

POTENCIAL EOLICO EN LAS SIERRAS DE “EL ALTO –ANCASTI”.

2° ETAPA: LA BEBIDA - DPTO. ANCASTI – CATAMARCA.

Sequi, Juan R.⁽¹⁾; Herrera, Rafael⁽²⁾; Gómez, Ulises⁽²⁾; Foresi, Pedro⁽²⁾

⁽¹⁾ Cátedra de Maquinaria Agrícola; Fac. de Ciencias Agrarias - UNCa; Av. Belgrano y Mtro. Quiroga. CP 4700. Catamarca. Tel-Fax: (03833) 430504. Email: sequijr@yahoo.com.ar

⁽²⁾ Subsecretaría de Ciencia y Tecnología. Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. Gobierno de la Pcia. de Catamarca. República 838. CP 4700. Catamarca. Te: (03833) 437585.

EOLIC POTENTIAL IN THE “EL ALTO – ANCASTI” HILLS. 2nd STAGE: LA BEBIDA - DPTO. ANCASTI – CATAMARCA

SUMMARY

The hills of El Alto - Ancasti, Province of Catamarca, have interesting perspectives on the wind availability for electric power production in order to satisfy the requirements of rural communities by its height upon the sea level. This advantage is against the risks of out of control massive fires, caused by the traditional practices of rangeland burning when the winter ends, in order to have new grass to be eaten by livestock. This work analyzes the characteristics of the wind on La Bebida, Ancasti County, from the speed and direction of wind records got from beginning of October 2005 to end of September 2007. It is shown the distribution of the speed relative frequency mathematically fitted by the Probabilistic Theoretical Distribution Model of Weibull II. The power values (meteorological potency) were calculated for each month and the totals for each season of the year. It is analyzed its potentiality as renewable power source and its influence on the burning practices for cleaning and new budding of natural grasses, having in consideration the speeds and classified calms and the frequency of wind occurrence according to the typical directions of the wind rose. The summit of the hills of El Alto-Ancasti presents good perspectives to generate electric power, specially for low and medium consumptions. The winds reach top a speed at 5 ms^{-1} on tops and slopes of the Hills of El Alto - Ancasti between August and January. The risks for fires are very high because the speed of wind is over the advised speeds to apply the methodology of prescriptive burning, which are used by the experts in controlled fire management. The region presents highly burning material at this time and the energy of the wind is able to supply enough oxygen and to transport burning material at long distances, the conditions are ideal to produce massive and out of control fires.

KEY WORD: Energy, Eolic, La Bebida, Catamarca, Argentina

RESUMEN

Las Sierras de El Alto - Ancasti, Provincia de Catamarca, por su altura sobre el nivel del mar, tienen perspectivas interesantes de contar con vientos capaces de producir energía eléctrica suficiente para atender los requerimientos de las comunidades rurales. Esta ventaja se contrapone con los riesgos de incendios masivos y descontrolados producto de las prácticas tradicionales de quema de los pastizales naturales a la salida del invierno, para producir su rebrote anticipado y colocar allí una mayor carga de ganado. El presente trabajo analiza las características del viento en La Bebida, en el Departamento Ancasti, a partir de los registros de velocidad y dirección obtenidos desde octubre del 2005 a septiembre inclusive del 2007. Se muestra la distribución de la frecuencia relativa de velocidad del viento ajustada matemáticamente aplicando el modelo probabilístico de Distribución Teórica de Weibull II. Se calcularon los valores de energía (potencia meteorológica) para cada mes y los totales por estación del año. Se analiza su potencialidad como fuente de energía renovable y su influencia en las prácticas de quema para limpieza y rebrote temprano del pastizal natural, tomando en consideración las velocidades y calmas clasificadas y la frecuencia de ocurrencia de vientos según las direcciones típicas de la rosa de los vientos. Se concluye que la cumbre de las Sierras de El Alto – Ancasti presenta buenas perspectivas para su aprovechamiento en la generación de energía eléctrica, especialmente para consumos bajos y medios. Entre agosto y enero, los vientos alcanzan velocidades superiores a los 5 ms^{-1} o la superan, durante la mayor parte del tiempo, tornándose de alto riesgo de incendios ya que se supera los valores recomendados para todos los métodos de quema prescripta que utilizan los expertos en el manejo controlado del fuego. El material altamente combustible que presenta la región en esa época y la energía del viento, capaz de suministrar suficiente oxígeno y transportar material incandescente a largas distancias, generan las condiciones ideales para producir incendios masivos y descontrolados.

PALABRAS CLAVES: Energía, Eólica, La Bebida, Catamarca, Argentina

INTRODUCCIÓN

Las fuentes de energía naturales, como el agua, el viento y el sol, están siendo seriamente evaluadas por científicos y dirigentes mundiales como recursos sustitutos de los combustibles fósiles y de otras formas, tal como las centrales nucleares, que constituyen un riesgo permanente para la vida. Las consecuencias negativas que conlleva el sustentar la economía del mundo en los combustibles fósiles son tan evidentes, que un porcentaje cada vez mayor de la sociedad está

tomando conciencia de la necesidad de mejorar la seguridad energética y ayudar a mitigar el cambio climático y reducir el número de muertes causadas por la contaminación atmosférica.

