



**EL VIENTO EN LAS SIERRAS DE “EL ALTO – ANCASTI”
LA AGUADITA - DPTO. ANCASTI – CATAMARCA - ARGENTINA**

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

El viento: importancia

Alentado por la crisis energética mundial y la necesidad de reducir drásticamente los niveles de contaminación ambiental y el efecto invernadero, el viento está siendo considerado como uno de los recursos naturales con mayor perspectiva de aprovechamiento como fuente energética.

Sin embargo, no debemos olvidar que, en otro sentido, el viento es un importante agente erosivo, causante del avance amenazador de dunas medanosas que cubren muchas regiones rurales. En el oeste catamarqueño, Fiambalá es un ejemplo cercano. Igualmente, en climas áridos y semiáridos como los que imperan en la provincia, la velocidad del viento es siempre un factor de riesgo de incendios, naturales o provocados, puesto que las masas de aire en movimiento hacen que los frentes de fuego se descontrolen con mucha facilidad.

En geografías montañosas, tal como las sierras de El Alto – Ancasti, las características propias del viento pone de manifiesto estas posibilidades mencionadas, es decir, por su velocidad media anual, puede constituir una fuente interesante de producción energética, pero simultáneamente, puede ser el responsable de incendios masivos, cuando se practica la quema de pastizales y el arbustal natural a la salida del invierno y primavera. La quema no planificada y sin control comúnmente produce incendios masivos que alteraran la estructura del ecosistema, afectando seriamente el suelo, el microclima y fundamentalmente la dinámica del agua, particularmente en una región como ésta, con fuertes pendientes y lluvias concentradas.

El viento es una realidad que se presenta naturalmente, más allá del aprovechamiento y del manejo eficaz y eficiente que el hombre pueda hacer de él. En todo caso, para tomar decisiones acertadas, tanto en la generación de energía como en el manejo estratégico del fuego y el control de su poder erosivo, es fundamental el conocimiento de sus principales parámetros: velocidad y dirección.

Conocer la velocidad y su distribución a lo largo del año es fundamental para determinar el verdadero potencial energético disponible y en función de ello poder seleccionar las máquinas eólicas que mejor se adecuan a la región.

En resumen, el conocimiento del comportamiento anual del viento puede permitir no solo mitigar sus efectos negativos sino también ser una herramienta de provecho para las necesidades del hombre.

LOCALIZACION GEOGRAFICA



La Aguadita

Latitud Sur: 28° 41' 07"

Longitud Oeste: 65° 39' 55"

Altitud s/nm: 1510 m

CLIMA

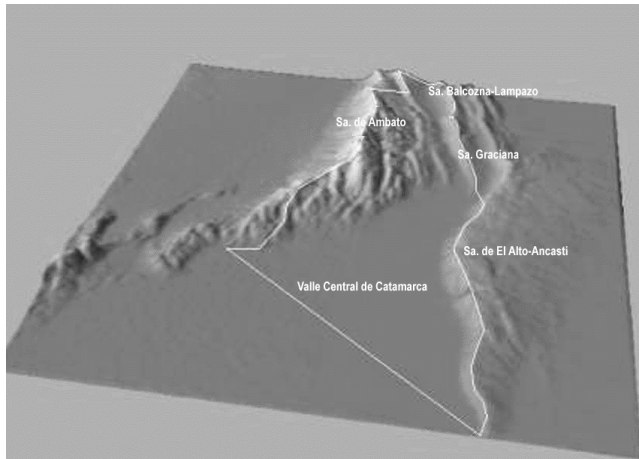
La Aguadita

Régimen pluviométrico promedio anual: 487 mm

Temperatura media anual: 15 °C

Densidad del aire: 1,05

No se registran datos de presión atmosférica.



La unidad orográfica reconocida como sierras de El Alto, de Ancasti o de Guayamba, corresponde geográfica y geológicamente a las Sierras Pampeanas Septentrionales. Su altura máxima se registra en Alto de la Cruz (2900 msnm). Hacia el Oeste, muestra un relieve abrupto, con pendientes entre el 55 y el 61 %, según los puntos. En contraposición, hacia el Este se extiende con laderas de suave pendiente, hasta confundirse en la llanura oriental (300 msnm).

