EL CLIMA DEL SUR DE LA PATAGONIA Y SUS ASPECTOS ECOLOGICOS. UN SIGLO DE MEDICIONES CLIMATOLOGICAS EN PUNTA ARENAS

THE CLIMATE OF SOUTHERN PATAGONIA AND ITS ECOLOGICAL ASPECTS. A CENTURY OF CLIMATOLOGICAL MEASUREMENTS IN PUNTA ARENAS

WILFRIED ENDLICHER*
ARIEL SANTANA AGUILA**

RESUMEN

La importancia del clima en todo el ámbito del sur de la Patagonia es muy evidente y así lo entendieron los religiosos salesianos al iniciar las mediciones climatológicas regulares a fines del siglo pasado. Sin embargo, en el Hemisferio Sur son escasas las series de datos suficientemente extensas y continuas, por lo cual, el completar un siglo de registros representa una ocasión propicia para presentar estas series climáticas del sur de la Patagonia.

Del análisis de la dinámica de la circulación atmosférica del oeste en el Hemisferio Sur y de cómo se ve afectada ésta por la morfología regional, se definen tipos de tiempo que caracterizan a la Patagonia. Con los antecedentes climáticos registrados en Punta Arenas durante 1983, se muestran los efectos concretos que estos tipos de tiempo ejercen en la región.

Durante los últimos cien años, cuando los elementos climáticos alcanzaron valores extremos, éstos afectaron a los diversos ecosistemas regionales. El estudio del comportamiento detallado de la precipitación, temperatura y viento, bajo el aspecto ecológico, entrega importantes conclusiones sobre los efectos que estos parámetros han ocasionado a estos ecosistemas.

Se destacan entre otros, el deterioro del potencial pastoril causado por los períodos de sequía asociados a fuertes vientos, las mayores mortandades de ganado ocasionadas por inviernos con abundante nieve y la limitación de los cultivos debido al comportamiento de la temperatura y el viento.

Finalmente, y desde el punto de vista climaecológico, se concluye que el viento es uno de los principales responsables de la degradación del paisaje y la erosión del suelo. Este meteoro, que actúa en forma más severa durante el principal período de desarrollo de la vegetación y en especial en el oriente de la Patagonia, no permite la completa recuperación de las praderas degradadas, las que a su vez, deben soportar una carga animal ya bastante superior a su potencial pastoril.

^{*} Fachbereich Geographie der Philipps-Universitat, Deuschhausstr. 10, D-3550, Marburg, Alemania.

^{**} Area de Geociencias. Instituto de la Patagonia. Universidad de Magallanes. Casilla 113-D. Punta Arenas, Chile.

ABSTRACT

The importance of climate all over Southern Patagonia is very evident, and so it was understood by Salesianeian priests when they begun regular climatological measurements at the end of last century. However, sufficiently extensive and continuous series of data are scarse in the Southern Hemisphere, thus the completition of a century of registrations becomes a proper occasion to present these climatic series of Southern Patagonia.

Types of weather characterizing Patagonia are defined from the analysis of the western atmospheric circulation in the Soluthern Hemisphere and by how it is affected by regional morphology. With the climatic information registred at Punta Arenas during 1983, the concret effects of these types of weather on the region are presented.

Along the last hundred years when climatic elements reached extreme values, the various regional ecosystems were affected. The study, under ecological point of view, of the detailed behaviour of precipitation, temperature and wind, furnishes important conclusions on the effects caused by these parameters to such ecosystems.

Damages to the grazing potential caused by drough periods associated to strong winds; the larger livestock mortalities caused by winters with abundant snowfall and the limitations of crops due to the effects of temperature and wind are pointed out, among others.

Finally, it is concluded, from a climatic-ecological point of view, that wind is one of the main responsible factors on the degradation of the landscape and the soil erosion. This meteor, acting more severely during the main period of vegetation development, and especially in eastern Patagonia, does not permit a complete recuperation of degraded prairies which support a livestock load quite superior to their potential carrying capacity.