Científicos de prestigio están cuestionando incluso el uso de los biocombustibles basados en el etanol, pues consideran que causarán en realidad más daños a la salud humana, a la fauna, al suministro de agua y al uso de la tierra, que los combustibles fósiles actuales.

Estas cuestiones y el hecho del agotamiento lógico de los recursos energéticos no renovables, ha llevado a que los países industrializados enfoquen sus políticas de desarrollo en un uso más predominante de la electricidad. Por tal motivo cada día se suman más incentivos para impulsar la investigación y el desarrollo de tecnologías que aprovechen las fuentes naturales para ser transformadas en energía eléctrica. Los desarrollos tecnológicos actuales en materia de turbinas eólicas han favorecido sustancialmente el aprovechamiento del viento, a tal punto que países como Estados Unidos de América, Dinamarca, España y Alemania, entre los casos más destacados, han promovido fuertemente la producción eléctrica instalando parques o granjas eólicas con máquinas conectadas a las redes eléctricas. Se estima que un número cercano a los 31.000 aerogeneradores operan conectados a redes eléctricas y se prevé un mayor crecimiento para los próximos años.

Entre las ventajas que presenta esta tecnología limpia, se destaca su versatilidad en cuanto a la configuración posible para múltiples usos, ya sea para obtener energía mecánica o energía eléctrica. En las zonas rurales, se puede obtener electricidad para bajos y medios consumos a partir de instalaciones autónomas, aisladas o remotas, con potencias que van de 0,15 hasta 10 kW. En regiones aisladas, donde las redes tradicionales no llegan, se dan las condiciones para instalar pequeñas redes alimentadas por sistemas híbridos Diesel-Eólicos.

El uso de grandes turbinas acopladas a las redes eléctricas, es lo que se impone en el mundo desarrollado y está penetrando en los países periféricos. Desde comienzos de la década del 80 la utilización del viento para generación de energía eléctrica que alimenta las redes interconectadas experimentó un salto cualitativo y cuantitativo sustancial. En la Argentina, experiencias de este tipo se están llevando a cabo en el sur patagónico, donde el viento es un recurso abundante.

En Catamarca, el recurso eólico no presenta grandes perspectivas, pero no se debe descartar esta tecnología sin antes no tener relevado el recurso disponible, especialmente en las regiones montañosas. En efecto, se sabe que la velocidad del viento crece con la altura y Catamarca presenta más del 75 % de su territorio con relieve montañoso. En estas condiciones, el viento, cuya velocidad no es constante por naturaleza, se “encajona” marcando corredores que transforman un espacio poco apto en una fuente potencialmente importante. Ello obliga a estudiar las características del viento “in situ”, midiendo la velocidad y dirección para conocer

su evolución temporal y poder así estimar la energía útil que una máquina eólica es capaz de entregar en un período determinado.

Ello permite la selección del lugar más conveniente para la instalación de las turbinas, especialmente si tenemos presente que la energía disponible es una función del cubo de la velocidad del viento. Por otra parte, conocer la velocidad y dirección del viento en una determinada región y su distribución mensual y estacional permite determinar su influencia en la agricultura y la preservación del ambiente, especialmente en las zonas serranas, donde las prácticas tradicionales de quema de los pastizales naturales a la salida del invierno, para producir su rebrote anticipado, son causales de incendios que afectan seriamente el ecosistema.

El presente trabajo analiza las características del viento en La Bebida, paraje localizado en el cordón de las Sierras de El Alto – Ancasti, en el Departamento Ancasti, a partir de los registros de velocidad y dirección obtenidos desde Octubre de 2005 hasta Septiembre inclusive del 2007. Se muestra la distribución de la frecuencia relativa de velocidad del viento ajustada matemáticamente aplicando el modelo probabilístico de Distribución Teórica de Weibull II. Se calcularon los valores de energía (potencia meteorológica) para cada mes y los totales por estación del año. Se analiza su potencialidad como fuente de energía renovable y su influencia en las prácticas de quema para limpieza y rebrote temprano del pastizal natural, tomando en consideración las velocidades y calmas clasificadas y la frecuencia de ocurrencia de vientos según las direcciones típicas de la rosa de los vientos.

MATERIALES Y METODO

El cordón montañoso de El Alto – Ancasti es junto con el Ambato-Manchao, uno de los dos cordones principales que limitan el Valle Central de la provincia. Tiene dirección predominante norte-sur, con una pendiente abrupta en su ladera occidental, enfrentada a la Región Centro y una pendiente suave en su orientación este. La sierra de Ancasti propiamente dicha se extiende con rumbo submeridional en el sureste de la provincia de Catamarca, entre los paralelos de 28° y 29° 45' de latitud sur y es atravesada por el meridiano de 65° 30' de longitud oeste. Integra al ambiente geológico de las Sierras Pampeanas Septentrionales y está constituida de modo dominante por rocas metamórficas e ígneas correspondientes al Paleozoico inferior (Navarro 1994).

El estudio del viento se realizó a partir de datos de velocidad registrados en el paraje “La Bebida”, ubicada sobre la cima de las Sierras de Ancasti, a una altura de 1487 metros sobre el nivel del mar y localizada geográficamente a 28° 32' 27" de Latitud Sur y 65° 36' 42" de Longitud Oeste. Pertenece al Departamento Ancasti y se trata de un área despoblada, con suaves

ondulaciones y pastizales bajos, que siempre a sido considerada como posible fuente de aprovechamiento eólico, aunque no existen registros ni trabajos que confirmen el supuesto. La temperatura media anual es de 15 °C.

