

CARACTERISTICAS DEL VIENTO EN LA LOCALIDAD DE LA PUERTA. DPTO. AMBATO - CATAMARCA

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

⁽¹⁾ Cátedra de Maquinaria Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias - UNCa; Av. Belgrano y Mtro. Quiroga - CP 4700 – Catamarca; Tel-Fax: (03833) 430504; Email: sequi@agrarias.unca.edu.ar

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

CHARACTERISTICS OF THE WIND IN ‘LA PUERTA’ VILLAGE, AMBATO - CATAMARCA

SUMMARY

The knowledge of the characteristics of the wind, is fundamental to determine its possible advantage like renewable power plant and, simultaneously, to include/understand certain natural processes, to define agricultural practices and to develop strategies of management range. The present work analyzes the characteristics of the wind in the La Puerta, located rural locality in the Ambato Department, Province of Catamarca, Argentina, region in where a systematic relevamiento of the wind is being made. The monthly, seasonal and annual values, of average speed, modal value and Standard deviation are described. From the values of K and Cs, to the distribution of the relative frequency of speed of wind applying the probability model of Theoretical Distribution of Weibull II, is calculated. Also appears the graph of classified speeds. From the registered speed datas daily, the available energy monthly, seasonal and annual is determined, analyzing its feasibility of advantage from slow and fast turbines. Finally, the directional predominance of the wind and its relation with the registered speeds are one analyzed. One concludes that, according to the observed average speed throughout the period, the wind only can be taken advantage of on small scale, for rather domestic use or small agricultural and industrial facilities. From the agricultural point of view, the continuity of the wind throughout the year does necessary to control its erosive effect, specially in months like August, September and October, where an important environmental contamination takes place. The average of speed and annual regularity makes feasible of being taken advantage of

for direct water pumping, in special for human consumption or of animals. It must be had special well-taken care of when the traditional one is made burns of the pastizales, in regard to the speeds that the wind as of September in ahead reaches. It demands a planned handling of the fire, to avoid the uncontrolled fires that devastate with the flora and the fauna, with serious damages for the natural ecosystem.

KEY WORD: Energy, Eolic, Catamarca, Argentina

RESUMEN

El conocimiento de las características del viento, es fundamental para determinar su posible aprovechamiento como fuente de energía renovable y, simultáneamente, para comprender ciertos procesos naturales, definir prácticas agrícolas y desarrollar estrategias de manejo de los pastizales naturales.

El presente trabajo analiza las características del viento en La Puerta, localidad rural ubicada en el Departamento Ambato, Provincia de Catamarca, Argentina, región en donde se está realizando un relevamiento sistemático del recurso eólico. Se muestran los valores mensuales, estacionales y anual, de la velocidad media, el valor modal y la Desviación Estándar. A partir de los valores de K y C calculados se muestra la distribución de la frecuencia relativa de velocidad de viento aplicando el modelo probabilístico de Distribución Teórica de Weibull II. También se presenta la gráfica de velocidades clasificadas.

A partir de los datos de velocidad registrados diariamente, se determina la energía mensual, estacional y anual disponible, analizando su factibilidad de aprovechamiento a partir de turbinas lentas y rápidas. Por último se analiza la predominancia direccional del viento y su relación con las velocidades registradas.

Se concluye que, según la velocidad media observada a lo largo del período, el viento solamente puede ser aprovechado a pequeña escala, para uso más bien doméstico o pequeñas instalaciones agrícolas e industriales.

Desde el punto de vista agrícola, la continuidad del viento a lo largo del año hace necesario controlar su efecto erosivo, especialmente en meses como agosto, septiembre y octubre, donde se produce una importante contaminación ambiental. El promedio de velocidad y regularidad anual lo hace factible de ser aprovechado para bombeo directo de agua, en especial para consumo humano o de animales. Debe tenerse especial cuidado cuando se realiza la

tradicional quema de los pastizales, en razón de las velocidades que alcanza el viento a partir de septiembre en adelante. Ello exige un manejo planificado del fuego, para evitar los incendios incontrolados que arrasan con la flora y la fauna, con graves perjuicios para el ecosistema natural.

