

REGISTROS DIARIOS DE VARIABLES CLIMATICAS EN LA REGION PUNEÑA DE CHASCHUIL (DEPARTAMENTO TINOGASTA, CATAMARCA, ARGENTINA)

Elizabeth Castañeda¹ y Norma Ratto²

¹ Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Universidad de Buenos Aires/CONICET

² Museo Etnográfico Juan B. Ambrosetti (FFyL-UBA), (1091) Moreno 350, Capital Federal

Palabras claves: datos climáticos, puna, estación meteorológica

INTRODUCCIÓN

En el marco del Proyecto Estudio Paleoambiental en la Puna de Chaschuil y el Bolsón de Fiambalá –Fundación Antorchas- se desarrollaron distintas líneas de investigación para dar cuenta de los cambios climáticos ocurridos en el tiempo y cómo impactaron en los distintos contextos socio-culturales que habitaron e integraron los pisos puneños y los valles mesotérmicos del sudoeste catamarqueño en tiempos prehispánicos. El resultado fue la generación de información paleoecológica y arqueológica de momentos holocénicos complementada con estudios para caracterizar y modelar el clima actual, ya que éste constituye el registro sobre el que es posible comparar otros escenarios ambientales del pasado (Ratto 2004).

Cambios o fluctuaciones en el clima del pasado, en especial para el holocénico, están conectados a cambios en la circulación atmosférica. La metodología empleada por los investigadores en las últimas décadas está basada principalmente en el principio de analogía: dado que las condiciones geográficas del área en estudio se mantuvieron relativamente constantes en rasgos generales, es posible suponer que los más importantes sistemas sinópticos imperantes existieran aún en este pasado reciente con diferencias sólo en intensidad, frecuencia y desfases especialmente latitudinales (Vuille y Ammann, 1997). El proceder entonces requiere de numerosas herramientas metodológicas; el análisis climático-sinóptico de la circulación proporciona todas las herramientas metodológicas para sustentar los diferentes resultados. Las observaciones medidas en estaciones meteorológicas de variables tales como temperatura, precipitación o humedad son de vital importancia en el momento de realizar regionalmente estudios paleoambientales, pues es de fundamental importancia describir el ambiente actual a fin de definir las experiencias de campo a realizar en pos de obtener resultados apropiados.