A fin de medir y registrar la velocidad y dirección del viento se instaló una estación de registro y almacenamiento marca BAPT, modelo EVD-1B, con microprocesador de 8 bits, 32 Kbytes de memoria RAM y 8 Kbytes en EPROM para firmware. El sensor de velocidad es un modelo SV-1, de tres copelas troncocónicas, de 50 mm de diámetro, con vértice semiesférico y $\pm 0.2 \text{ ms}^{-1}$ o 2 % de exactitud. Puede medir en un rango de 0 a 60 ms^{-1} , con un umbral de funcionamiento menor a $0,4 \text{ ms}^{-1}$ y un radio de giro de 97 mm. El sensor de dirección de viento es un modelo SD-1, que registra según las 16 direcciones establecidas en la rosa de los vientos. Los sensores se ubicaron a 10 metros de altura desde el nivel de piso, siguiendo las normas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), sobre un terreno con ligeras ondulaciones y pastizales bajos lo cual no produce perturbaciones de la masa de aire al nivel del anemómetro. La estación trabaja con un contador autónomo interno que contabiliza los pulsos emitidos por el anemómetro y cada minuto los transforma en velocidad de viento (en metros por segundo), con un decimal de aproximación. Este valor obtenido se transfiere a un display y se almacena en un registro. Al cabo de una hora, el procesador calcula el promedio ponderado con los valores promedios de cálculo y el valor obtenido se cuantifica en una determinada "clase diaria", que se almacena en el registro correspondiente al día y hora en curso. Se obtiene así una matriz de 24 valores de velocidad de viento, que corresponden respectivamente a cada una de las 24 horas del día, lo que permite luego proceder a cualquier análisis estadístico de los datos.

Los datos de velocidad media horaria fueron procesados estadísticamente agrupando los valores en rangos de 1 m/s de amplitud, determinándose para cada mes completo de medición la frecuencia de ocurrencia de velocidad. Posteriormente, a partir de las frecuencias relativas se construyeron los Histogramas de Distribución de Frecuencia Relativa mensual, estacional y anual. Posteriormente los Histogramas fueron ajustados matemáticamente con la Función de Distribución Teórica de Weibull II (Mattio y Ponce. 1998), cuya expresión es:

$$f(V) = \frac{K}{C} \left[\frac{v}{c} \right]^{k-1} \text{Exp} \left[- \left(\frac{v}{c} \right)^k \right] \quad \text{siendo}$$

$$K = \left[\frac{\sigma}{\mu} \right]^{-1,086} \quad C = \frac{\mu}{\Gamma \left[1 + \frac{1}{K} \right]}$$

K = parámetro de forma

Φ = Desv. Estándar

C = parámetro de escala

:= Velocidad media del período considerado

Para tal fin también se determinaron los estadísticos de posición y los valores característicos de dispersión: Varianza y Desviación estándar. El análisis estadístico fue realizado utilizando el paquete estadístico de SPSS.

En razón de que, por lo general, las máquinas eólicas de mediana y gran potencia se montan con sus rotores a una altura de 30 a 40 m, se utilizó la ecuación de la Ley de Potencial (Sedefian, 1979); (Mattio y Ponce, op cit.), para extrapolar los valores registrados a 10 m:

$$V_2 = V_1 * \left(\frac{Z_2}{Z_1} \right)^\alpha$$

V_1 = Veloc. del viento a la altura conocida (Z_1)

V_2 = Veloc. desconocida a una altura Z_2

α = Exponente de rugosidad del terreno

También se registró la dirección predominante del viento. Cada 22,5° se ha fijado una dirección por lo cual se presentan 16 distintas direcciones, es decir, las típicas de la rosa de los vientos.

El presente trabajo abarca el período comprendido entre el 01/10/2005 hasta el 30/09/2007 inclusive.

RESULTADOS Y DISCUSION

El Gráfico N° 1 muestra el Histograma de Distribución de Frecuencia Relativa de todo el período considerado, para los valores de velocidad registrados a 10 metros sobre el nivel de piso. El mismo fue también ajustado matemáticamente con la Función de Distribución Teórica de Weibull II, para lo cual se calculó el parámetro de forma $\underline{K = 3,057}$ y el parámetro de escala $\underline{C = 8,252}$. El valor de la función gamma (valor tabulado) = 0,8975.