PALABRAS CLAVES: Energía, Eólica, Catamarca, Argentina

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de las características del viento, como parámetro agroclimático, es fundamental para determinar su posible aprovechamiento como fuente de energía renovable y, simultáneamente, para comprender ciertos procesos naturales, definir prácticas agrícolas y desarrollar estrategias de manejo agrosilvopastoril. Las posibilidades y métodos de cultivo, los requerimientos hídricos en relación al desecamiento del suelo, los riesgos erosivos, el manejo del fuego en pastizales naturales (Dentoni, 2003), la contaminación ambiental por agroquímico y sus efectos en las poblaciones y en la biodiversidad, entre otros, están estrechamente vinculados con la cuantía y comportamiento del viento en la región.

Desde otra óptica, las masas de aire en movimiento constituyen un recurso energético que fue muy aprovechado desde la antigüedad y hoy está cobrando una nueva dimensión como fuente de energía alternativa a las tradicionales, por su carácter de no contaminante, renovable y fácilmente disponible para emprendimientos aislados o de bajo consumo en áreas rurales y urbanas. En los últimos 10 años, ha sido la fuente de energía renovable que más interés ha despertado en todo el mundo y la que registra, no solo el mayor índice de potencia instalada, sino también, la que experimentó el mayor desarrollo tecnológico en las máquinas y centrales eléctricas de su tipo. Por ello, como factor agroclimático, su conocimiento analítico y cuantitativo constituye un aporte significativo como herramienta para la toma de decisiones, ya sea para controlar o aprovechar sus efectos o para diseñar estrategias de acción que tengan al viento como uno de sus protagonistas.

La condicionante del viento es su variabilidad temporal y espacial. Por ello, su conocimiento implica un seguimiento con mediciones continuas y sistematizadas, en cuanto a su velocidad media y dirección predominante, lo cual será determinante para conocer la potencia media disponible y su distribución mensual, estacional y anual, condición primordial para aprovechar su potencial en la generación de energía mecánica o eléctrica. Ello conlleva a la

necesidad de obtener datos geo-espaciales, procesados estadísticamente, con tratamiento digital de imágenes para la geografía en estudio y detallados en mapas eólicos, como una herramienta significativa a la hora de procurar optimizar la productividad y las prácticas de manejo en las explotaciones agropecuarias y tomar decisiones relacionadas con el diseño de estrategias de electrificación y desarrollo socioeconómico provincial, particularmente de las áreas rurales.

En Catamarca, los cordones que cruzan la Provincia de norte a sur (Ancasti y Ambato), las regiones precordilleranas y la extensa región de Puna, hacen que el 75 % de su territorio presente una orografía montañosa. Ello indica buenas perspectivas eólicas para uso energético, puesto que el viento aumenta con la altura sobre el nivel del mar. Muchas comunidades rurales y establecimientos aislados podrían verse favorecidas a través del abastecimiento por medio de pequeñas unidades generadoras para uso mas bien doméstico tales como: electrificación de viviendas aisladas y servicios públicos; suministro eléctrico a pequeñas instalaciones agrícolas e industriales; bombeo de agua; sistemas de riego; telecomunicaciones; señalizaciones; repetidoras y reemisoras de radio, televisión y telefonía; alarmas, etc.

Por otra parte, conocer las características del viento tiene un gran valor para el manejo racional del fuego en la quema de pastizales naturales de las extensiones de serranía dedicada a ganadería (Dentoni, op cit.). Esta práctica es muy común en el área objeto de medición.

El presente trabajo analiza las características de velocidad y frecuencia del viento en La Puerta, localidad ubicada en el área la subcuenca del Río Los Puestos, Departamento Ambato, donde se está realizando un relevamiento sistemático del recurso eólico con estaciones anemométricas distribuidas en lugares estratégicos del valle y en la cima del cordón del Ambato (Sequi et al., 1999); (Sequi et al., 2001); (Sequi et al., 2003); (Gómez et al., 2003); (Sequi et al., 2004).