1.- INTRODUCCION

Los diversos ecosistemas regionales han sido seriamente afectados a través del tiempo ya sea por la presencia humana y/o por condiciones naturales. El Area de Geociencias del Instituto de la Patagonia de la Universidad de Magallanes, junto con un experto de la Universidad de Marburg han iniciado estudios dirigidos a entender las principales causas de estos deterioros, buscando las respuestas a través del análisis de las variables climáticas regionales, relacionándolas con los sucesos acontecidos en el tiempo. Se espera que el presente artículo sea un primer aporte al tema y contribuya a encontrar las soluciones, donde las haya, para los problemas que afectan el potencial natural de Magallanes.

Los registros climáticos más antiguos de la ciudad de Punta Arenas, ubicada en el área central de la Patagonia meridional, se remontan a 1853 y corresponden a mediciones hechas por el entonces gobernador de la colonia de Magallanes, Jorge Christian Schythe. Estos antecedentes, si bien son confiables, carecieron de regularidad en el tiempo, lo cual dificulta su análisis junto a

otras series. Las mediciones climatológicas regulares, comenzaron en 1887 con la llegada de los salesianos el 21 de julio de ese año. Esta orden religiosa se distingue especialmente, de otras de su género, por sus trabajos pegadógicos y científicos. La idea de observaciones climáticas en Punta Arenas se propuso en 1880, durante el Congreso del Comité Internacional de Meteorología Polar, en Berna y la proposición fue aceptada por Don Juan Bosco, el fundador de la Orden, en Turín, razón por la cual, los salesianos trajeron consigo instrumental meteorológico de fabricación italiana y alemana. La instalación de este instrumental, en el centro de la población de Punta Arenas, se hizo bajo la supervisión de monseñor José Fagnano, prefecto apostólico de la parte chilena de la Patagonia. En 1908/09 se reinstalaron los instrumentos en una pequeña torre de unos 5 metros por sobre los demás edificios y a partir de entonces, las mediciones continuaron a unos 15 m.s.n.s.

Junto al fundador del observatorio meteorológico, que hoy lleva su nombre, estuvieron los sa cerdotes Fortunato Griffa y Pedro Marabini desde 1887 hasta 1909, seguidos de José Re hasta

1945, quienes fueron los responsables de las mediciones de este período. Hoy día, la estación se encuentra aproximadamente en el mismo lugar que hace 100 años. Está instalada sobre la terraza del colegio salesiano San José y tiene como responsable de las mediciones al padre Francisco Peteck.

Con posterioridad a los Salesianos, en la década de 1930, se iniciaron otros registros meteorológicos en la estación de Bahía Catalina, con el objeto de prestar apoyo a los fines aeronáuticos. Esta estación se ubicó a 4 kms. al norte de la ciudad, bordeando el estrecho de Magallanes y en 1964 fue trasladada al aeropuerto, ubicado a 20 km. al norte de la ciudad. Ulteriormente varias instituciones se preocuparon de efectuar observaciones y en 1970 se puso en marcha la estación Jorge C. Schythe, en el Instituto de la Patagonia, ubicada a 4 kms. al norte de Punta Arenas, con el propósito de hacer mediciones que no se vieran afectadas por los diversos factores urbanos y con fines científicos (Zamora, 1977).

En el Hemisferio Sur, las series de mediciones ininterrumpidas desde hace un siglo, son muy escasas y el cumplir un siglo de registros es una ocasión propicia para presentar un resumen del clima del sur de la Patagonia, especialmente en sus aspectos ecológicos, los que son cada vez más importantes desde el punto de vista integral del potencial natural de la zona.

2.- DIVISION DE LA PATAGONIA SUR SE-GUN EL RELIEVE, LA PRECIPITACION Y LA DISTRIBUCION DE LA VEGETACION

2.1. Estructuras geológico-morfológicas de la Patagonia Sur

El sur de la Patagonia se divide geológica y morfológicamente en dos grandes partes: los Andes patagónicos al oeste y las planicies patagónicas al este.