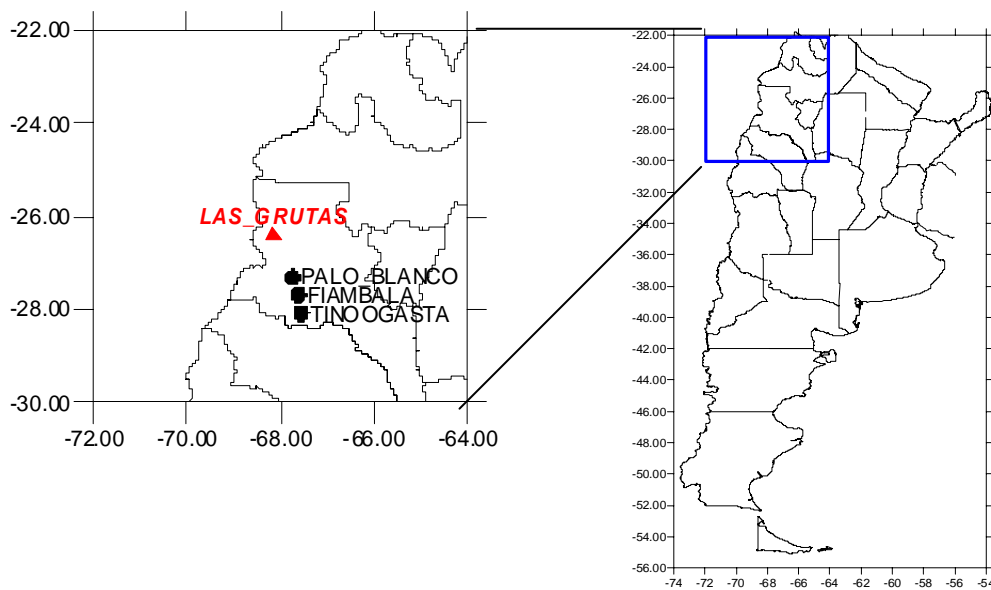


Figura 1 - Localización geográfica del área del proyecto y zonas intervenidas

Dentro de este contexto presentamos los datos de base y los resultados preliminares de los registros diarios de variables climáticas que fueron almacenados por la estación meteorológica automática instalada en la alta cordillera (4.000 m.s.n.m.) de la región puneña de Chaschuil (Catamarca, Argentina) con el objeto de modelar el clima actual. La localización real es en jurisdicción de la Municipalidad de Fiambalá, específicamente en las adyacencias del Destacamento La Gruta de Gendarmería Nacional con coordenadas geográficas de 26° 52' 35"S, - 68° 18' 37"O (Figura 1). Esta experiencia cuenta con antecedentes de estaciones meteorológicas instaladas en altura en los Andes Sudamericanos los llevados a cabo por Fuenzalida y Ruttlant (1987) en el Altiplano chileno y Douglas Hardy y colaboradores (1998) en el nevado de Sajama (6542 m, 18°06'S, 68°53'O), en el Altiplano Boliviano. La experiencia en ese último caso aun continua (comunicación personal, Diciembre de 2004), mientras que el experimento chileno finalizó aunque se caracterizó por la instalación de más de una estación meteorológica; la experiencia puneña argentina es la primera conocida en alta montaña en nuestro país.

METODOLOGÍA

La Estación Meteorológica Automática Alámbrica Davis para consola Vantage Pro fue colocada en una estructura especialmente construida para su instalación en alta montaña. El acceso a los datos de la estación es a través de la conexión directa; vale decir, accediendo al lugar con una computadora portátil y conectándose a través de un software provisto por la misma compañía. Por ello es que requirió la concurrencia al lugar para la recuperación de la información. El destacamento de Gendarmería Nacional, "La Gruta", cumple actividades de apoyo al viajero y control de ingreso y egreso de personas y vehículos al país, y se encuentra a unos 100 metros de un refugio para andinistas provisto por Vialidad Nacional. La localidad más cercana al paso del lado argentino es Fiambalá, a 208 km, a la cual se accede a través de la Ruta Nacional 60, y del lado chileno, Copiapó, a 285 km

La estación registró las siguientes variables meteorológicas que son presentadas en este trabajo: Temperatura del aire, temperaturas máxima y mínima, humedad relativa, lluvia y Velocidad y dirección del Viento. El análisis de los datos de la estación está cercanamente ligada a la presencia de nieve en las cercanías a la estación. La variable *altura de nieve* requería una observación del personal de Gendarmería, puesto que la estación no estaba equipada con sensor especial; sin embargo la información recogida de los partes emitidos sólo anuncia la presencia o no de nieve. El intervalo de muestreo fue de 2 horas, con el fin de asegurar una buena cantidad de información sobre la base diaria.

La estación fue instalada el 6 de Enero de 2004, es decir, en el verano. Los problemas más significativos que se presentaron incluyen la pérdida de información desde Enero hasta el 18 de Abril de 2004 debido a fallas humanas y técnicas, y desde 22 de Julio a las 10.00 PM hasta el 25 de Julio a las 12.00 PM cuyas causas no han podido ser determinadas.

RESULTADOS PRELIMINARES

En esta experiencia, dos conjuntos de datos son manejados. El primer grupo comprende el período desde el 13 de Enero al 18 de Abril, y son los datos recuperados de los partes diarios transmitidos por el personal de Gendarmería, uno a la mañana y otro a la tarde. El segundo, desde el 19 de Abril de 2004 al 8 de Enero de 2005, son los registrados por la estación meteorológica a intervalos de 2 horas. Los resultados que se exponen básicamente son los datos registrados efectivamente por la estación meteorológica luego de un exhaustivo trabajo de consistencia y homogeneización, en una presentación cuantitativa y resumida de la información y se mencionan algunos de los resultados de los partes de Gendarmería en un contexto cualitativo.