MATERIALES Y METODOS

Los valores de velocidad y dirección de viento fueron registrados entre marzo del año 2000 y febrero de 2001, a partir de una estación anemométrica instalada en la localidad de La Puerta, en el Departamento Ambato, Provincia de Catamarca, ubicada en las coordenadas: 28° 10' 05" Latitud Sur y 65° 47' 16" Longitud Oeste; en un valle intermontano a 900 msnm. La temperatura media anual para el período de medición fue de 17 °C, según datos inéditos proporcionados por la cátedra de Climatología y Fenología Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNCa), registrados en la Estación de El Bolsón, localidad ubicada dentro del área considerada.

La estación anemométrica instalada es marca BAPT, modelo EVD-1B, con sensor de velocidad modelo SV-1, de tres copelas troncocónicas, de 50 mm de diámetro, con vértice semiesférico y ± 0.2 m/s o 2 % de exactitud y sensor de dirección de viento modelo SD-1, que registra según las 16 direcciones establecidas en la rosa de los vientos.

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, sin datos faltantes la frecuencia de ocurrencia de cada rango de velocidad. Posteriormente los histogramas fueron ajustados matemáticamente con la función de distribución teórica de Weibull II (Mattio y Ponce, 1998), cuya expresión es:

$$f(V) = \frac{K}{C} \left[\frac{V}{C} \right]^{K-1} \text{Exp} \left[- \left(\frac{V}{C} \right)^K \right] \quad \text{siendo} \quad K = \left[\frac{\sigma}{\mu} \right]^{-1,086} \quad C = \frac{\mu}{\Gamma \left[1 + \frac{1}{K} \right]}$$

K = parámetro de forma **σ** = Desv. Estándar **Γ** = Función Gamma.
C = parámetro de escala **μ** = Velocidad media del período considerado

La energía teórica máxima o potencia meteorológica por unidad de tiempo y de área, (Área = 1m²) del aire en movimiento se calculó a partir de los datos reales aplicando la expresión:

$$P_m = \frac{1}{2} \delta V^3$$

P_m = Potencia meteorológica (W/m²)

δ = Densidad del aire (Kg/m³)

V = Velocidad del flujo de aire (m/s)

También podemos calcular la distribución de energía eólica mensual a partir de la función de densidad de probabilidad (f(v)), cuya expresión es:

$$Pm = \frac{1}{2} \delta A \int_0^{\infty} V^3 f(v) dv$$

Los sensores se ubicaron a 10 metros de altura desde el nivel de piso, siguiendo las normas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). En razón de que los aerogeneradores con eje horizontal de rotación de las palas se ubican a una altura igual o mayor de 30 m, se calculó la velocidad media a ese nivel aplicando la siguiente relación (Sedefian, 1979); (Mattio y Ponce, op cit.):

$$\frac{V_{m(z)}}{V_{m(r)}} = \left[\frac{Z}{r} \right]^\alpha$$

$V_{m(z)}$ = Velocidad media a la altura (Z) de extrapolación (m/s).

$V_{m(r)}$ = Velocidad media a la altura de referencia (m/s)

Z = Altura a la cual se va a extrapolar (m).

r = Altura de referencia (m).

α = coeficiente de rugosidad del terreno.

Por las características pocas onduladas del terreno y libre de interferencias que pudieran producir perturbaciones en la masa de aire a nivel del anemómetro, se tomó como coeficiente de rugosidad $\alpha = 1/7$, valor comúnmente aceptado para alturas entre 1,5 m y 120 m, durante condiciones estables.

A los fines del estudio, el año se dividió en las cuatro estaciones tomando como otoño a los meses de abril, mayo y junio; invierno a los meses de julio, agosto y septiembre; la primavera concentra los meses de octubre, noviembre y diciembre y el verano se integra con los meses de enero, febrero y marzo.

