pilotado (SARP) de alto grado de automatismo, un conjunto de sensores y un software específico de procesado y análisis, basado en visión artificial. Ambos, La plataforma Aracnocóptero y el software Web Blade permiten detectar la defectología interna y externa de las pala y generar informes técnicos de alta precisión. La aplicación de esta tecnología ha permitido documentar adicionalmente el efecto de microorganismos en la degradación estructural del composite mediante la toma de muestras con un brazo extensor desde las aeronaves y el análisis genético de las mismas, con tecnología de vanguardia por parte de la compañía Innovagenomics, ha permitido identificar y aislar componentes biológicos involucrados en la degradación.

Palabras clave: Aracnocóptero, Aerogenerador, pala, microorganismo, degradación

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos remotos, los humanos han utilizado como principal fuente de energía las energías renovables; la navegación a vela y los molinos de viento o de agua, son buenos ejemplos de ello. Desde la Revolución Industrial la utilización de estas fuentes de energía ha pasado a un segundo plano dando lugar al uso masivo de combustibles fósiles capaces de satisfacer la gran demanda energética generada por el sector industrial y el sector transporte, entre otros.

Sin embargo, en las últimas décadas, el futuro agotamiento e incremento de precio de los recursos energéticos fósiles junto con el devastador impacto ambiental causado por su combustión, ha promovido un cambio de tendencia hacia el incremento del uso de energías renovables. Este crecimiento ha sido especialmente alto en el sector eólico con un incremento medio anual desde 1990 del 24,8 % (Fuente: International Energy Agency, IEA), llegando a convertirse en uno de los sectores que muestra mayor crecimiento a nivel mundial.

EL SECTOR EÓLICO Y LOS FACTORES IMPLICADOS EN EL DETERIORO DE LAS PALAS

Las turbinas eólicas están formadas estructuralmente por torre, nacelle y palas. Las palas, componentes estratégicos de los aerogeneradores, están fabricadas mediante un proceso muy artesanal a base de fibra de vidrio, carbono o mezcla, endurecidas mediante un proceso de infusión con resinas epoxi, poliéster insaturado (UPR) o viniléster (EVER) que actúan como una barrera protectora frente a iones corrosivos, agua, oxígeno y contaminantes. Estas palas que en las más modernas instalaciones (los parques marinos 'offshore') alcanzan ya los 120 metros, están diseñadas para producir energía eólica durante 20 años, sin embargo, fenómenos meteorológicos adversos como los rayos, el hielo o fuertes vientos cargados de partículas abrasivas pueden erosionar o disgregar los componentes de las palas reduciendo la vida útil de estas y en consecuencia impactando significativamente la rentabilidad de la industria eólica. Por ello, resulta de gran interés descifrar los principales factores implicados en la aceleración del deterioro de las palas.

ALGUNAS INTERACCIONES ENTRE PALAS Y SERES VIVOS

La colisión de insectos en las palas, constituye un factor de suciedad notorio en los parques eólicos ubicados en determinadas áreas geográficas; especialmente aquellas libres de presión por biocidas. El estudio de este fenómeno, que puede ser localmente importante, ha permitido identificar distintas especies de insectos en palas.

Adicionalmente los trabajos de inspección aérea de palas, obtenidas mediante la tecnología Aracnóptero, en parques eólicos españoles ha permitido reunir identificaciones de insectos polinizadores, de diversos órdenes, posados regularmente en las palas, gracias a imágenes de alta resolución.

Las capacidades de visión de estos insectos, que detectan la reflexión UV en partes destacadas de flores maduras, puede suponer un factor de atracción hacia superficies tratadas para reflejar esta radiación, como es el caso de los tratamientos que recubren generalmente las palas de los aerogeneradores.

MICROBIOTA Y PALAS

Varios son los estudios que detallan el impacto de los factores climáticos antes mencionados en la producción de energía y en la durabilidad de las palas (Barber *et al.*, 2010; Dalili *et al.*, 2009).

Sin embargo, desde Arborea Intellbird SL y en consorcio con Innovagenomics SL se ha detectado un factor que no ha sido considerado por la industria eólica y que podría actuar como determinante crítico en la degradación de las palas. Este factor es la microbiota.