TEMPERATURAS MEDIA DEL AIRE, MÁXIMA Y MINIMA

Las estaciones ubicadas en regiones tropicales suelen registrar relativamente poco cambio a lo largo del año. La estación emplazada en el destacamento La Gruta está ubicada en una región y a una altura en la cual se ve afectada por la circulación de altura pues se halla a un nivel de presión atmosférica de alrededor de 620 hPa.

En la Figura 2 se observan las temperaturas media diaria y las temperaturas máxima y mínima absolutas. La temperatura media diaria es calculada como promedio de las mediciones tomadas a intervalos de dos horas (12 mediciones), las temperaturas medias mensuales son calculadas sobre los valores diarios. Sobre todo el set diario de mediciones de temperaturas máxima y mínima se tomaron los valores absolutos respectivos.

La temperatura media diaria osciló durante ese año entre -10 y 13 grados Celcius, aproximadamente. La mayor variabilidad se da en Mayo, con una desviación de media diaria de 3.5°C y el rango medio entre máximos y mínimos es de 14.2°C . Las temperaturas mínimas absolutas fueron registradas generalmente a las 8 AM; como el dato es un promedio de las dos horas previas, luego la mínima absoluta se da entre las 6.00 y 8.00 AM. Desde Setiembre a Diciembre, la mayor parte de las mínimas se dio en esa franja horaria, mientras que entre Junio y Agosto se registraron aproximadamente entre las 6.00 y las 10.00 AM. Las temperaturas máximas absolutas fueron registradas en general a las 4.00 PM todos los meses. La mayor temperatura máxima absoluta registrada en el período fue de 21.3°C , a las 4.00 PM el día 8 de diciembre de 2004, mientras que la menor temperatura mínima absoluta registrada ocurrió a las 10.00 AM del día 30 de julio de 2004. Este día la temperatura máxima absoluta alcanzó un valor de 13.6°C bajo cero.

Para el período de registro, desde Setiembre la temperatura media mensual está siempre por encima de 0°C mientras que desde Mayo hasta Agosto se registraron valores medios diarios bajo cero. De acuerdo al informe de Gendarmería, el sensor de temperatura nunca quedó cubierto por la nieve, y la falta de registro de información durante algunos días de julio se ha debido a problemas que no han podido identificarse, aunque los partes emitidos señalan que durante fines de julio y principios de agosto se registraron fuertes nevadas que cortaron el paso internacional, llegando la nieve a una altura de 0.70 m, justo en el período que se presentó el mínimo absoluto del registro.

El invierno se presenta como el período más perturbado, de acuerdo a la variabilidad de la amplitud térmica diaria (Figura 3); los valores oscilan durante esa estación entre 6° y 30°C . Esto no puede ser establecido totalmente, debido a la dificultad de medir la temperatura del aire a 4000 m, con nieve caída en superficie. Utilizando los mapas diarios de provistos por el Servicio Meteorológico Nacional puede notarse que para las fechas que presentan mayor amplitud térmica, resultados coincidentes con los obtenidos por Escobar *et al* (2004) cuando buscaron los modos más dominantes de circulación en escala sinóptica asociados con irrupciones de aire frío sobre Central Argentina.