Los Andes comprenden desde la zona archipielágica antepuesta a la cordillera central, hasta las pendientes subandinas del oriente. La primera de estas zonas está constituida por un gran número de islas y penínsulas separadas por canales y fiordos, en los que afloran rocas metamórficas y granitoides.

La cordillera central está formada por rocas

plutónicas y constituye una cordillera abrupta con glaciares que llegan al mar. Al sur del Campo de Hielo Patagónico sus alturas casi no sobrepasan los 2.000 metros. La franja subandina se compone de serranías y valles glaciales de dirección preferencial este-oeste, segmentados por numerosos fiordos y canales, que constituyen el área transandina archipielágica, como es, entre otras el área del seno de Ultima Esperanza. A lo largo del Estrecho de Magallanes, de los senos Skyring y Otway y del golfo Almirante Montt, se encuentran las zonas más pobladas de la parte chilena de la Patagonia austral.

Las planicies del este de la Patagonia, bajo los 300 m.s.n.m., son el resultado de la acumulación de depósitos glaciales cuaternarios, destacándose en éstos, drumlins, morrenas terminales y depósitos fluviales, además del campo volcánico de Pali-Aike.

2.2. Las precipitaciones anuales y su distribución geográfica

Las condiciones climáticas de la Patagonia meridional están determinadas por su ubicación en la zona de la circulación general del oeste del Hemisferio Sur, la cual tiene un acento antártico (Weischet, 1978). Debido a la dirección casi perpendicular de la cordillera, respecto a esta circulación del oeste, existe una marcada diferencia de las condiciones pluviométricas a ambos lados de ella. La diferencia a barlovento y sotavento es muy extrema, al igual que en la isla sur de Nueva Zelanda, distinguiéndose una variedad de zonas (Fig. 1).

En la costa occidental de la Patagonia, el grupo de las islas Evangelistas (52°23'S; 75°08'O), todavía sin la influencia de la Cordillera, tiene una precipitación media anual de cerca de 2.261 mm. En la zona de los canales preandinas la única estación pluviométrica que dispone de información es la Bahía Félix (52°28'S; 74°07'O). Sus escasos antecedentes muestran que su monto anual alcanza a unos 4.024,5 mm., valor que parece ser el más probable. No existen datos de las cumbres ni del pie de la cordillera central, en la zona de los canales intraandinos. Según la exposición local respecto al viento, las precipitaciones disminuyen rápidamente en unos pocos kilómetros, desde unos 5.000 mm. a 1.500 mm. anuales

aproximadamente. Dentro de la zona transandina las precipitaciones bajan aún más a valores inferiores a 500 mm. Los datos de Punta Arenas representan bien a esta zona.

Si se prolonga el perfil pluviométrico hacia el oriente, se nota ya en el aeropuerto Presidente Ibáñez, situado a unos 20 km al norte de Punta Arenas, un valor inferior a los 400 mm. En el área central oriental de la Patagonia, las precipitaciones ni siquiera alcanzan los 300 mm. y no aumentan hacia la costa atlántica (Burgos, 1985; Miller, 1976).

Al lado de este contraste oeste-este, existe otro en dirección norte-sur, menos fuerte, a lo largo de la costa del océano Pacífico. En esta zona, al barlovento de los Andes, la estación pluviométrica que registra las mayores precipitaciones, es la de Guarello (50°21'S: 75°21'O), con un monto promedio anual de 7.330,9 mm. Más al norte, la alta subtropical del sureste del Pacífico causa una disminución de las lluvias. San Pedro (47°43'S; 74°55'O) y Cabo Raper (46°49'S; 75°36'O) tieun total anual de 3.436,2 mm y 1.979 mm respectivamente. Al sur, las menores temperaturas causan una disminución de vapor de agua de la atmósfera y en consecuencia, también una disminución de la abundancia de las precipitaciones. Así, Bahía Félix registra sólo dos tercios de la precipitación de Guarello. La isla Diego Ramírez (56°30'S; 68°40'O), que no se encuentra bajo la influencia de la Cordillera, sino que se encuentra en una situación parecida a la de Evangelistas, registra solamente la mitad de la precipitación de esta última estación.