Los aerogeneradores son enormes estructuras artificiales que pasan a formar parte de los ecosistemas donde son instalados y por tanto la interacción con el factor biótico debe ser estudiada. Hasta el momento, únicamente se ha analizado el impacto de los choques de la fauna, especialmente la colisión de pájaros y murciélagos, en la durabilidad de las palas. Sin embargo, no existen estudios del posible efecto disgregador de las comunidades microbianas que crecen sobre ellas. En este punto es importante recordar que los microorganismos son entes ubicuos con gran capacidad colonizadora que han desarrollado estrategias adaptativas que les permite propagarse en todos los posibles nichos ecológicos incluyendo ambientes extremófilos y hostiles como desiertos, géiseres, los Polos, rocas y las profundidades marinas. Por ello, se trabajó con la hipótesis de la existencia de comunidades microbianas con posibles capacidades degradadoras creciendo e interactuando sobre las palas.

PRUEBA DE CONCEPTO Y DISEÑO DE PROYECTO

Para probar esta hipótesis se han identificado mediante secuenciación de ADN los microorganismos presentes en la superficie de distintas muestras recogidas por Arborea Intellbird mediante tecnología SARP en diferentes parques eólicos nacionales. Este método permitió de manera sencilla económica y basada en los principios de un ensayo no destructivo, obtener un material sensible en un área de acceso complejo.

Los resultados de secuenciación nos confirmaron la presencia de comunidades microbianas creciendo e interactuando en la superficie de las palas. Concretamente los resultados mostraron la presencia de varias especies que aparecen de forma recurrente en las distintas muestras:

-El mayor porcentaje de especies identificadas muestran la mayor homología/identidad de secuencia con especies bacterianas no cultivables aisladas previamente en ambientes extremófilos: Nieve, capa atmosférica a 1500 pies y rocas.

-Una de las muestras mostró alta identidad de secuencia con una especie aislada previamente del tracto digestivo de escarabajos. Esto nos lleva a confirmar la hipótesis de que los insectos son atraídos por las palas y que por ello pueden actuar como vectores para el transporte de los microorganismos.

-Los resultados más interesantes correspondieron a la identificación de la comunidad fúngica de las palas, ya que varias de las muestras presentaron hongos que muestran la mayor homología/identidad de secuencia con una especie que ha sido aislada previamente de una muestra recogida de una estatua fabricada con resina epoxi en Eslovaquia e involucrada en la degradación de este material (Pangallo *et al.*, 2015). Este resultado en sí mismo justifica y valida la hipótesis de la existencia de una comunidad microbiana que ha colonizado un entorno hostil como es la superficie de la pala (restricciones nutricionales y condiciones ambientales extremas) posiblemente mediante un mecanismo de adaptación nutricional a los componentes de las palas (resinas epoxi, entre otras).

Por ello y una vez confirmada la veracidad de nuestra hipótesis, se ha diseñado un proyecto innovador y disruptivo para poder realizar un mapeo de microorganismos involucrados en biodegradación de componentes de las palas, su impacto en la estructura de las mismas y los procedimientos para su mitigación.

ESTUDIO DE MUESTRAS

1. Recolección de muestras

Se tomaron diversas muestras de palas de aerogeneradores españoles con tecnología SARP. Las muestras fueron refrigeradas hasta su extracción del ADN.

2. Extracción total de AND de las muestras de palas

El ADN microbiano total fue extraído mediante una adaptación del chaotropic solid-phase extraction, en forma de Kit comercial de todas las muestras

3. Demostración de la presencia de microbios

La presencia de bacterias, hongos y cianobacterias en las palas fue demostrada mediante la amplificación del gen bacteriano 16S rRNA, Internal transcriber spacer (ITS), y la cianobacteria 16S rRNA gene, respectivamente.

Ambos 16S rRNA gene e Internal transcriber spacer contienen

Zonas de bandeo bien conservadas y regiones hipervariables que pueden proporcionar firmas genéticas con rango de especie muy útiles para la identificación de microorganismos.