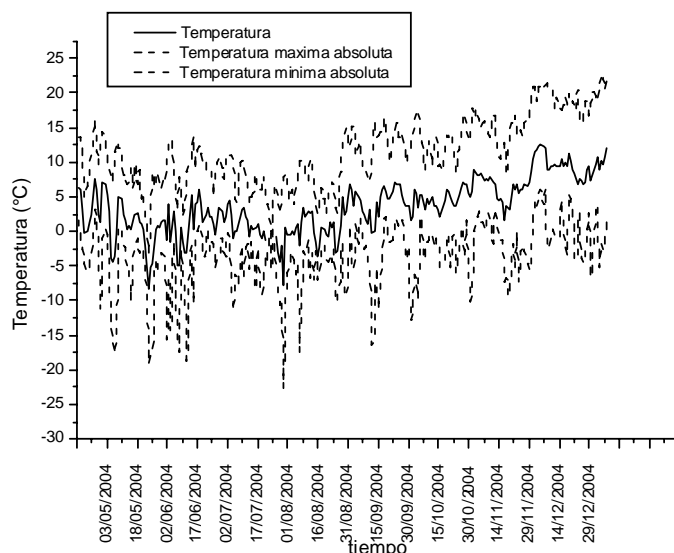


Figura 2. Temperaturas del aire máximas y mínimas diarias (línea punteada) presentadas junto a la temperatura media diaria (línea continua). Valores absolutos diarios fueron usados para determinar las temperaturas máxima y mínima diarias.

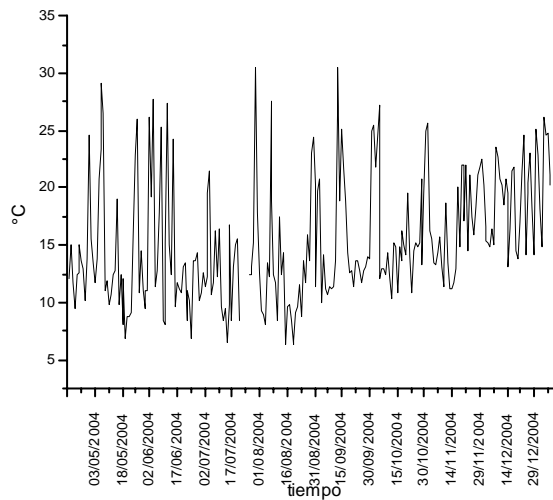


Figura 4. Amplitud térmica media diaria.

HUMEDAD Y PRECIPITACION

La humedad de la atmósfera en el Destacamento de Gendarmería varía notablemente durante el período de registro con valores extremos medios relativos que varían entre 1% y 100 %. La mediana de la humedad relativa está por debajo de 40% a lo largo del período de registro. Para describir la humedad en términos de un parámetro verdaderamente representativo, se utiliza en este trabajo la presión de vapor de agua, pues dado que la presión atmosférica no pudo ser medida, no es posible aproximar la humedad específica, variable que ha sido empleada por diversos autores.

El análisis de la precipitación durante invierno arroja como resultado un único día de precipitación, el 26 de agosto (Figura 5). Durante ese día la situación sinóptica registrada representa un irrupción de aire frío en el nivel de 500 hPa. Las imágenes satelitales de esa fecha (no presentadas aquí) mostraron la presencia de abundante nubosidad sobre la región. La Figura 6 presenta la mediana diaria de la presión de vapor de agua. Durante el período invernal, Agosto resultó ser el mes más húmedo, su humedad relativa osciló entre 14% y 33% así como debió haber presentado mal tiempo, pues la variación a lo largo del día ha sido mínima. Tal como pudo verse en el caso de la temperatura, durante ese mes se presentan varios casos de irrupciones frías; además, los registros de precipitación (Figura 5) muestran una cantidad de 1.5 mm, superior en apariencia a la registrada en Noviembre o Diciembre; estas irrupciones de masas de aire polar alcanzan el Altiplano Boliviano y han sido registradas hasta 6500 metros de altura (Hardy y otros 1998). En realidad, durante Agosto se han registrado nevadas; según los datos tomados textualmente de los partes emitidos por Gendarmería Nacional a la población, éstas tuvieron gran duración e intensidad que pudieron haber elevado los niveles de humedad. Durante la primer semana de Agosto se registraron nevadas que llegaron hasta unos 0.70 m de altura en el Destacamento, mientras que en el paraje denominado El Cazón, a 12 km. de Las Grutas, la altura de nieve fue de 1.5 m. Respecto a la información nívea, tal como se ha mencionado, la estación meteorológica no constaba con un sistema que derritiera la nieve que caía dentro del pluviómetro, y transformaran los valores en mm de nieve caída. Si bien se proporcionó un varilla preparada específicamente para poder medir altura de nieve, ésta no fue utilizada por el personal de Gendarmería. Lo que se ha podido rescatar es información de algunos de los partes emitidos en los cuales se da cuenta de la presencia de nieve y de los problemas que esto ocasiona.