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.

RESULTADOS Y DISCUSION

El cuadro N° 1 muestra la velocidad media mensual en el período de mediciones, el valor modal de velocidad y la desviación estándar. Analizando tales valores, se observa que hay disponibilidad de viento durante todo el año y que el mismo presenta una escasa variación mensual y estacional. Septiembre es el mes de mayor velocidad media (5,3 m/s) y muestra que 6,1 m/s, es el valor de velocidad mas frecuente que se registra como promedio horario. Febrero también muestra

un valor modal alto como promedio horario (6,3 m/s), pero su media es de las más bajas del año (4,3 m/s), con lo cual se puede deducir que se alternan los días de mucho viento y días de calma.

Entre la velocidad media máxima (5,3 m/s) registrada en septiembre y la mínima (4,1 m/s) registrada en abril, hay una escasa diferencia de 1,2 m/s, es decir menos que el valor mínimo de desviación estándar (1,43 m/s) ocurrido en marzo.

Abril es el mes de menor ocurrencia de viento y forma parte de la estación del año (otoño) con menor velocidad (4,2 m/s). En oposición, invierno y primavera son las estaciones con mayor velocidad de viento: 4,7 m/s y 4,6 m/s respectivamente.

CUADRO N° 1: valores de velocidad media a 10m y a 30m de altura, para cada mes, estación y promedio anual. Valor mas frecuente de velocidad (moda) y desviación estándar, para cada mes, estación y al año. Parámetros K y C para el cálculo de la función de distribución teórica de Weibull II. La Puerta 2000 – 2001

	Veloc. media 10 m* (m.s ⁻¹)	Moda	Desviación stándar	Parámetro de forma (K)	Parámetro de escala (C)	Veloc. media 30 m** (m.s ⁻¹)
ENERO	4,4	4,0	1,68			5,15
FEBRERO	4,3	6,3	1,53			5,03
MARZO	4,7	4,5	1,43			5,50
VERANO	4,5	4,0	1,56	3,16	5,03	5,25
ABRIL	4,1	4,2	1,55			4,76
MAYO	4,3	3,9	1,52			4,98
JUNIO	4,3	4,8	1,62			5,06
OTOÑO	4,2	4,3	1,57	2,91	4,71	4,93
JULIO	4,2	4,6	1,54			4,86
AGOSTO	4,7	5,2	1,74			5,55
SEPTIEMBRE	5,3	6,1	2,03			6,19
INVIERNO	4,7	4,3	1,83	2,79	5,27	5,53
OCTUBRE	4,5	5,0	1,80			5,31
NOVIEMBRE	4,7	3,6	1,78			5,51
DICIEMBRE	4,5	3,9	1,49			5,32
PRIMAVERA	4,6	3,6	1,69	2,97	5,16	5,38
ANUAL	4,5	3,9	1,68	2,92	5,05	5,26

* 10 metros sobre nivel de piso; ** 30 metros sobre nivel de piso.

En general podemos decir que el viento existente se sitúa en la escala 3 y 4 de Beaufort (Le Gourrieres, 1983), considerado de interés para las máquinas eólicas lentas (molinos americanos), pero con pocas posibilidades de aprovechamiento para las eólicas rápidas. Tomando en consideración el viento a una altura de 30 m, las velocidades medias calculadas se encuentran en general en el límite para el arranque de las máquinas rápidas.