La amplificación de esas secuencias fue descrita en publicaciones en :

Bacterias 16S rRNA gene: Primers 27F and 685r

Hongos Internal transcriber spacer (ITS): Primers ITS1 and ITS4

Cianobacterias 16S rRNA gene: CYA359F y mezcla equimolar de CYA781Ra and CYA781Rb.

Para la amplificación de la secuencia se utilizó un dispositivo PCR con PCR Mastermix (WR) bajo indicaciones del fabricante.

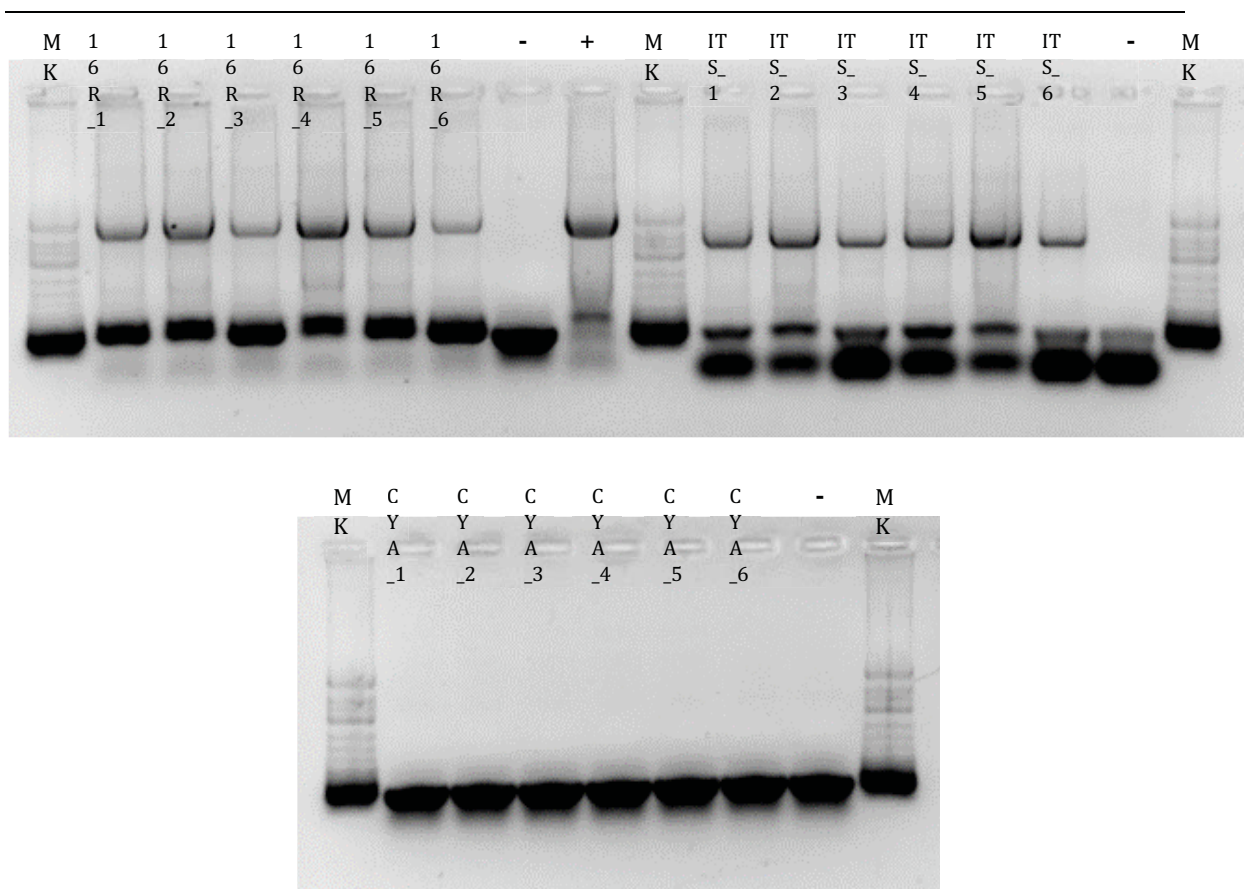


Figura 1. de ADN microbial. Lanes 16R_1 to 16R_6: PCR usando marcadores específicos para bacterias en las muestras de palas; Lanes ITS_1 to ITS_6: PCR usando marcadores específicos para hongos en las

muestras de palas; Lanes CYA_1 to CYA_6: PCR usando marcadores específicos para cianobacterias en las muestras de palas; lane -: negativo control (No ADN); lane +: positivo control (ADN de bacteria conocida). MK: marcadores de tamaño.