El estudio se realizó a partir de los datos de velocidad y dirección del viento registrados entre Enero de 2005 hasta Junio de 2007 inclusive, en la localidad de La Aguadita, ubicada sobre la cumbre de las Sierras de El Alto-Ancasti, a una altura de 1510 metros sobre el nivel del mar y localizada geográficamente a 28° 41' 07" de Latitud Sur y 65° 39' 55" de Longitud Oeste. Perteneció 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. Actualmente, la zona es utilizada para el emplazamiento de estaciones repetidoras de televisión y radiales, las cuales son potenciales demandantes de energía alternativa ya que en la actualidad dependen de grupos que funcionan con combustibles fósiles.

El marcado relieve montañoso produce notables variaciones climáticas, lo cual genera microclimas definidos. Según la altura sobre el nivel del mar y a la orientación de las laderas, varía la temperatura y la precipitación, que las laderas orientales de los cordones montañosos de alineación Norte-Sur están favorecidas por la descarga de humedad de los vientos del Este y Noreste. En los faldeos de El Alto-Ancasti la temperatura media promedio del mes más cálido es de 25°C y la del mes más frío de 12°C, mientras para la llanura oriental se registran 27°C y 14°C, respectivamente. La temperatura media anual promedio, en La Aguadita, es de 15 °C (Cátedra de Climatología Fac. de Cs. Agrarias - UNCa).

Fitogeografía:

La región considerada se define como provincia fitogeográfica chaqueña (Cátedra de Ecología: Morlans - 995.- Fac. Cs. Agrarias - UNCa). - Se reconoce un piso del arbustal-pastizal, que se extiende por sobre los 1500 metros s.n.m. representado por una base graminosa con predominio de especies de los géneros Stipa, Festuca, Bothriochloa y Piptochaetium, y especies arbustivas como Colletia spinosissima (barba de tigre), Aloysia gratissima (palo amarillo), Minthostachys verticillata (peperina), Baccharis ariculata y crispera (carquejas). Se identifican algunas especies arbustivas presentes también en el bosque serrano. Un piso del bosque serrano, con bosques más densos en laderas del Este y al Sur en razón de mayores precipitaciones. Predominan especies como el Parapiptadenia excelsa (orco cebil), Schinopsis haenkeana (orco quebracho), Anadenanthera macrocarpa (cebil colorado), Chorisia insignis (palo borracho), Acacia visco (viscote) y Schinus areira (terebinto). Donde disminuye la humedad aparecen los cardones columnares como Cereus validus y Stetsonia coryne; Se incluye

también un Chaco semiárido, con especies como el *Schinopsis lorentzii* (quebracho colorado santiagueño) y el quebracho blanco. Hay una importante presencia de mistol, algarrobo, brea, chañar, aromo, tala y orco cebil. En el estrato arbustivo hay predominio de especies espinosas como *Mimosa detinens* (garabato hembra), *Atamisquea emarginata* (atamisqui) y *Celtis chichape* (tala churqui), mientras en el estrato herbáceo predominan gramíneas de los géneros *Gouinia* y *Setaria*. Las cactáceas son, en general, poco abundantes.

Valores de Velocidad media mensual, estacional y anual:

Se registró la velocidad y dirección del viento durante el período comprendido entre el 01 de Enero 2005 y el 30 de Junio 2007, utilizando 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 ± 0.2 m/s o 2 % de exactitud. Puede 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. El sensor de dirección de viento es un modelo SD-1, que registra según las 16 direcciones establecidas en la rosa de los vientos.

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

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

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). También se calculó teóricamente la velocidad media a 30 metros de altura, en razón de que, a esa altura, suelen ubicarse los rotores de las máquinas eólicas. Para ello se aplicó la ecuación de la Ley de Potencial:

El terreno de emplazamiento presenta ligeras ondulaciones y pastizales bajos lo cual evita perturbaciones distorsivas en el flujo de la masa de aire, a la altura del anemómetro. Por ello se tomó como exponente de rugosidad del terreno un valor $\alpha = 1/10$, valor determinado experimentalmente en el mismo sitio, según se define en un trabajo anterior. (Gómez, U. y otros).