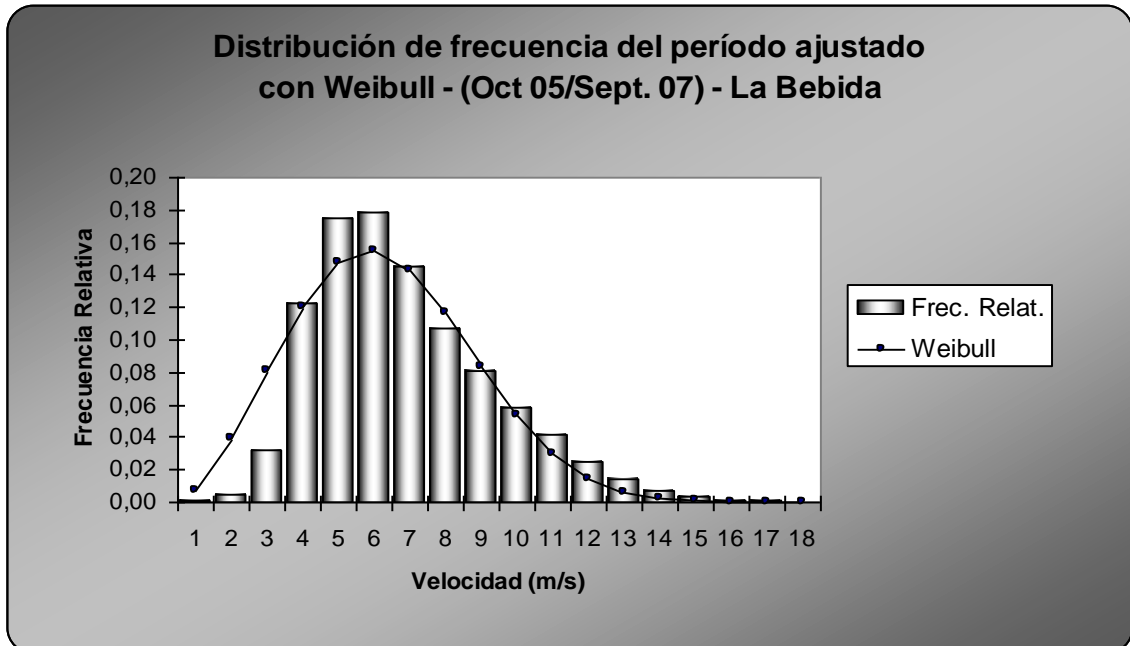


GRÁFICO N° 1: Histograma de Distribución de Frecuencia Relativa, ajustada matemáticamente con la función de Weibull II. La Bebida – Dpto. Ancasti:-Catamarca: Período Oct. 2005/Sept. 2007.

Como se observa, a la altura de 10 m sobre nivel de piso, el 84 % de los valores de velocidad registrados supera los 5 ms⁻¹. Por debajo de 5 ms⁻¹ (entre 1 ms⁻¹ y 4 ms⁻¹ inclusive) se registra solo un 16 % de los valores. Particularmente, las mayores frecuencias se dan en el rango comprendido entre los 5 ms⁻¹ y 7 ms⁻¹ (50%).

La velocidad media del período es de 5,95 ms⁻¹, discriminadas mensual y estacionalmente según lo muestra el Cuadro N° 1.

A partir de la ecuación de la Ley de Potencial, se calculó la velocidad media a 30 metros de altura, tomando como exponente de rugosidad del terreno un valor $\alpha = 1/10$, según se determinó experimentalmente en un trabajo anterior (Gómez, U. y otros), para condiciones similares, en la cima de las Sierras de El Alto-Ancasti. La velocidad media del período se incrementó a 6,64 ms⁻¹ (Cuadro N° 1).

CUADRO N° 1: Velocidad media mensual, estacional y anual, registrada a 10 m sobre el nivel de piso. Velocidad media teórica a 30 m sobre el nivel de piso, calculada en base a la ecuación de la Ley de Potencial. La Bebida - Dpto. Ancasti – Catamarca. Período Oct/05-Sept/07

Localidad: LA BEBIDA – DPTO. ANCASTI – CATAMARCA									
MESES / ESTACION	Vm (ms ⁻¹)						Desv. Est. (ms ⁻¹)		
	2005		2006		2007		2005	2006	2007
	10 m	30 m	10 m	30 m	10 m	30 m	10 m	10 m	10 m
ENERO	-	-	5,68	6,34	6,41	7,15	-	2,37	2,30
FEBRERO	-	-	6,09	6,80	5,71	6,37	-	2,32	2,23
MARZO	-	-	6,29	7,02	6,30	7,03	-	2,56	2,47
VERANO	-	-	6,02	6,72	6,15	6,87	-	2,41	2,35
ABRIL	-	-	5,85	6,53	5,71	6,37	-	2,40	2,45
MAYO	-	-	5,41	6,04	5,17	5,77	-	2,27	2,13
JUNIO	-	-	5,24	5,85	5,96	6,65	-	2,49	2,30
OTOÑO	-	-	5,50	6,14	5,61	6,26	-	2,38	2,29
JULIO	-	-	5,10	5,69	5,82	6,50	-	2,10	2,30
AGOSTO	-	-	4,98	5,56	5,89	6,57	-	1,83	2,42
SEPTIEMBRE	-	-	5,70	6,37	6,32	7,05	-	2,52	2,40
INVIERNO	-	-	5,25	5,86	6,00	6,70	-	2,17	2,36
OCTUBRE	6,54	7,30	6,18	6,90	-	-	2,91	2,47	-
NOVIEMBRE	5,81	6,49	6,56	7,32	-	-	2,51	2,96	-
DICIEMBRE	7,22	8,06	6,82	7,61	-	-	2,68	2,92	-
PRIMAVERA	7,50	8,37	6,52	7,27	-	-	2,74	2,77	-
ANUAL	-	-	5,82	6,50	-	-	-	2,48	-

Entre Septiembre y Marzo se registran los mayores valores de velocidad media, fenómeno que se repite en todo el valle central de Catamarca, siendo Diciembre el mes más ventoso. En este mes, el 91 % de los registros mostraron una velocidad superior a 5 ms⁻¹. Igualmente existe una importante regularidad a través de todo el período medido, lo cual favorece la posibilidad de una generación y uso equilibrado de la energía a lo largo de todo el año.