La electroforesis (Figura 1) muestra una amplificación PCR de las muestras usando marcadores específicos para ADN de bacteria y hongos. Indica la presencia de comunidades de hongos y bacterias en las palas.

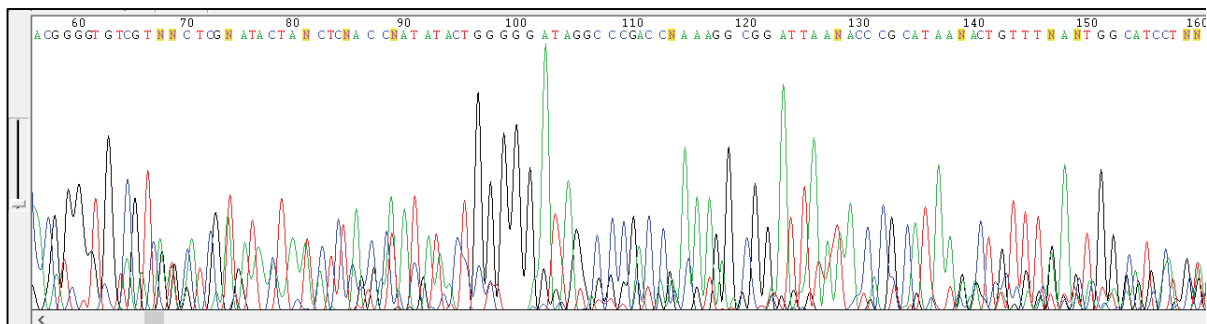
4. Identificación de las comunidades de microorganismos en las muestras de palas.

Los productos de bacterias y hongos obtenidos en las PCR fueron secuenciadas mediante secuenciación SANGER.

Se secuenciaron ambas caras de los fragmentos previamente amplificados.

Con este procedimiento obtenemos una idea de la comunidad de microorganismos presentes en estas muestras de palas. Para determinar las especies presentes se utilizo una herramienta de búsqueda en bases de datos para secuencias basadas en el algoritmo BLAST

Figura 2. Cromatografía de la PCR correspondiente a la población de microorganismos de las muestras.



CONCLUSIONES

El estudio muestra como el empleo de tecnología SARP, permite al obtención de datos y valiosas muestras para el análisis estructural profundo, en este caso de palas de aerogeneradores. En estas palas, la influencia e interacción con micro o macroorganismos es notable. El análisis de muestras tomadas permitio la identificación de bacterias, mediante secuenciación ADN, que han sido descritas como agentes de la degradación de de epoxy (1), un componente esencial de las palas. Este trabajo es una primera aproximación que demuestra la existencia de comunidades microbianas activas en la degradación de los componentes epoxy de las palas, lo cual supone la apertura de un interesante campo de investigación para relacionar estos microorganismos con aspectos claves como la erosión o el engelamiento de las superficies de las palas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de Iberdrola en este estudio

REFERENCIAS

- Barber S, Wang Y, Jafari S, Chokani N, Abhar RS. The Impact of Ice Formation on Wind Turbine Performance and Aerodynamics. European Wind Energy Conference (EWECE 2010). Warsaw. Poland.20-23 April, 2010.
- Dalili N, Edrisy A, Carriveau R. A review of surface engineering issues critical to wind turbine performance. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2009. 13:428–438.
- Pangallo D, Bučková M, Kraková L, Puškárová A, Šaková N, Grivalský T, Chovanová K, Zemánková M. Biodeterioration of epoxy resin: a microbial survey through culture-independent and culture-dependent approaches. Environ Microbiol. 2015