Los meses de Noviembre y Diciembre presentan la mayor inyección de vapor de agua en horas de la noche (Figura 6); durante esos meses las direcciones prevalentes del viento presentan mayor variabilidad, encontrándose vientos de NE, N que podrían contribuir con humedad proveniente de Brasil en la región. Hardy y otros (1998) encontraron resultados similares en el nevado de Sajama, y lo han atribuido a transporte turbulento vertical de humedad desde niveles inferiores y advección en 400-500 hPa. Durante Noviembre y

Diciembre se registraron precipitaciones (Figura 5) aunque de escasa magnitud, y en esas ocasiones la dirección de los vientos osciló entre WNW y NE.

Es interesante mencionar que siendo retirada la estación el 8 de enero 2005 tras dos días de una persistente llovizna, el personal de Gendarmería reportó posteriormente que las lluvias se incrementaron y persistieron durante una semana.

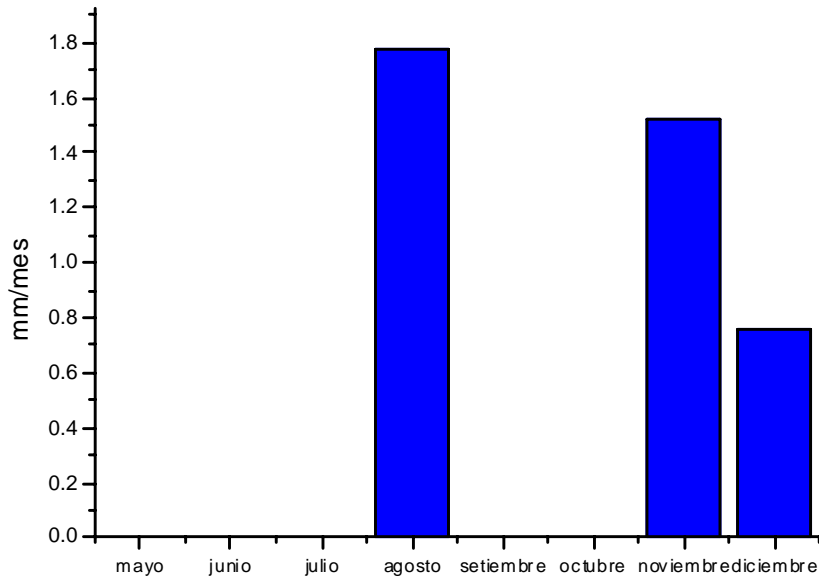


Figura 5. Precipitación mensual acumulada para el período registrado por la estación meteorológica.