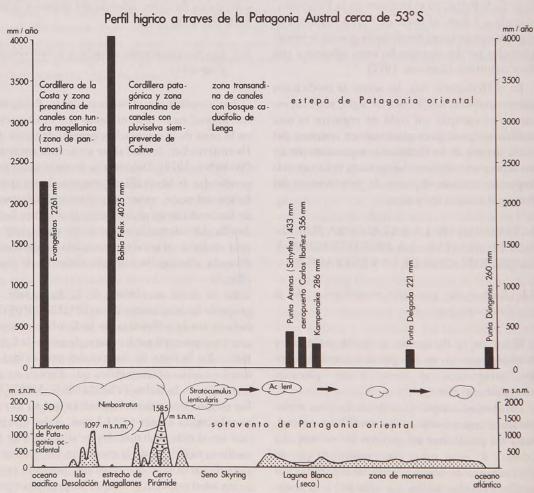


Fig. 1. Perfil hígrico a través de la Patagonia Austral (53°S)
Fuente: Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes; Dirección Meteorológica de Chile, Santiago;
Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Punta Arenas.

61

2.3. Distribución de la vegetación.

La distribución de la vegetación en la Patagonia está fuertemente dominada por la influencia del relieve de la Cordillera. Fitogeográficamente se distinguen cuatro zonas (Auer, 1965; Frederiksen, 1988; Pisano, 1977, 1983; Seibert, 1987). La zona de los archipiélagos con más de 4.000 conformada comunidades mm/año por altamente hidromórficas establecidas sobre suelos pantanosos. La denominación frecuente como tundra magallánica no es correcta, ya que no se encuentra el permafrost que caracteriza a esta zona en el Hemisferio Norte (Pisano, 1981). Skottsberg (1910), como autor de este esquema, habla de Moorland (tierra pantanosa) y Schmithüsen (1955) utiliza la expresión zona de pantanos y arbustos siempre verdes. En las áreas expuestas al viento, con mucha lluvia y buen drenaje sobre las rocas erosionadas por el hielo, se distinguen grandes pantanos y campos de hierbas compuestos de Schoenus andinus y Marsippospermum grandiflorum. En condiciones de mal drenaje, se forman pantanos con asociaciones de Donatia fascicularis y Astelia pumila. Finalmente, las áreas de menor lluvia (menos de 4.000 mm.) y protegidas del viento se componen de pantanos ombrogénicos con Sphagnum magellanicum.

Aún en el lado marítimo con mucha lluvia y temperaturas moderadas, en situaciones abrigadas al sotavento de las islas, es decir, en las zonas del interior de los canales y muy cerca de las costas, crece la pluviselva patagónica siempre verde con Nothofagus betuloides (Coihue), Drimys winteri (Canelo) y Maytenus magellanica (Leña dura). Sobre suelos podzólico-pantanosos, esta pluviselva sin bambúseas, lianas ni epífitas, tiene una alta densidad con respecto a los árboles, pero baja respecto a los arbustos. En las áreas de bosques, la alta densidad de los árboles favorece la reducción de la velocidad del viento, debido al aumento de la fricción, lo cual permite la formación de un microclima más favorable en su interior. Sin embargo, la alta nubosidad y la insolación, ya relativamente baja en estas latitudes, no permiten la formación de un estrato arbustivo muy denso que es característico en las pluviselvas subtropicales. Entre estos bosques y pantanos, hasta las cimas de la cordillera principal existe una zona de transición.

La pluviselva cambia rápidamente desde un tipo siempre verde hasta un bosque de verano con hojas caducas, formado por Nothofagus pumilio (Lenga) y Nothofagus antarctica (Ñirre), creciendo sobre suelos podzólicos y pardos-grises, formados sobre depósitos morrénicos. Otras especies se adaptan muy bien a diferentes condiciones ecológicas que cambian muy rápidamente entre la pluviselva y la estepa. Coexisten allí, bosques altos y también de formas muy deprimidas por el viento. En los lugares de buen acceso terrestre y en las playas de los canales, fiordos y senos, la tala del bosque es muy intensa.