El Gráfico N° 2 muestra como se distribuye la velocidad media del viento según las horas del día, para cada una de las estaciones del año. Como se observa, hay una marcada uniformidad entre las estaciones. El viento comienza a soplar alrededor de las 14 hs y va aumentando su

velocidad hasta las 22 – 23 hs, para luego empezar a disminuir nuevamente. Entre las 9 hs y las 13 hs se registran los menores valores de velocidad del viento.

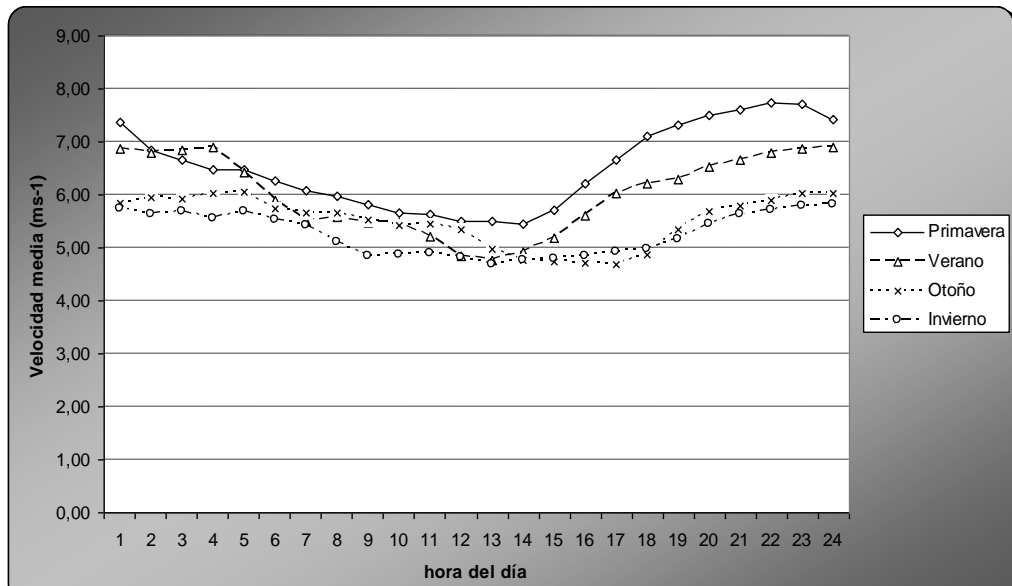


GRÁFICO N° 2: Distribución de la velocidad media del viento según las horas del día y según las estaciones del año. La Bebida - Dpto. Ancasti – Catamarca. Período Oct/05-Sept/07

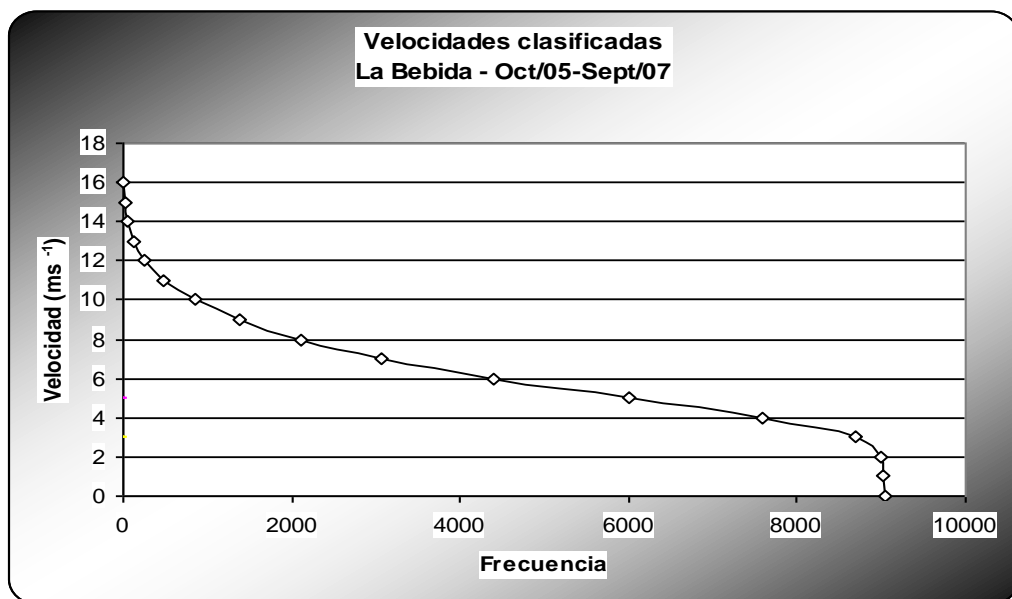


GRÁFICO N° 3: Curva de velocidades clasificadas por rangos de 1 ms⁻¹ para el período de medición. La Bebida - Dpto. Ancasti – Catamarca. Período Oct/05-Sept/07

El Gráfico N° 3 muestra la curva de las velocidades clasificadas para el período medido. Como se observa, las velocidades superiores a 5 ms⁻¹ suman una cantidad importante de horas, lo cual indica la buena posibilidad de aprovechamiento energético.