A partir de los valores de K y C calculados (Cuadro N° 1), se pudo plantear, para cada estación del año y para todo el período de registro, la distribución de la frecuencia relativa de

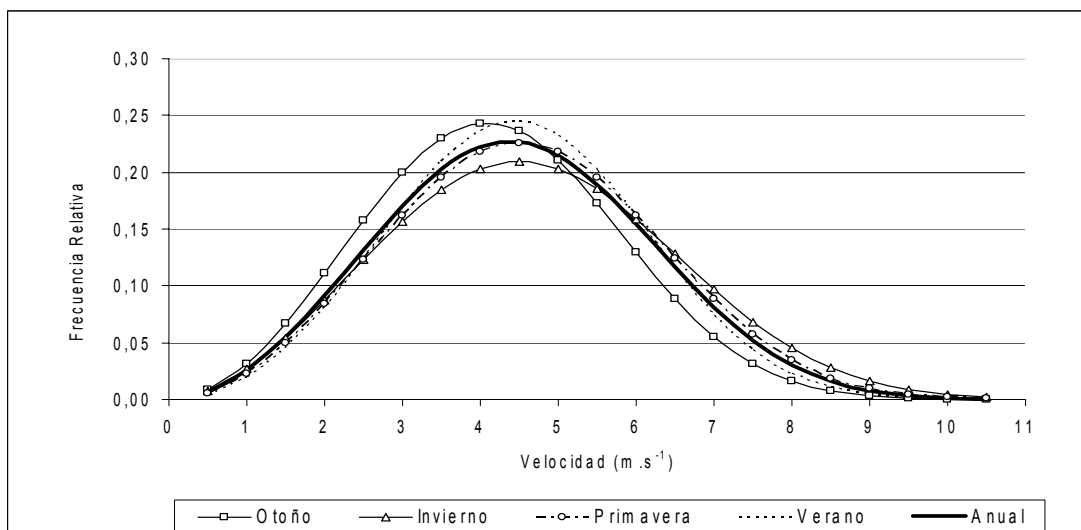


FIGURA N° 1: Variación estacional de la frecuencia relativa de velocidad de viento aplicando la función de distribución teórica de Weibull II. La Puerta 2000 – 2001.

velocidad de viento aplicando el modelo probabilística de Weibull II. La Figura N° 1 muestra la variación estacional aplicando dicha función de distribución teórica. Se comprueba la fuerte regularidad y la escasa dispersión de una estación a otra y en comparación con el total del período.

La Figura N° 2 muestra la curva anual de las velocidades clasificadas para el período medido.

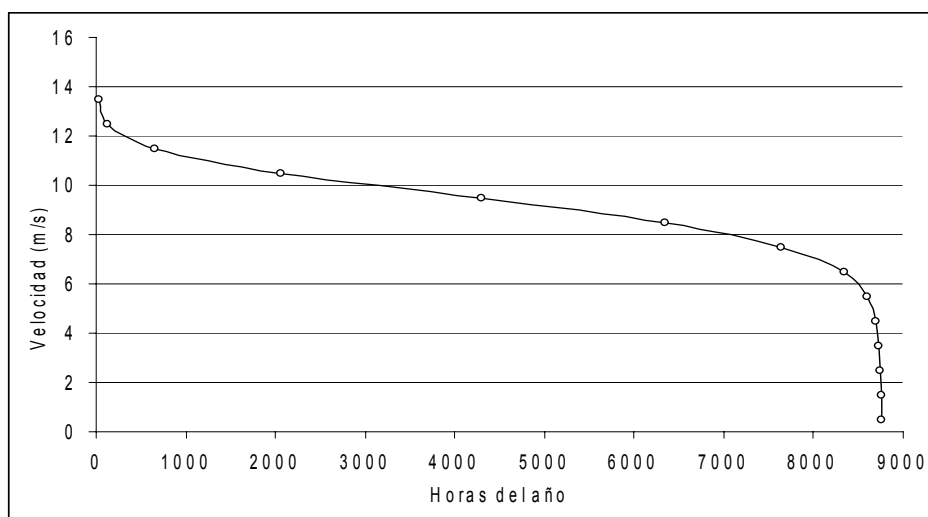


FIGURA N° 2: Curva de velocidades clasificadas por rangos de 1 m/s para el período de medición. La Puerta 2000 – 2001.

El Cuadro N° 2 muestra los valores de energía para cada mes y estación del período de registro, a la altura de 10 m sobre el nivel de piso.