Un gradiente pluviométrico tan extremo, causa un rápido cambio hacia el este de la región, hasta la estepa patagónica. Esta estepa se desarrolla sobre suelos pardos y castaños que sobrevacen a depósitos glaciales. Sobre los campos de lava recientes, solamente es posible la formación de litosoles rudimentarios. La especie característica de esta zona es Festuca gracillima (Coirón). La estepa típica de la Patagonia tiene una altura de cerca de unos 50 cm y presenta dos estratos. Bajo el estrato alto de la gramínea duriherbosa, crece un estrato de arbustos enanos y de hierbas pulvinadas. Esta estepa de coirones se encuentra muchas veces asociada con el arbusto Chiliotrichium diffusum (Romerillo) que tiene una altura entre 0,5 y 1,3 metros. Otra especie de importancia es el arbusto enano Empetrum rubrum (Murtilla), muchas veces asociados a otros arbustos de igual hábito. La murtilla es una típica planta indicadora de la degradación del paisaje causada por el sobrepastoreo.

3.- LA DINAMICA DE LA CIRCULACION DEL OESTE DEL HEMISFERIO SUR

Los conocimientos sobre la circulación atmosférica del oeste han aumentado mucho en las últimas tres décadas, especialmente como conse cuencia del Año Geofísico Internacional (1959). Los resultados más sobresalientes están en las publicaciones de Flohn (1950), Lamb (1959), Newton (1972), Taljaard (1968, 1969, 1972), Van Loon (1974, 1984) y Weischet (1968, 1978, 1985).

Una de las relaciones más importantes es la que existe entre el continente Antártico y las latitudes más altas del Hemisferio Sur. La Antártica, cubierta de hielo durante todo el año, causa

una diferencia de temperaturas y presiones al nivel del suelo, que es de cuatro a cinco grados y de 15 a 25 hectopascales, respectivamente, más elevada que en el Hemisferio Norte. Esta es la causa por la que las velocidades zonales del viento son mucho más altas, la ciclogénesis más intensa y la secuencia de los ciclones más rápida. El hemisferio oceánico causa una fricción menor y las ondas de Rossby de la circulación, es decir, sus meandros no son tan fuertes y por tanto, la circulación es mucho más zonal que en el Hemisferio Norte.

La ubicación de la corriente principal al nivel de 500 hPa., se encuentra al sur de América. sobre el mar de Drake. Un factor especialmente mencionado por Weischet (1968) señala que la frecuencia y la duración de las situaciones sinópticas de tipo bloqueo son muy escasas en América del Sur en comparación con las que ocurren en el Hemisferio Norte. Sin embargo, no hay mucha información respecto al desarrollo concreto de la circulación en forma de tipos sinópticos característicos que se observan y repiten y los servicios meteorológicos de Chile y Argentina aún no han desarrollado una clasificación de tipos de tiempo. Algunas indicaciones en este respecto, se encuentran en Sturman (1979), quien afirma que el nivel de 500 hPa frente a la Cordillera, las direcciones oeste, oeste-noroeste y oeste-suroeste se encuentran repartidas en igual número con respecto a la dirección de la circulación de la corriente del oeste. Sin embargo, al otro lado de ella, se observan muchas direcciones suroeste v sur-suroeste. Menciona además que en el occidente de la Patagonia, casi la mitad de los tipos de circulación son anticiclónicos, mientras que los últimos representan solamente un cuarto de la frecuencia de los tipos sobre el oriente y la costa del Atlántico. Esto indica una tendencia anticiclonal en el barlovento de la Cordillera y una tendencia ciclónica al sotavento de ésta. Eso explica la cuña de alta subtropical tan característica al norte de la Patagonia, en verano y la artesa de la baja sobre la Patagonia argentina, causando los Friagems del sur de Brasil.

