



## LA INFLUENCIA DEL RELIEVE EN LA DISPONIBILIDAD ENERGÉTICA DEL VIENTO

Documento técnico aportado por la Facultad de Ciencias Agrarias (UNCa) y la Subsecretaría de Ciencia y Tecnología de la Pcia. de Catamarca (MECCYT).

Ing. Juan Ramón SEQUI  
Ing. Rafael René HERRERA  
Ing. Domingo Ulises GOMEZ  
Ing. Pedro David FORESI

### La energía eólica

Se conoce con el nombre de “energía eólica” a la energía cinética contenida en las masas de aire en movimiento. Esta puede ser aprovechada en forma directa como energía mecánica para, por ejemplo, el bombeo de agua (molino americano) o puede transformarse en energía eléctrica para satisfacer los diferentes consumos en forma individual o alimentando las redes eléctricas tradicionales del sistema interconectado. Todo depende de la potencia que pueda generarse, cuando se intercepta estas masas de aire con las denominadas turbinas, máquinas o generadores eólicos.

En los últimos 15 años, se registró un notable aumento en el interés esta fuente de energía renovable para su aprovechamiento a pequeña, mediana y gran escala. Países como Alemania, Holanda y España en Europa y los Estados Unidos, no solo han multiplicado significativamente su potencia instalada sino que además, han mostrado un avance espectacular en el desarrollo tecnológico de las máquinas y equipos generadores de energía.

Sin embargo, no todas las regiones presentan vientos en cantidad y calidad suficiente como para ser utilizado en forma rentable y competitiva respecto de las energías tradicionales. El movimiento de las masas de aire depende fundamentalmente de la diferencia de potencial existente entre los puntos de máxima y mínima presión atmosféricas, las cuales también están influenciadas por la temperatura del aire. Por esta razón, las zonas costeras casi siempre presentan buenos vientos, por la diferencia de temperatura y presión entre el mar y la tierra. En nuestro país, estas condiciones atmosféricas presentan un gran contraste en el sur patagónico. De allí el gran potencial energético que ya está siendo aprovechado con la instalación de granjas o parques eólicos.

El viento también varía notablemente con la altura sobre el nivel del mar. A mayor altitud mayor velocidad del viento. Las regiones montañosas, como es el caso de nuestra provincia, por lo general se relacionan con buenas

- La energía eólica
- Localización Geográfica: Subcuenca Río Los puestos
- Valores de Velocidad media mensual, estacional y anual:
- Distribución de la frecuencia de ocurrencias según las direcciones de la Rosa de los Vientos:
  - Velocidad media según dirección
  - Ocurrencias según dirección

disponibilidades, pero exige simultáneamente un estudio más pormenorizado, precisamente por los numerosos canales de circulación que se establecen siguiendo las sinuosidades del terreno. Un caso típico en este sentido se observa en la subcuenca del río Los Puestos, en el extremo norte del Valle Central de Catamarca y más precisamente en las localidades de Los Varela y Colpes. – Dpto. Ambato. Separadas entre sí una distancia de apenas 15 km presentan características de viento significativamente diferente, precisamente por el estrechamiento del valle en Colpes.

También es significativa la diferencia de disponibilidad energética entre el valle y la cumbre del cordón del Ambato y del cordón del El Alto – Ancasti, Dpto. Ancasti.

En este trabajo se pretende mostrar esas diferencias que caracterizan el viento de la región, concentrada principalmente en Colpes y Los Varela.

### Localización Geográfica

En el año 1993 comenzó un trabajo de relevamiento de la velocidad y dirección del viento en el cordón montañoso



del cerro Ancasti y a partir de 1995 se iniciaron las mediciones en el cerro Ambato, más precisamente en el área correspondiente a la subcuenca del Río Los Puestos, Departamento Ambato, que se extiende entre los paralelos 27°54' y 28°03' de Latitud Sur y los meridianos 65°45' y 65°55' de Longitud Oeste. Se trata de un valle intermontano longitudinal, con orientación norte-sur, delimitado por: las cumbres de la Sierra de Humaya al Oeste; las de Balcozna-Lampazo al Este y la divisoria que se constituye en los Altos de Singuil por el Norte. La cartografía planialtimétrica de la región, define una altura sobre el nivel del mar que varía entre 1.040 m

hacia su límite Sur y los 2.278 m al Noroeste sobre la Sierra de Humaya.