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 valores de velocidad media mensual, estacional y anual, registrada a 10 m y calculada teóricamente para 30 m de altura sobre el nivel del piso se muestran en el cuadro N° 1.

Localidad: LA AGUADITA - 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	6,0	6,7	6,3	7,0	6,8	7,6	2,12	2,30	2,49
FEBRERO	6,2	6,9	5,7	6,4	6,2	6,9	2,29	2,35	2,25
MARZO	6,6	7,4	6,1	6,8	6,1	6,8	2,41	2,26	2,16
VERANO	6,3	7,0	6,2	6,9	5,4	6,0	2,29	2,30	2,33
ABRIL	6,1	6,8	5,5	6,1	5,6	6,3	2,17	1,96	1,89
MAYO	5,5	6,1	5,2	5,8	5,3	5,9	2,06	2,06	1,75
JUNIO	5,3	5,9	5,6	6,3	5,7	6,4	2,19	2,09	2,20
OTOÑO	5,6	6,3	5,6	6,3	3,8	4,2	2,17	2,05	1,96
JULIO	5,3	5,9	5,6	6,3	-	-	2,06	2,23	-
AGOSTO	5,7	6,4	6,1	6,8	-	-	2,30	2,10	-
SEPTIEMBRE	6,4	7,1	6,6	7,4	-	-	2,22	2,57	-
INVIERNO	5,8	6,5	6,2	6,9	-	-	2,24	2,34	-
OCTUBRE	6,9	7,7	6,9	7,7	-	-	2,44	2,61	-
NOVIEMBRE	7,5	8,4	6,8	7,6	-	-	2,47	2,43	-
DICIEMBRE	7,4	8,3	6,9	7,7	-	-	2,57	2,56	-
PRIMAVERA	7,2	8,0	7,1	7,9	-	-	2,51	2,54	-
ANUAL	6,2	6,9	6,3	7,0	-	-	2,39	2,37	-

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 Aguadita - Dpto. Ancasti - Catamarca Período Enero/05-Junio/07

Como se puede ver en el cuadro anterior, la velocidad media mensual, a 10 m de altura, siempre superó los 5 ms⁻¹. Esta velocidad se ve incrementada de manera muy favorable para la producción

energética a los 30 m de altura. Ello significa que existe un importante potencial para generar energía a partir del viento disponible. Las turbinas eólicas rápidas que se fabrican en la actualidad, conocidas como aerogeneradores de mediana y alta potencia arrancan con velocidades de 5 ms^{-1} (18 km.h^{-1}). Las máquinas eólicas llamadas lentas, como son los molinos americanos, arrancan con velocidades de $2,5$ a 3 ms^{-1} (9 a $10,8 \text{ km.h}^{-1}$).

Entre marzo y junio, se registran los vientos más bajos, pero a los 30 m de altura, están próximos a los 6 ms^{-1} . Hay que destacar que la industria de aerogeneradores muestra un importante desarrollo en materia de diseños eficientes, razón por la cual, vientos con las características descriptas pueden ser competentes a corto plazo.

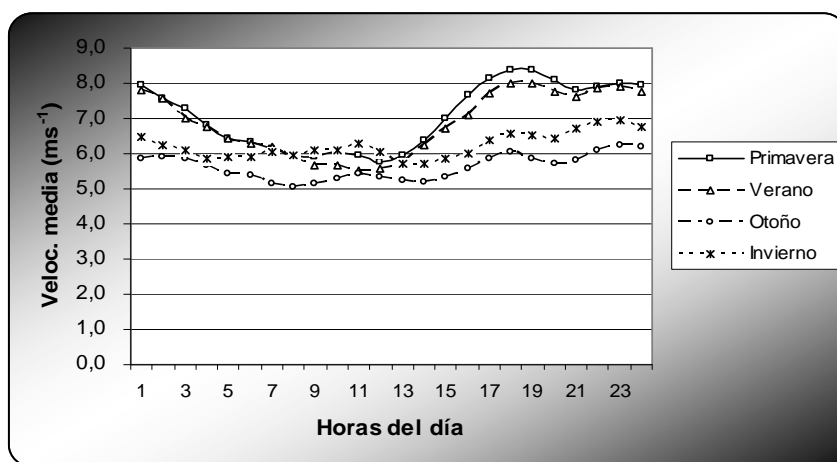


Gráfico N° 1: Distribución de la velocidad media del viento según las horas del día y según las estaciones del año.
La Aguadita - Dpto. Ancasti - Catamarca Período Enero/06-Dic/06