3.1. Tipos de tiempo más importantes de la Patagonia austral.

Como primer paso hacia una clasificación de

los tipos de tiempo en el sur de la Patagonia, se presentan los 6 tipos más característicos (ver también Devynk, 1972/73; Endlicher, 1983; Zamora y Santana, 1979), que corresponden a las siguientes situaciones sinópticas:

- a) Tipos de tiempo del oeste
- b) Tipos de tiempo del noroeste
- c) Tipos de tiempo del suroeste
- d) Tipos de tiempo del este
- e) Tipos de tiempo con gradiente barométrico débil (pantano barométrico)
- f) Cuña de alta presión
- a) Tipos de tiempo del oeste: Este es, sin duda, el tipo de tiempo más importante de la Patagonia, caracterizado por el trazado zonal de las isobaras y un fuerte gradiente de presión sobre la región. Este gradiente tan intenso se debe, por un lado, a una cuña estacionaria de alta subtropical que se extiende hasta el sur de Chile, y por otro lado, a una baja subpolar sobre el mar de Drake. Este tipo de tiempo es muy frecuente durante el verano y causa muchos pasos de frentes fríos. Sin embargo, estos frentes no ocasionan precipitaciones muy abundantes sobre el sector este de la Patagonia, debido al efecto Foehn que se manifiesta en forma muy fuerte. En esta área y en estas condiciones, son característicos los chubascos frecuentes, aunque muy débiles, con montos de precipitaciones que muchas veces no se pueden medir. Un ejemplo de esta situación lo constituye la condición sinóptica del día 10 de noviembre de 1983 (Fig. 2a).
- b) Tipos de tiempo del noroeste: Estos se distinguen claramente de los otros, pues incluyen masas de aire marítimo-subtropical. Aquí, el efecto de Foehn es menos intenso, ya que la dirección de la circulación tiende a ser más paralela a la cordillera. Estos factores causan un aumento notable de las precipitaciones, muchas veces asociadas a frentes cálidos y a oclusiones, los cuales, están menos sujetos al Foehn que los frentes fríos. En este tipo de tiempo y con una estratificación estable del aire durante el invierno, la precipitación es ocasionalmente de agua-nieve. Esta condición se representa en la situación sinóptica del día

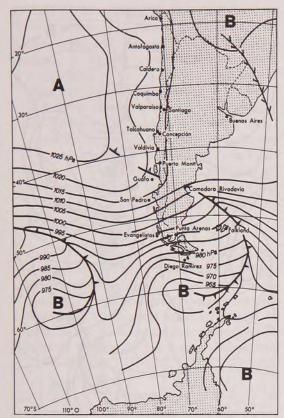


Fig. 2a. Situación sinóptica del extremo sur de América el 10/11/1983. Tiempo del Oeste.

8 de febrero de 1983 (Fig. 2b). Una variedad muy importante en el tiempo del noroeste, puesto que es la que trae las mayores precipitaciones, ocurre cuando el centro de baja presión asociado a un sistema frontal u oclusión, desplazándose desde el noroeste o del oeste de la región, hacia el este, pasa excepcionalmente muy al norte de la Patagonia. Entonces el sur de la región queda, durante un corto lapso de tiempo, bajo una circulación del noreste o del este, con abundantes precipitaciones.

c) Tipos de tiempo del suroeste: Al contrario de los tipos de tiempo del noroeste, aquí domina la componente marítima-subpolar. Estos tiempos son bioclimáticamente desagradables tanto en invierno como en verano, ya que las altas velocidades del viento causan elevados valores de wind-chill (sensación térmica muy baja). Sin embargo, muy rara vez y durante