CUADRO N° 2: Valores de energía o potencia meteorológica mensual, estacional y anual para todo el período de registro. La Puerta 2000 - 2001

Meses / Estaciones	Energía (kW-h*m ⁻²)	Meses / Estaciones	Energía (kW-h*m ⁻²)
ABRIL	36,67	OCTUBRE	55,91
MAYO	41,97	NOVIEMBRE	58,90
JUNIO	43,81	DICIEMBRE	49,53
OTOÑO	122,45	PRIMAVERA	164,34
JULIO	39,83	ENERO	51,14
AGOSTO	58,92	FEBRERO	40,77
SEPTIEMBRE	81,51	MARZO	51,65
INVIERNO	180,26	VERANO	143,56
ANUAL	610,59		

La Figura N° 3 permite una mejor visualización de la distribución mensual de la energía disponible, notándose la diferencia de septiembre respecto del resto de los meses.

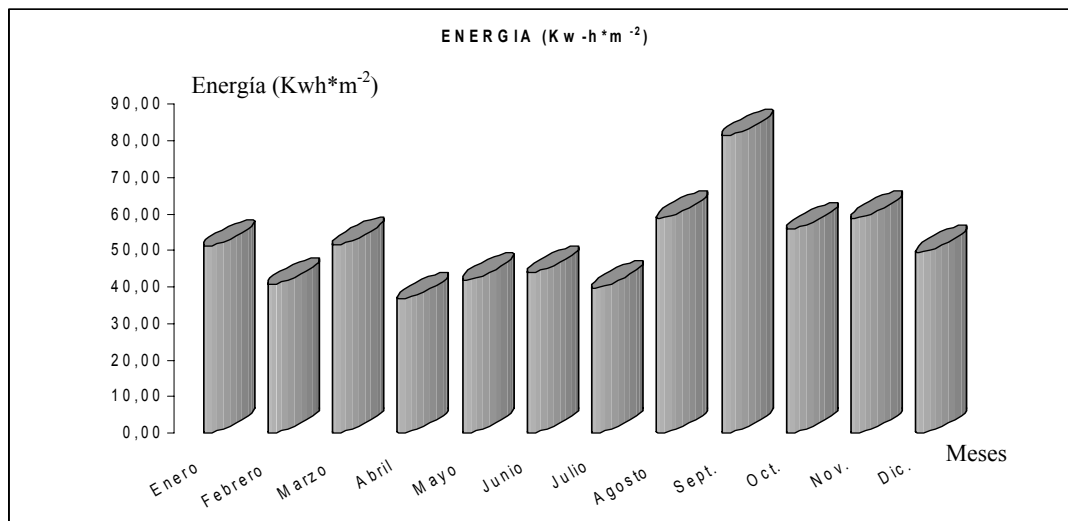


FIGURA N° 3: valores de energía (Kw-h*m⁻²) distribuidos mensualmente, calculados a partir de los datos de velocidad registrados. La Puerta 2000 – 2001.

CUADRO N° 3: Valor porcentual de horas que sopló el viento, tomando las direcciones predominantes, para cada estación del año. La Puerta – Período 2000-2001.

Dirección Estaciones	NNO (%)	N (%)	ENE (%)	SSE (%)	Total (%)
Primavera	29.6	22.5	19.7	7.2	79.0
Verano	26.4	27.8	17.1	5.5	76.8
Otoño	39.5	22.7	11.6	9.5	82.3
Invierno	36.6	23.5	12.3	7.7	80.1
Prom.	33,0	24,1	15,2	7,50	79.6

El Cuadro N° 3 muestra, en porcentajes, la frecuencia en que se manifestó el viento en las direcciones predominantes. Como se observa, casi el 80 % de las horas del año, el viento sopló en las direcciones referenciadas.

Esto puede verse con más claridad en la Figura N° 4, donde se muestra la distribución de frecuencia en las direcciones de la rosa de los vientos para todas las estaciones.