El Gráfico N° 1 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 alcanzar su máximo alrededor de las 18 – 19 hs. Luego comienza a descender y se estabiliza entre la hora 21 y la hora 24. A partir de allí desciende hasta sus valores mínimos (hora 8). Entre la hora 7 y la hora 13 se registran los menores valores de velocidad del viento, cualquiera sea el mes considerado.

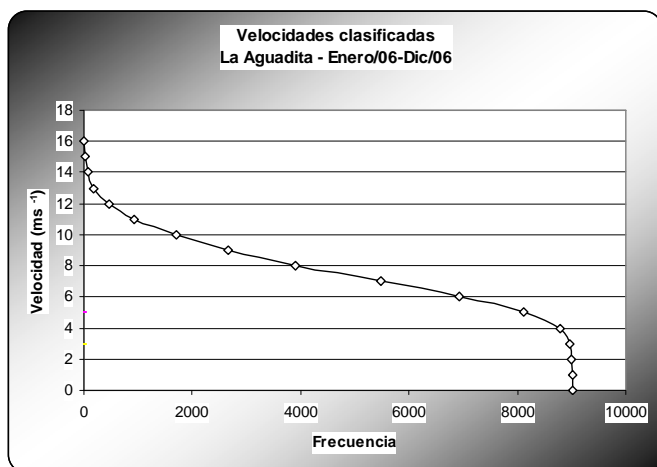


Gráfico N° 2: Curva de las velocidades clasificadas por rangos de 1 ms^{-1} para el período de medición.
La Aguadita - Dpto. Ancasti - Catamarca
Período Enero/06-Dic/06

El Gráfico N° 2 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.

El Cuadro N° 2 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.

Localidad: LA AGUADITA - DPTO. ANCASTI - CATAMARCA - Año 2006				
<i>Energía Meteorológica [Kwh/m²]</i>				
Mes	Valor	Estaciones	Valor	Anual
Enero	134,02	Verano	486,86	2.051,91
Febrero	119,47			
Marzo	139,74			
Abril	91,15	Otoño	353,21	
Mayo	85,61			
Junio	108,52			
Julio	115,33	Invierno	498,52	
Agosto	115,77			
Septiembre	171,56			
Octubre	202,99	Primavera	713,32	
Noviembre	174,42			
Diciembre	198,73			

CUADRO N° 2: Valores de energía meteorológica para cada uno de los meses registrados y sus correspondientes valores estacionales y del período.
La Aguadita - Dpto. Ancasti - Catamarca Período Enero/06-Dic/06

Esta situación que favorece la factibilidad de producción energética, constituye a su vez un alto riesgo para el ecosistema, ya sea por procesos erosivos o por los riesgos de incendios cuando se practica la tradicional quema de renovación. Para eliminar el matorral y favorecer el rebrote del pastizal, sin dañar el fuste de los árboles, una de las técnicas más recomendadas dentro del manejo racional del fuego es la de "fuego en retroceso", pero ella exige velocidades de viento inferior a los 5 Km/h ($1,4 \text{ ms}^{-1}$). Las velocidades registradas a lo largo de todo el año superan largamente este valor, con lo cual hace prácticamente imposible aplicarla en la región.

Por otra parte, cuando se pretende eliminar leñosas, el fuego debe ser intenso y su frente de avance debe ser lento, para permitir que el calor penetre hasta el cambium y destruya el tejido (se aconseja vientos no superiores a los 4 ms^{-1}). El paso rápido del fuego mata la parte superficial pero la planta sigue viviendo porque mantiene prácticamente intacto su tejido profundo. En la época tradicional de las quemas de los cerros, los vientos son intensos y continuos, superando los $6,5 \text{ ms}^{-1}$, por lo cual no afecta prácticamente a la parte leñosa arbórea.