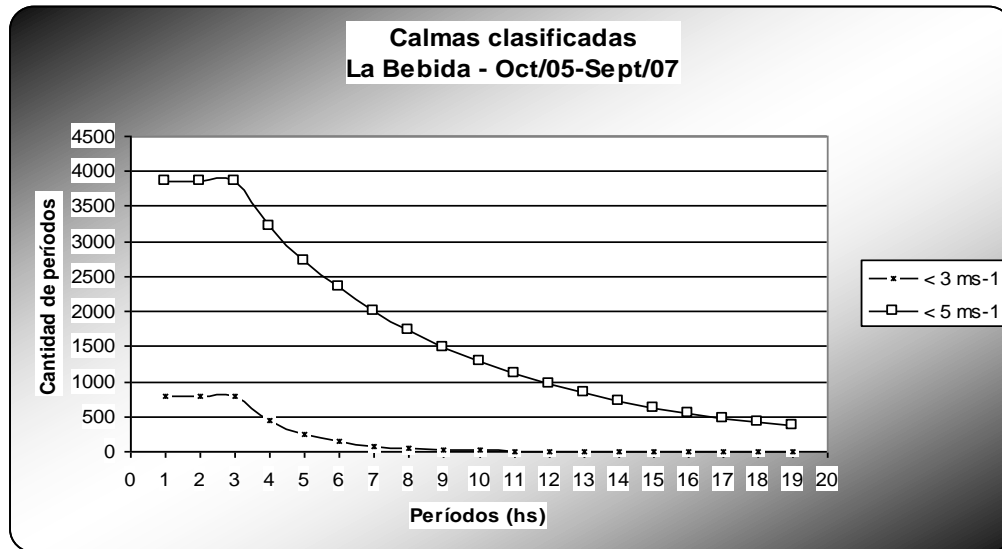


GRÁFICO N° 4: Períodos de calmas, clasificados por horas de duración, donde la velocidad media horaria es inferior a 3 ms^{-1} y a 5 ms^{-1} , por ser consideradas límites para el arranque de las turbinas lentas y rápidas respectivamente. La Bebida - Dpto. Ancasti – Catamarca. Período Oct/05-Sept/07

El Gráfico N° 4 muestra las curvas anuales correspondientes a los períodos de calma, para un límite inferior de velocidad de 3 ms^{-1} y de 5 ms^{-1} . Cuando la velocidad se hace inferior al valor mínimo de arranque de una turbina, se considera que existe un "período de calma", dentro del cual no se puede generar energía o bombear agua en el caso de los molinos americanos. Teniendo presente la cantidad de períodos de calmas se diseñan los sistemas de acumulación energética. Como observamos, hay muy pocos períodos al año en donde la velocidad se mantiene por debajo de los 3 ms^{-1} por más de 3 horas. Esto muestra las oportunidades de las eólicas lentas. Igualmente, podemos considerar normal para las características del viento en la región, la cantidad de períodos (aproximadamente 3800) en donde la velocidad baja de los 5 ms^{-1} durante 4 horas. Esto también hace interesante la posibilidad de uso de las turbinas rápidas.

En general podemos decir que el viento existente se sitúa en la escala 3 y 4 de Beaufort (Le Gourrieres, 1983), considerado interesante para las máquinas eólicas lentas (molinos americanos) y para los nuevos diseños de eólicas rápidas que, con la nueva tecnología desarrollada en la actualidad, pueden arrancar con velocidades algo menores a 5 ms^{-1} .

Es importante destacar la existencia de vientos continuos a lo largo de todo el año, con velocidades que alientan buenas perspectivas para producir energía eólica, pues, aún en los horarios de menor disponibilidad de viento, la velocidad del mismo siempre supera los $4,5 \text{ ms}^{-1}$. El avance tecnológico actual permite que se instalen parques eólicos con velocidades de viento de 6 ms^{-1} . Además, para bajos y medianos consumos, se utilizan máquinas eólicas lentas, que

arrancan con velocidades de 3 ms^{-1} . En La Aguadita, un paraje situado geográficamente a $28^{\circ} 40' 01''$ de Latitud Sur y $65^{\circ} 39' 00''$ de Longitud Oeste (1510 msnm), sobre la misma cumbre de la sierra de El Alto – Ancasti y hacia el norte de La Bebida, se registró una velocidad media anual de $6,25 \text{ ms}^{-1}$ a 10 m y $7,14 \text{ ms}^{-1}$ a los 30 m sobre nivel de piso (Gómez, U. y otros, op. cit), lo cual indica que dicha cumbre guarda muy buenas perspectivas para generar energía a partir del viento.

Las Sierras de Humaya, otro cordón montañoso que forma parte de un grupo de sierras localizadas al norte del paralelo de 28° de latitud Sur, orientadas en dirección norte-sur y situadas entre los dos cordones principales que limitan el Valle Central: las sierras de Alto-Ancasti y Ambato-Manchao, también presenta características similares. En “*Humaya Alta*”, ubicada a $27^{\circ} 56' 11''$ Latitud sur y $65^{\circ} 56' 46''$ de Longitud Oeste, y a 1970 msnm, se registró una velocidad media anual de $4,6 \text{ ms}^{-1}$ a 10 m y $5,1 \text{ ms}^{-1}$ a los 30 m sobre nivel de piso (Sequi, J. y otros), valores algo inferiores a La Bebida, pero interesantes para la generación energética.