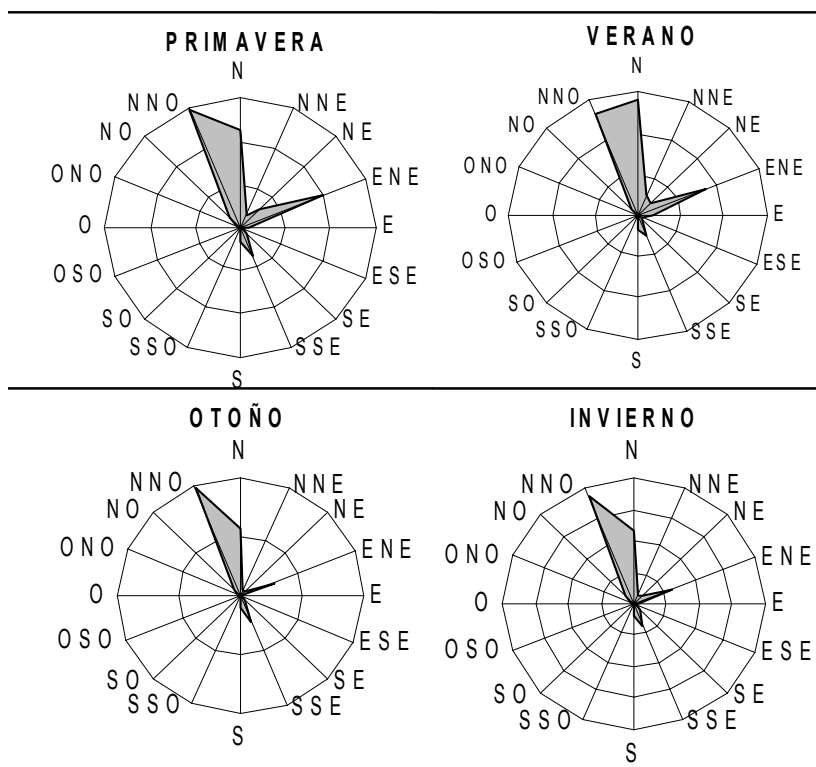


FIGURA N°4: Distribución de la frecuencia de dirección de viento según la rosa de los vientos, para cada estación del año. La Puerta 2000-2001.

El Cuadro N° 4 presenta el promedio estacional de la velocidad del viento en las direcciones predominantes. Si bien no hay mucha diferencia entre ellos, siempre hay un valor mayor en la dirección SSE porque en ella se registran los fuertes vientos de las tormentas del sur, especialmente en primavera. Las velocidades altas del N se corresponden en gran medida con el viento zonda.

CUADRO N° 4: Velocidades promedio para cada estación del período medido, en las direcciones predominantes. La Puerta 2000-2001.

Dirección Estaciones	NNO (m/s)	N (m/s)	ENE (m/s)	SSE (m/s)
Primavera	4.6	5.3	4.9	5.5
Verano	4.7	5.6	4.6	5.3
Otoño	3.9	4.6	5.3	5.1
Invierno	4.2	5.1	4.8	5.2
Promedio	4.4	5.2	4.9	5.3

CONCLUSIONES

Desde el punto de vista energético, con una velocidad promedio anual de 4,5 m/s, el viento solamente puede ser aprovechado a pequeña escala utilizando los conocidos molinos americanos o aerogeneradores de baja potencia. Aún considerando una altura de 30 m sobre el piso, los valores de energía no justifican analizar la instalación de granjas eólicas, por lo menos con la tecnología actual disponible en la Argentina.

Desde el punto de vista agrícola, la continuidad del viento a lo largo del año hace necesario controlar su efecto erosivo. Especialmente en meses como agosto, septiembre y octubre, las velocidades promedios registradas, influyen notablemente sobre los suelos secos y desprotegidos, produciendo una importante contaminación ambiental. También, por la temperatura ambiente (principalmente en primavera y verano) y la baja humedad relativa, el viento tiene una fuerte acción desecante, lo cual influye sobre la periodicidad del riego, en las fincas fruti-hortícolas de la región. El promedio de velocidad y regularidad anual lo hace factible de ser aprovechado para bombeo directo de agua, en especial para consumo humano o de animales.