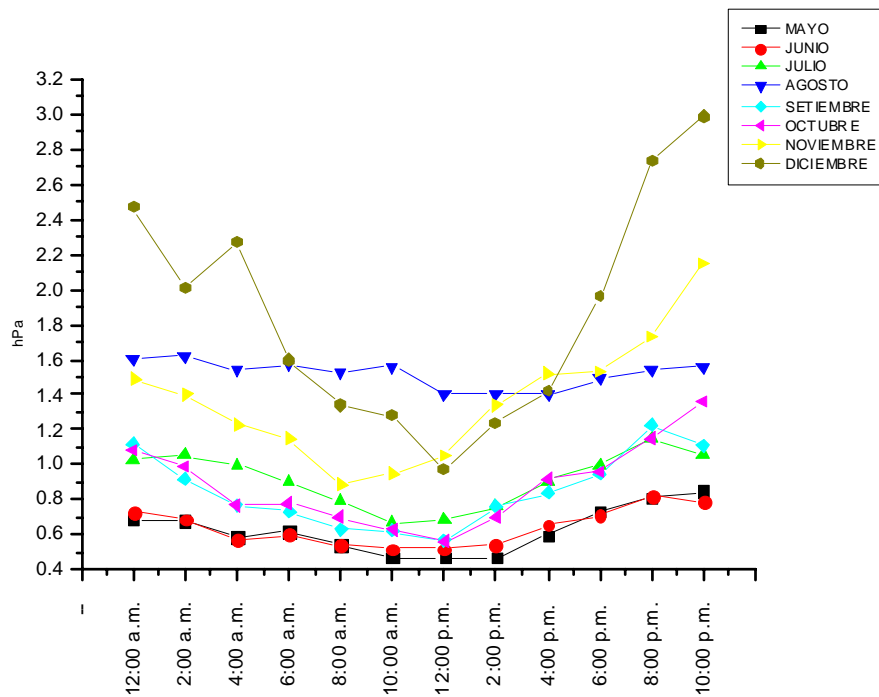


Figura 6. Mediana diaria de la presión de vapor de agua para cada mes del registro.

VELOCIDAD DEL VIENTO Y DIRECCIÓN

Tal como se ha mencionado, faltan datos de viento durante dos días. Durante todo el período de registro, la mayor frecuencia de vientos se ha presentado entre las direcciones SW-NW a todas las horas (Figura 7); mientras que en los meses de invierno éstas son las direcciones preponderantes, el resto de los meses puede percibirse la gran variabilidad, con aportes del E y NE. Desde mayo el viento presenta una dirección preferencial del NW y a partir de julio puede notarse un cambio al W de gran persistencia en todas las horas. Las condiciones secas presentes hasta ese momento cambian con precipitación líquida (medida por el pluviómetro) en Agosto, 26, con 1.8 mm; a partir de setiembre los vientos tienen direcciones entre NW y SW, para luego llegar a diciembre con mayor variabilidad.

Acerca de la intensidad del viento (Figura 8), en los meses de Noviembre y Diciembre es mas baja comparada al resto del registro y está acompañada de un aporte de masa en todas las direcciones con un consecuente aumento de la humedad; la intensidad media fue de 5.85 m seg⁻¹. Las intensidades registradas por Hardy y otros (1998) para el mismo período fueron menores; si bien su experimento se realizó a mayor altura, contaron con información hasta Febrero, y por cierto, se trata de un año de datos en particular, por lo cual sólo puede tratarse de aspectos circunstanciales. En invierno, el aumento de la humedad no parece estar marcado por la dirección sino por la intensidad el viento: a menor intensidad, mayor humedad del aire. Este aumento en la velocidad de viento refleja el corrimiento hacia el norte de la zona de viento del oeste y el jet subtropical, que se ubica típicamente en alrededor 25°S en Junio.

La mayor velocidad media horaria de viento registrada fue de 99.8 km/hora (28 m seg⁻¹, aproximadamente), el día 10 de junio de 2004; la ráfaga máxima registrada fue de 199,56 km/hora (55 m seg⁻¹), del NW. A partir de mediados de noviembre aparecen los vientos de dirección Este y NE que explicarían en parte la precipitación presente en la estación en es período. El ciclo diario de la velocidad de viento no es muy pronunciado aunque las velocidades más bajas se han registrado durante la madrugada, contrariamente a lo registrado por nuestro colega en el Nevado de Sajama.