Desde otro punto de vista, esta potencialidad energética constituye simultáneamente un alto riesgo para el ecosistema, cuando hablamos de procesos erosivos y, fundamentalmente, como factor activo en los incendios masivos que se dan en las zonas serranas, principalmente a la salida del invierno. Ancestralmente, en estas serranías se practica la tradicional quema de renovación por parte de los productores ganaderos. Las velocidades de viento registradas, especialmente en los meses de quema, conducen a incendios incontrolables, lo cual perjudica, en muchos casos, el ecosistema natural. Si tenemos presente que las quemas controladas (quema prescrita) y guiada por personal calificado, aconsejan realizarlas con velocidades inferiores a los $4,5 \text{ ms}^{-1}$ (Dentoni, 2003), los valores de velocidad de viento registrada durante todo el año, aconsejan una especial atención a este tema.

También se calculó la energía meteorológica para cada mes del período a partir de la fórmula general:

$$E = \frac{1}{2} \rho * A * V^3$$

Siendo ρ = densidad del aire = 1,05

$A = 1 \text{ m}^2$

CUADRO N° 3: Valores de energía meteorológica para cada uno de los meses registrados y sus correspondientes valores estacionales y del período. La Bebida. Dpto. Ancasti. Catamarca Período Oct/05-Sept/07.

<i>Energía Meteorológica [Kwh/m²]</i>						
Meses	Año			Estaciones	Valor	Anual
	2005	2006	2007			
Enero	-	114,12	143,99	Verano	473,84	1.832,83
Febrero	-	120,30	99,12			
Marzo	-	148,31	144,60			
Abril	-	117,45	113,82	Otoño	388,57	
Mayo	-	98,63	84,03			
Junio	-	97,77	118,01			
Julio	-	81,19	115,69	Invierno	329,68	
Agosto	-	70,18	124,82			
Septiembre	-	114,91	139,19			
Octubre	180,26	139,70	-	Primavera	640,74	
Noviembre	119,63	180,05	-			
Diciembre	209,83	197,77	-			

El Cuadro N° 3 muestra los valores de energía meteorológica para cada mes del período en estudio, considerando los valores de velocidad registrados a 10 m de altura.

Como se observa, la disponibilidad de energía mensual resulta muy interesante para cubrir las necesidades básicas de las comunidades rurales, especialmente para generar energía eléctrica para mediano y bajos consumos. En general, dada la interesante regularidad en la velocidad media mensual, es factible un aprovechamiento constante del recurso.

El cuadro N° 4 y los Gráficos N° 3 y 4, discriminan los valores de velocidad media y cantidad de ocurrencias según las direcciones de la Rosa de los Vientos, para los registros obtenidos a 10 m de altura, para todo el período estudiado. De acuerdo con ello, los vientos mas frecuentes provienen del sector N y NNE, tal como ocurre en los registros de las Sierras de Ambato (Sequi y otros). También de ese sector son los registros de mayor velocidad media, abarcando todo el arco que va desde el ONO hasta el NNE, lo cual involucra al 67 % de los datos totales de ocurrencias.

CUADRO N° 4: Valores de velocidad media (ms^{-1}) y cantidad de ocurrencias para cada una de las direcciones de la Rosa de los Vientos, registrados a los 10 m de altura, durante todo el período de estudio. La Bebida- Dpto. Ancasti– Catamarca. Período Oct/05-Sept/07

Direcciones	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO
Veloc. Media	6,8	7,3	5,7	4,2	3,8	3,7	4,8	5,8	6,7	5,1	4,4	3,7	3,2	5,9	6,8	5,4
Ocurrencias	3696	4404	1399	141	16	4	192	449	947	1083	511	303	370	1396	1696	1304

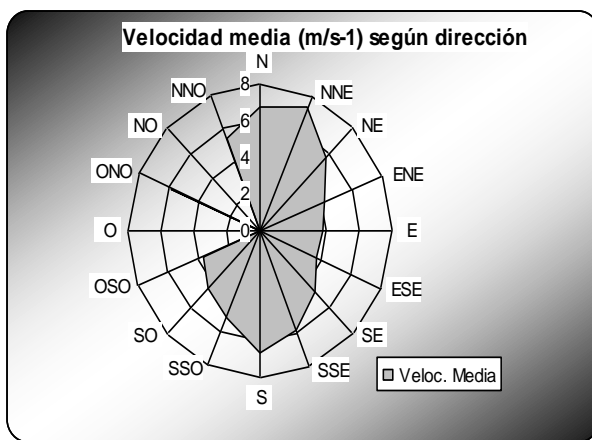


GRÁFICO N° 5: Valores de velocidad media (ms^{-1}) para cada una de las direcciones de la Rosa de los Vientos. La Bebida-Dpto. Ancasti–Catamarca. Período Oct/05-Sept/07