horas de la noche, la masa de aire llega a la costa de la Patagonia con temperaturas bajo cero grados. En el interior, por su parte, en condiciones de cielo despejado, con esta circulación es frecuente las ocurrencias de heladas fuertes. Los chubascos de nieve no son muy intensos, originándose en nubes del tipo cumulonimbo y su duración es de dos días como máximo. Este tipo de situación sinóptica generalmente se repite en invierno de tres a cinco veces. Este tiempo es especialmente desagradable cuando se trata de una erupción directa del aire antártico de dirección sur-suroeste, aunque también en este caso, la masa de aire tiene que cruzar una gran superficie de mar y en consecuencia, calentándose durante su paso hacia el continente. Es poco frecuente que estas erupciones lleguen al lado occidental de la Patagonia, pero sobre el lado del Atlántico son una singularidad del tiempo, que causa muchos daños en las plantaciones de café

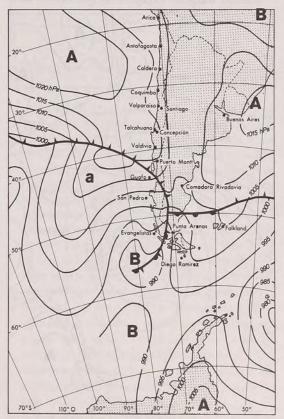


Fig. 2b. Situación sinóptica del extremo sur de América el 8/2/1983. Tiempo del Noroeste.

en Brasil. Esto es lo que los brasileños llaman friagem, los que llegan a notarse, incluso en la cuenca amazónica. Esta situación sinóptica ocasiona temperaturas bajo cero en cualquier época del año, causando las heladas precoces y/o tardías débiles, que constituyen un riesgo para las plantaciones de papas y hortalizas durante el período agrícola. Este tipo de tiempo se muestra en la situación sinóptica del 15 de enero de 1983 (Fig. 2c).

Los otros tipos de tiempo son relativamente escasos en comparación con los primeros tres. Esto es particularmente evidente en la configuración de la rosa de los vientos de Punta Arenas, la cual muestra una distribución de frecuencias, donde predominan los vientos de dirección noroeste, oeste y suroeste, correspondiendo la suma de éstos, a los dos tercios del porcentaje total de todas las direcciones.

d) Tipos de tiempo del este: Se trata de una situación bastante excepcional que ocurre sólo

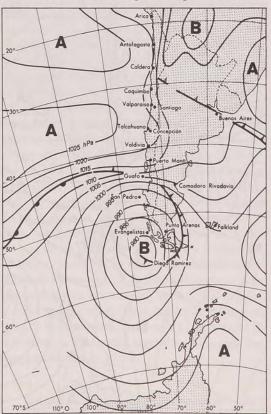


Fig. 2c. Situación sinóptica del extremo sur de América el 15/1/1983. Tiempo del Suroeste.

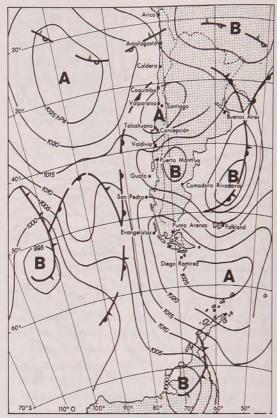


Fig. 2d. Situación sinóptica del extremo sur de América el 28/5/1983. Tiempo del Este.

una o dos veces por año, durante el invierno. Una alta ubicada al sureste, dirige la masa de aire húmedo desde el Atlántico hasta la Patagonia. Las precipitaciones son de lluvia fina o agua-nieve que se originan en una capa de stratus. Este tipo de tiempo tiene poco viento y presenta una duración máxima de 3 a 4 días, volviendo después la circulación del oeste. Durante una condición de tiempo como ésta, la costa occidental de la Patagonia se encuentra excepcionalmente en una situación de sotavento. Este tipo de tiempo es especialmente importante en lo referente al tráfico aéreo y tiene un interés estratégico, puesto que la Patagonia chilena se conecta en superficie con el resto de Chile solamente por vía marítima o utilizando caminos argentinos. Así, las nubes y nieblas típicas de este tiempo en la región de Punta Arenas, provocan inconvenientes, dificultando las salidas y llegadas de los aviones. Esta situación está representada en la carta sinóptica del 28 de mayo de 1983 (Fig. 2d).