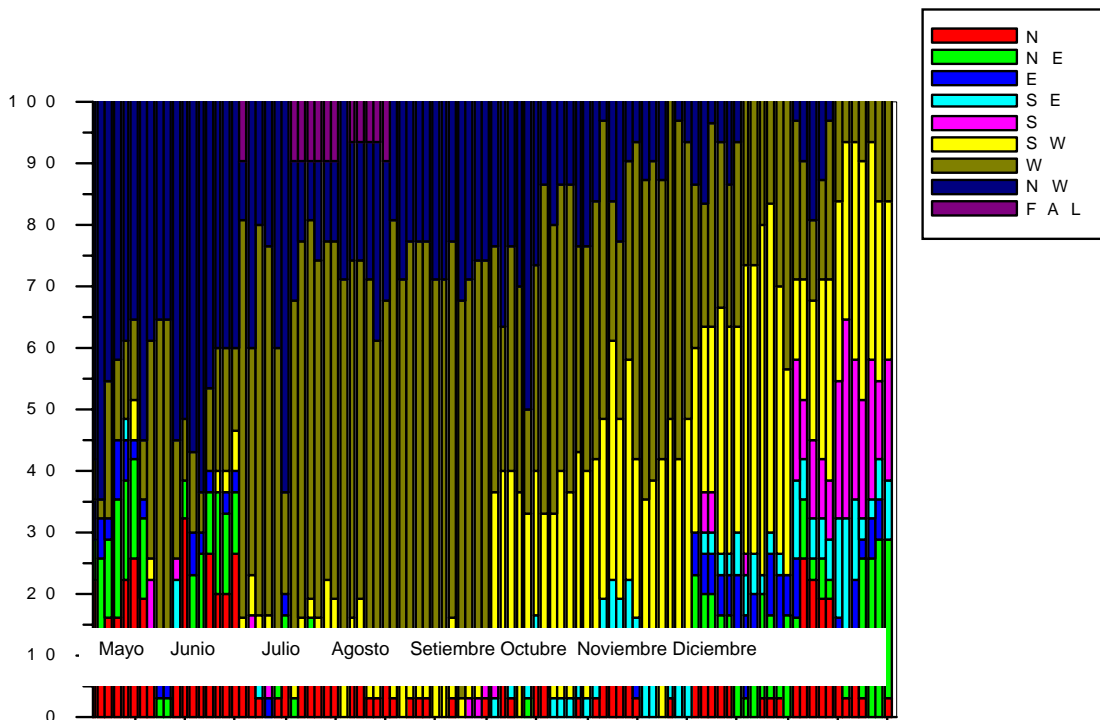


Figura 7. Diagrama de frecuencia porcentual de dirección de viento.

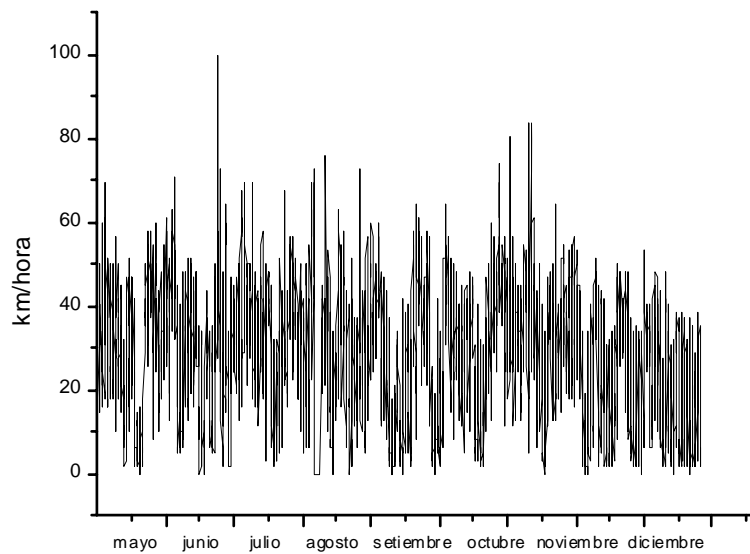


Figura 8. Registro de la Intensidad del viento de acuerdo al período de registro.

CONCLUSIONES

Las mediciones de la estación meteorológica en el Destacamento La Gruta de Gendarmería nos ayudan a definir una visión más acabada de las condiciones climáticas en altura en el área andina tropical del sudoeste catamarqueño con el fin de hacer inferencias acerca del clima pasado en la región, tal como fuera realizado por Douglas Hardy y colaboradores en el nevado de Sajama, y que aún continúa (comunicación personal, Marzo 2005). El año de mediciones fue llevado con algunos problemas, lo cual derivó en la pérdida de información de los tres primeros meses del año y algunos días de Julio. El análisis de las observaciones revela considerable variabilidad del tiempo en el Destacamento.