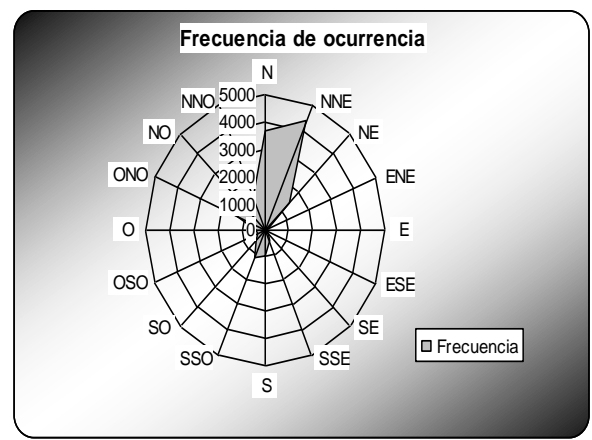


GRÁFICO N° 6: Cantidad de Ocurrencias para cada una de las direcciones de la Rosa de los Vientos. La Bebida-Dpto. Ancasti–Catamarca. Período Oct/05-Sept/07

CONCLUSIONES

En razón de que la velocidad del viento aumenta con la altura, en muchas regiones del mundo se está aprovechando el relieve montañoso para generar energía eólica, no solo por el logro de mayores potencias sino también porque son espacios vacíos, que no interfieren con la urbanidad, no “contaminan visualmente el paisaje y no compiten con las actividades agroganaderas. Esto se pone de manifiesto en la cumbre de las sierras ce El Alto – Ancasti.

El análisis de los datos de velocidad y dirección de viento registrados en La Bebida, Dpto. Ancasti, pone de manifiesto que se cuenta con un potencial eólico muy interesante para producir energía utilizando máquinas eólicas lentas y rápidas, según las nuevas tecnologías desarrolladas a nivel mundial. Una velocidad media de $5,95 \text{ ms}^{-1}$ a una altura de 10m, que se traduce a $6,64 \text{ ms}^{-1}$ a una altura de 30m, a lo largo del año, permite el uso tanto de máquinas

lentas como de máquinas rápidas (cuyo límite inferior de arranque esta alrededor de los 5 ms⁻¹), para producir energía eléctrica para distintos consumos de potencia propios de las zonas rurales.

Es muy interesante la posibilidad de utilización en emprendimientos mixtos, asociados con paneles fotovoltaicos, para aprovechar la energía solar abundante de la región. La regularidad mostrada a lo largo de todo el período, con escasa variación estacional, permite pensar que con una buena tecnología de captación y transformación puede tener, no solo una utilización individualizada, sino también un uso más comunitario para proporcionar servicios esenciales como agua potable, iluminación y conservación de alimentos.

Por otra parte, se trata de vientos moderados, con poca variabilidad en cuanto a la dirección del viento, lo que facilita la localización estratégica de las máquinas eólicas.

Una atención muy especial requiere el riesgo de incendios masivos, especialmente entre los meses de Septiembre y Enero. Se trata de vientos cálidos y secos, conocidos como “zonda”, generalmente provenientes de las direcciones NNE y NE, con velocidades que superan los 5 ms⁻¹, combinado con el material altamente combustible que presenta la región en esa época debido a los largos períodos de sequía propios de la salida del invierno, todo lo cual hace muy difícil el manejo controlado del fuego. Esta situación debe ser muy tenida en cuenta por los organismos públicos de control ambiental y los productores privados, ante la tradición generalizada de producir quemas de limpieza, especialmente en los faldeos y cumbres serranas.

Esto debería ser una importante alerta para monitorear la región y autorizar solo aquellas quemas planificadas con anticipación a agosto, utilizando una metodología de eficacia probada y bajo un estricto control de personal entrenado en manejo de fuego.

BIBLIOGRAFIA

- *DENTONI, M.* 2003. “Meteorología y el manejo del fuego”. Fuego en los ecosistemas argentinos. Ediciones INTA; Cap. 3; :27-37; Santiago del Estero - Argentina.
- *GOMEZ, U; HERRERA, R.; SEQUI, J.; MARCHIOLI, J; FERNANDEZ, A.* 2004; “Potencial eólico en las Sierras de El Alto - Ancasti: 1° etapa: La Aguadita - Dpto. Ancasti-Catamarca”. Congreso Regional de Ciencia y Tecnología - NOA. 2003. Univ. Nac. de Catamarca. Publicado en CD; Editorial Científica Universitaria; Universidad Nacional de Catamarca. :01-11.
- *NAVARRO, H. E.* 1994. Catamarca, hacia un estudio integral de su geografía III Edición. Ediciones Color. Catamarca Argentina.

- *MATTIO H. F.; PONCE G.* 1998. “Nociones Generales de Energía Eólica”. Módulo de Energía Eólica – Bibliografía elaborada para la Maestría en Energías Renovables. :102-107. Salta – Argentina.
- *SEDEFIAN, L.* 1979. On the vertical extrapolation of mean wind power density. *Journal of Applied Meteorology*. 19: 488 – 493.
- *SEQUI, J. R.; HERRERA, R.; GÓMEZ, U.; FORESI, P.* 2006; Característica de la energía eólica en las Sierras de Humaya: Departamentos Ambato – Catamarca – Argentina. *Revista del Centro de Investigación de Zonas Áridas y Semiáridas (CIZAS) - ISSN N° 1515-0453; Vol. 7, Núm. 1 y 2, :07 – 22.*
- *SEQUI, J. R.; HERRERA, R.; GÓMEZ, U.; FORESI, P.* 2005; “Características del viento en la localidad de La Puerta - Dpto. Ambato – Catamarca”. *Revista del Centro de Investigación de Zonas Áridas y Semiáridas (CIZAS) - ISSN N° 1515-0453; Vol. 6, Núm. 1 y 2, 48 - 60.*