La temperatura media anual es 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.

Las estaciones de registro se instalaron en la localidad de Colpes, en las coordenadas: 28°03'48" Latitud Sur y 65°49'00" Longitud Oeste – 990 msnm y en Los Varela, situada en las coordenadas: 27°56'54" Latitud Sur y 65°52'06" Longitud Oeste y 1.105 msnm, localidad ubicada a solo 15 Km. al norte de Colpes.

### Valores de Velocidad media mensual, estacional y anual

Meses/ Estación	Colpes (Dpto. Ambato)		Los Varela (Dpto. Ambato)		Humaya (Dpto. Ambato)	La Bebida (Dpto. Ancasti)
	Vm (ms <sup>-1</sup> ) 10 m	Vm (ms <sup>-1</sup> ) 30 m	Vm (ms <sup>-1</sup> ) 10 m	Vm (ms <sup>-1</sup> ) 30 m	Vm (ms <sup>-1</sup> ) 10 m	Vm (ms <sup>-1</sup> ) 10 m

Enero	5,24	6.13	3,12	3,65	4,63	5,68
Febrero	4,89	5.72	3,05	3,57	4,20	6,09
Marzo	5,36	6.27	3,06	3,58	3,74	6,29
<b>Verano</b>	<b>5,16</b>	<b>6.04</b>	<b>3,08</b>	<b>3,60</b>	<b>4,19</b>	<b>6,02</b>
Abril	5,37	6.28	3,58	3,78	4,14	5,85
Mayo	5,53	6.47	3,63	3,72	4,47	5,41
Junio	5,25	6.14	3,22	4,03	4,57	5,24
<b>Otoño</b>	<b>5,39</b>	<b>6.31</b>	<b>3,29</b>	<b>3,84</b>	<b>4,41</b>	<b>5,50</b>
Julio	5,35	6.26	3,23	4,18	4,32	5,10
Agosto	5,20	6.08	3,18	4,24	4,84	4,98
Septiembre	5,12	5.99	3,44	3,77	4,9	5,70
<b>Invierno</b>	<b>5,23</b>	<b>6.12</b>	<b>3,48</b>	<b>4,07</b>	<b>4,67</b>	<b>5,25</b>
Octubre	4,84	5.66	3,50	4,10	4,86	6,18
Noviembre	5,35	6.26	3,30	3,86	4,90	6,56
Diciembre	4,67	5.46	3,30	3,86	5,68	6,82
<b>Verano</b>	<b>4,94</b>	<b>5.78</b>	<b>3,37</b>	<b>3,94</b>	<b>5,11</b>	<b>6,52</b>
<b>Total Período</b>	<b>5,18</b>	<b>6.06</b>	<b>3,30</b>	<b>3,87</b>	<b>4,59</b>	<b>5,82</b>

**CUADRO N° 1:** Velocidad media mensual, estacional y anual, registrada a 10 m sobre el nivel de piso y velocidad media teórica a 30 m sobre el nivel de piso, calculada en base a la ecuación de la Ley de Potencial, para Colpes, Los Varela y Humaya (Dpto. Ambato) y La Bebida (Dpto. Ancasti).

Para comparar las variaciones de las características del viento, producto del relieve, se muestran también los valores de velocidad media en dos localizaciones de altura, la primera, en la cumbre de las sierras de humaya, sobre los 27° 56' 11" Latitud sur y 65° 56' 46" de Longitud Oeste, y a 1970 msnm. La segunda en el paraje "La Bebida", ubicada sobre la cima de las Sierras de Ancasti, Departamento 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. Como se observa, Los Varela y Humaya están situadas prácticamente sobre la misma latitud y Colpes no presenta una separación muy significativa, mientras que La Bebida tiene una localización diferente, pero no muy alejada de las otras.