La temperatura media diaria osciló durante ese año entre -10 y 13 grados Celcius, aproximadamente. La mayor variabilidad se da en Mayo, con una desviación de media diaria de 3.5°C y el rango medio entre máximos y mínimos es de 14.2°C . El invierno se presenta como el período más perturbado, de acuerdo a la variabilidad de la amplitud térmica diaria; los valores oscilan durante esa estación entre 6° y 30°C . Esto no puede ser establecido totalmente, debido a la dificultad de medir la temperatura del aire a 4000 m, con nieve caída en superficie. A través de las cartas diarias de altura del Servicio Meteorológico Nacional puede verse que para las fechas que presentan mayor amplitud térmica, los resultados están asociados a irrupciones de aire frío sobre Central Argentina. La humedad de la atmósfera en el Destacamento de Gendarmería varía notablemente durante el período de registro con valores extremos medios relativos que varían entre 1% y 100% . La mediana de la humedad relativa está por debajo de 40% a lo largo del período de registro. Las precipitaciones pluviales fueron escasas: en Agosto, Noviembre y Diciembre, con bajos valores; sí se registraron intensas nevadas durante todo el invierno. Desde mayo el viento presenta una dirección preferencial del NW y a partir de julio puede notarse un cambio al W de gran persistencia en todas las horas. Las condiciones secas presentes hasta ese momento cambian con precipitación líquida (medida por el pluviómetro) en Agosto; a partir de setiembre los vientos tienen direcciones entre NW y SW, para luego llegar a Diciembre con gran variabilidad. Acerca de la intensidad del viento, en los meses de Noviembre y Diciembre es mas baja comparada al resto del registro y está acompañada de un aporte de masa en todas las direcciones con un consecuente aumento de la humedad;

La experiencia ha terminado, y el análisis de la información continuará en el contexto de la climatología sinóptica, a fin de que, una vez analizada exhaustivamente la circulación atmosférica en la región, podamos inferir la circulación regional en el pasado. Los datos de un

año son una primera aproximación. La estación proveyó una base de datos meteorológicos único, y no se descarta la posibilidad de implementar nuevas experiencias similares a ésta.

Agradecimiento

El proyecto fue financiado con un subsidio otorgado por la Fundación Antorchas –Nº14116-236, Dir. N. Ratto. Agradecemos especialmente a la Cooperativa COMACO a través de su gerente Lic. Omar Schenone; al personal asignado al Destacamento La Gruta del Escuadrón 23 Tinogasta de Gendarmería Nacional, al Ing. Fabián Guevara de la empresa Vialmani Construcciones s.a. por el apoyo logístico brindado para concretar el montaje, instalación y operación de la estación meteorológica.

BIBLIOGRAFÍA

- Escobar, G; Compagnucci, R. and Bischoff, S. 2004. Sequence patterns of 1000 hPa and 500 hPa geopotential height fields associated with cold surges over Central Argentina. *Atmósfera*, 69-89.
- Fuenzalida, H. and Rutilant, J. 1987. Origen del vapor de agua que precipita sobre el Altiplano de Chile. *Proc. II Congreso Interamericano de Meteorología*, Buenos Aires, Argentina, 6.3.1-6.3.4
- Hardy, D.R.; Vuille, M.; Braun, C.; Keimig, F. y Bradley, R.S. 1998. Annual and daily meteorological cycles at high altitude on a tropical mountain. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 79, No 9, 1899-1912.
- Ratto, N. 2004. Informe Final. Proyecto Estudio Paleo-ambiental en la Puna de Chaschuil y valle de Abaucán (Dpto. Tinogasta, Catamarca). Presentado Fundación Antorchas. Ms.
- Vuille, M. and Ammann C. 1997. Regional Snowfall Patterns in the High, Arid Andes *Climatic Change* **36**, 413-423.