Por las características de la región y las costumbres de los ganaderos, debe tenerse especial cuidado cuando se realiza la tradicional quema de los pastizales. En razón de las velocidades que alcanza el viento a partir de septiembre en adelante, debe hacerse un manejo planificado del fuego, para evitar los incendios incontrolados que arrasan con la flora y la fauna, con graves perjuicios

para el ecosistema natural. Para ello es fundamental además tener presente la dirección predominante en los meses de quema.

BIBLIOGRAFIA

- *DENTONI, M.* 2003. “Meteorología y el manejo del fuego”. Fuego en los ecosistemas argentinos. Ediciones INTA; Santiago del Estero - Argentina. Cap. 3. : 27-37.
- *GÓMEZ, U; HERRERA, R.; SEQUI, J.; MARCHIOLI, J; FERNANDEZ, A.*; 2003; “Potencial eólico en las Sierras de El Alto y Ancasti: 1° etapa: La Aguadita - Dpto. Ancasti –Catamarca”. Actas Congreso Regional de Ciencia y Tecnología – NOA-2003. Univ. Nac. de Catamarca. Argentina. :58-59.
- *LE GOURRIERES, D.*; 1983. “Energía Eólica”. Editorial Masson. :21-28.
- *MATTIO H. F.; PONCE G.*; 1998 – “Nociones Generales de Energía Eólica”. Módulo de Energía Eólica – Bibliografía elaborada para la Maestría en Energías Renovables; Salta – Argentina. :102-107.
- *MOSCOVICH, F.; KUNST, C.* 1996. “Planificación de la Quema Prescripta”. Introducción a la Ecología de Fuego y Manejo de Fuego Prescripto. INTA-Santiago del Estero, Facultad de Agronomía y Agroindustria-UNSE.
- *EDEFIAN, L.* 1979. On the vertical extrapolation of mean wind power density. Journal of Applied Meteorology. 19: 488 – 493.
- *SEQUI J.; HERRERA R.; MARCHIOLI J.; FERNÁNDEZ, A.*; 1999; “Disponibilidad eólica en Los Varela; Dpto. Ambato – Catamarca; Período: Abril/94 - Marzo/96”. Revista de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente. Vol. III, Nº 1, Año 1999. : 06.01- 06.04.
- *SEQUI J.; MARCHIOLI J.; FERNANDEZ, A.; HERRERA R.; HERRERA, W.*; 2001. “Eolic Study Of The Sub-Basin Of Los Puestos River - Ambato County - Catamarca Province – Argentina”. VIII Congreso Interamericano sobre el Medio Ambiente. CIMA 2001. Facultad de Ciencias Empresariales. Talca – Chile. Publicado en CD.
- *SEQUI, J.; HERRERA, R.; GÓMEZ, U.; MARCHIOLI, J.; FERNÁNDEZ, A., PICO ZOSSI, J.*; 2003; “El potencial eólico anual y estacional en Colpes; Dpto. Ambato – Catamarca – Argentina”. Revista del Centro de Investigación de Zonas Áridas y Semiáridas (CIZAS) Facultad de Ciencias Agrarias – UNCa; Catamarca. Argentina. - Vol. 4; Núm. 1;:33-44;

- *SEQUI, J.; GÓMEZ, U.; HERRERA, R.; 2004. “Caracterización del recurso eólico en el extremo norte de la subcuenca del Río Los Puestos - Dpto. Ambato – Catamarca”. Revista del Centro de Investigación de Zonas Áridas y Semiáridas (CIZAS) Facultad de Ciencias Agrarias – UNCa; Catamarca. Argentina - Vol. 5, Núm. 1. :24 – 40.*