En resumen, el riesgo de incendios masivos está siempre presente por la intensidad del viento y por la ausencia prácticamente de períodos de calma durante todo el año. Este fenómeno se ve potenciado cuando se ingresa en períodos de sequía, puesto que el material vegetal disponible es una fuente altamente combustible. Ello debe alertar a productores y autoridades competentes, respecto de la necesidad imperiosa de contar con personal calificado en el manejo del fuego, con capacidad para planificar la quema (quema prescripta) y guiar el proceso durante su ejecución.

CUADRO N° 3: 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 Aguadita - Dpto. Ancasti - Catamarca																
Período Enero/05-Junio/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

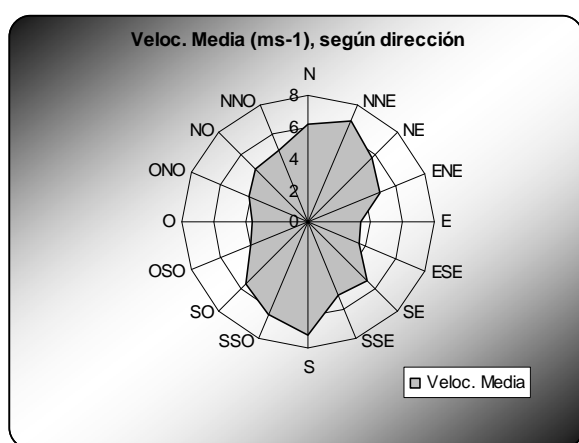


Gráfico N° 3: Valores de velocidad media (ms^{-1}) para cada una de las direcciones de la Rosa de los Vientos. La Aguadita - Dpto. Ancasti - Catamarca. Período Enero/05-Junio/07

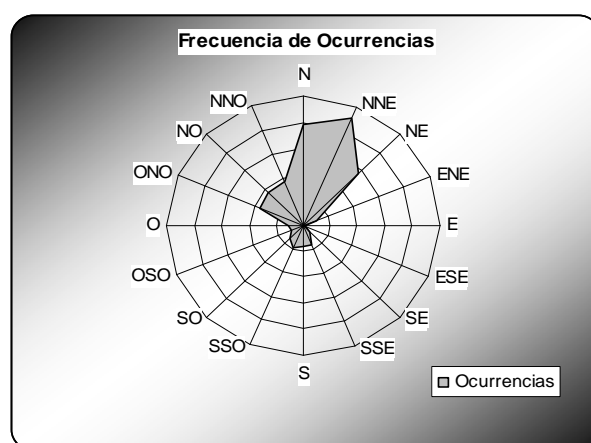


Gráfico N° 4: Cantidad de Ocurrencias para cada una de las direcciones de la Rosa de los Vientos. La Aguadita - Dpto. Ancasti - Catamarca. Período Enero/05-Junio/07

El cuadro N° 3 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, J. 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.

Según vemos en el Gráfico N° 2, el nor-nor-este (NNE) es la dirección más frecuente en la cual sopla el viento. En general, y particularmente durante la primavera y verano, el viento sopla en forma continua desde el cuadrante norte a Noreste (N – NE). Los vientos provenientes del S – SO son vientos fuertes, ocasionales y se corresponden con las tormentas típicas de primavera y verano (Gráfico N° 1).

Conclusión:

En general, por las características observadas en el sitio de medición y en toda su extensión, la cumbre de las sierras de “El Alto – Ancasti” presenta vientos continuos y de considerable velocidad (superiores a los 6 ms^{-1}) para ser aprovechados en la generación de energía eléctrica, mediante el concurso de máquinas eólicas rápidas, convenientemente seleccionadas.

Esta cualidad como fuente de energía renovable, no contaminante y de interesante perspectiva futura, contrasta con su peligrosidad erosiva y fundamentalmente como factor preponderante en la posibilidad de incendios masivos y descontrolados.

En la actualidad se dispone de tecnología suficiente y eficaz para aprovechar sus ventajas y controlar sus efectos nocivos. El viento es una realidad, un recurso natural disponible y su presencia está más allá de las decisiones y emprendimientos que realice el hombre.