Los registros de velocidad y dirección de viento se tomaron con estaciones específicas para este tipo de mediciones, marca BAPT, modelo EVD-1B, con sensores de velocidad modelo SV-1, de tres copelas troncocónicas, de 50 mm de diámetro, con vértice semiesférico y  $\pm 0.2$  m/s o 2 % de exactitud. Pueden medir en un rango de 0 a 60 m/s, con un umbral de funcionamiento menor a 0,4 m/s y un radio de giro de 97 mm. Los sensores de dirección de viento son modelo SD-1, con registro según las 16 direcciones establecidas en la rosa de los vientos.

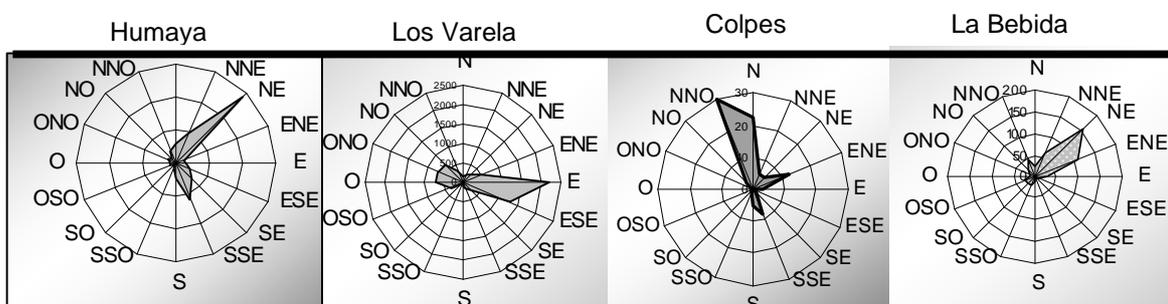
Los sensores de velocidad se ubicaron a 10 m de altura desde el nivel de piso, siguiendo las normas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). En razón de que, por lo general, las máquinas eólicas de mediana y gran potencia se montan con sus rotores a una altura de 30 a 40 m, se utilizó la ecuación de la Ley de Potencial para extrapolar los valores registrados a 10 m.

El cuadro Nº 1 muestra los valores de velocidad media de viento mensual, estacional y anual, para las cuatro localizaciones consideradas.- Los Varela registra velocidades medias normales para el valle central, en el orden de los 3  $\text{ms}^{-1}$ . Si tenemos en cuenta la altura sobre el nivel del mar, la diferencia con Colpes no es significativa (990 m vs. 1105 m), por lo cual deberían registrar velocidades similares. Sin embargo en Colpes, debido a un estrechamiento del valle que corre entre los cordones de las sierras de Humaya y las de Balcozna-Lampazo, se produce un efecto Venturi, que aumenta la velocidad media anual en un 57 % con respecto a Los Varela ( $3,18 \text{ ms}^{-1}$  vs.  $5,18 \text{ ms}^{-1}$ ).

El cuadro Nº 1 muestra los valores de velocidad media de viento mensual, estacional y anual, para las cuatro localizaciones consideradas.- Los Varela registra velocidades medias normales para el valle central, en el orden de los 3  $\text{ms}^{-1}$ . Si tenemos en cuenta la altura sobre el nivel del mar, la diferencia con Colpes no es significativa (990 m vs. 1105 m), por lo cual deberían registrar velocidades similares. Sin embargo en Colpes, debido a un estrechamiento del valle que corre entre los cordones de las sierras de Humaya y las de Balcozna-Lampazo, se produce un efecto Venturi, que aumenta la velocidad media anual en un 57 % con respecto a Los Varela ( $3,18 \text{ ms}^{-1}$  vs.  $5,18 \text{ ms}^{-1}$ ).

La Bebida es la que presenta una velocidad media anual mayor ( $5,82 \text{ ms}^{-1}$ ), similar a Colpes ( $5,18 \text{ ms}^{-1}$ ) que se encuentra a menor altura sobre el nivel del mar.- Incluso tiene mayor velocidad que Humaya ( $4,59 \text{ ms}^{-1}$ ) aún cuando ésta última se sitúa a mayor altura. Esto se debe a la mayor interferencia que tiene el viento en su recorrido por el sinuoso relieve de las sierras de Humaya, en cambio La Bebida se corresponde con una meseta de altura.

Si tenemos presente que la energía del viento está en relación directa con el cuadrado de la velocidad, es claro que en Colpes se dispone de mayor o igual energía que en Humaya a pesar de las diferencias sustanciales de altura sobre el nivel del mar.



**FIGURA 1:** Distribución de la frecuencia (ocurrencia) de dirección de viento según la rosa de los vientos, para cada una de las localizaciones: Humaya, Los Varela, Colpes y La Bebida

También se puede analizar la dirección del viento según las 16 direcciones típicas de la rosa de los vientos (Figura Nº 1). Se tomaron las direcciones anuales predominantes para cada una de las localizaciones estudiadas. Es notable cómo el viento tiene direcciones caracterizadas según la localización, debido claramente a la fuerte interferencia del relieve. Humaya y La Bebida, por estar a una altura considerable, mantienen la dirección típica de la región (NE); en cambio Los Varela y Colpes tienen la dirección impuesta por los cordones montañosos que rodean al valle.

### **Conclusiones:**

El relieve es un factor importante que influye tanto en la velocidad como en la dirección del viento. En las regiones montañosas el viento se “encajona” entre las laderas de las serranías originándose corredores de viento particularizados, que definen la real potencialidad energética, limitada específicamente a ese espacio geográfico.- El ensanchamiento o estrechez del valle, modifica tales valores haciendo difícil transcribir los datos, aún en cortos espacios. Catamarca, por tener un 75 % de su superficie montañosa, requiere un trabajo minucioso de mediciones, a fin de no cometer errores de apreciación en cuanto a la potencialidad del viento. Como lo demuestran los registros de Humaya y La Bebida, las cumbres serranas disponen de vientos continuos, con velocidades interesantes para su aprovechamiento en la generación de energía. Los avances tecnológicos en materia de aerogeneradores aumentan las perspectivas futuras para hacer uso de este tipo de energía limpia y renovable.

Por el contrario, en los valles intermontanos, las posibilidades de aprovechamiento están más limitadas, salvo como ocurre en Colpes, donde la conformación del relieve produce una estrechez que, por efecto Venturi, aumenta notablemente la velocidad.-

En general, se puede destacar la disponibilidad permanente de viento, lo cual garantiza un aprovechamiento interesante para pequeñas potencias.- En cambio las medianas y altas potencias tienen limitaciones que dependen del corredor considerado y de la altura sobre el nivel del mar.

### **Bibliografía Consultada**

NAVARRO, Herminio Elio.(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; pp. 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 Nº 1515-0453; Vol. 7, Núm. 1 y 2, pp. 07 – 22.

SEQUI, J; MARCHIOLI, J.; HERRERA, R; RODRIGUEZ, C.; FERNÁNDEZ, A.; PEREYRA, A.; 1997; “Cuantificación del recurso eólico en Los Varela Dpto. Ambato – Catamarca”; Período: Abril/94 - Marzo/95”; Revista de Ciencia y Técnica Vol. V, Nº 5, Año 3 - ISSN Nº 0328-431X; Pag 25 - 41- Univ. Nac. de Catamarca.

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) - ISSN Nº 1515-0453; Vol. 5, Núm. 1 y 2, pp. 24 – 40.

SEQUI, J.; GÓMEZ, U.; HERRERA, R.; 2008; "Potencial eólico en las Sierras De "El Alto –Ancasti": 2º Etapa: La Bebida - Dpto. Ancasti – Catamarca. Revista del Centro de Investigación de Zonas Áridas y Semiáridas (CIZAS) - ISSN Nº 1515-0453; En prensa.



## Secretaría de Investigación y Vinculación Tecnológica

Av. Belgrano y Mtro Quiroga s/n  
Campus Universitario  
San Fernando del V. de Catamarca  
TE: 03833 – 430504 / 435955 int 101  
Email: sivitecfa@gmail.com