- e) Tipos de tiempo con gradiente barométrico débil (pantano barométrico): Es un tipo de tiempo muy raro, que es poco característico en la zona. Ocurre cuando la alta subtropical se encuentra en una situación mucho más al norte que lo normal. Entonces el gradiente barométrico entre la alta y las bajas subpolares es débil y la masa de aire se acerca lentamente desde el oeste. Hay ausencia de frentes y las precipitaciones en el oriente de la Patagonia son de poca intensidad, puesto que generalmente éstas son de tipo convectivo. Esta situación la representa la carta sinóptica del 24 de enero de 1983 (Fig. 2e).
- f) Cuña de alta presión: En este tipo de tiempo, el anticiclón del Pacífico extiende en el verano, una cuña que alcanza hasta el norte de la Patagonia. Así, las bajas subpolares son desviadas a un camino más polar. En general, la influencia de la alta se extiende al sur de Chile hasta la Región de Los Lagos y tiene una

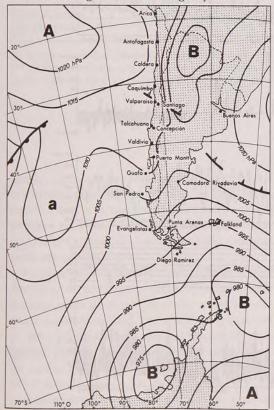


Fig. 2e. Situación sinóptica del extremo sur de América el 24/1/1983. Pantano Barométrico.

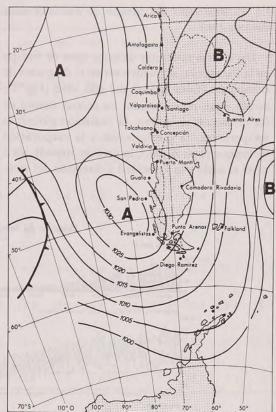


Fig. 2f. Situación sinóptica del extremo sur de América el 29/1/1988. Cuña de alta presión.

duración de algunos días. Sin embargo, en la Patagonia no dura más que algunas horas o unos pocos días. Excepcionalmente esta situa ción del bloqueo o desviación de la circulación del oeste, puede durar varias semanas. Hay que señalar sin embargo, que estas situaciones sinópticas no causan una reducción de la velocidad del viento, como ocurre en el Hemisferio Norte. La principal característica de este tipo de tiempo es entonces, la seguía, ya que la influencia de la alta presión no permite la génesis del tipo de tiempo del noroeste, que es el que trae las lluvias. La escasa precipitación y el fuerte viento causan una reducción importante de la producción de biomasa, provocando graves problemas para la ganadería y, en los lugares más densamente poblados como Punta Arenas, graves dificultades en el abastecimiento normal de agua. Ejemplo de ésto lo constituyó el verano de 1988.

Este tipo de tiempo está representado en la situación sinóptica del 29 de enero de 1988 (Fig. 2f).

3.2.-El desarrollo del tiempo de Punta Arenas durante 1983.

Los efectos concretos de estos tipos de tiempo en la Patagonia, se pueden ver en el diagrama de tiempo de Punta Arenas del año 1983 (Fig. 3), donde están representados los valores diarios de los elementos del clima: la radiación global, la temperatura, la precipitación y la evaporación de tanque (tipo A pan), la presión atmosférica a nivel el suelo y la velocidad y dirección del viento.

Durante los meses de verano, la radiación global varía entre unos 200 y 300 W/m², mientras que en el invierno se alcanzan valores de cerca de 50 W/m². Las grandes diferencias entre un día y otro, son una prueba clara del rápido cambio de la nubosidad. Con referencia a la temperatura, las máximas en verano están cerca de los 20°C. Sin embargo, al promediar esta estación, durante el mes de enero, la temperatura puede bajar de cero grados. Estas son otras evidencias de las características variaciones meteorológicas de un día a otro. Cabe destacar, por otro lado,

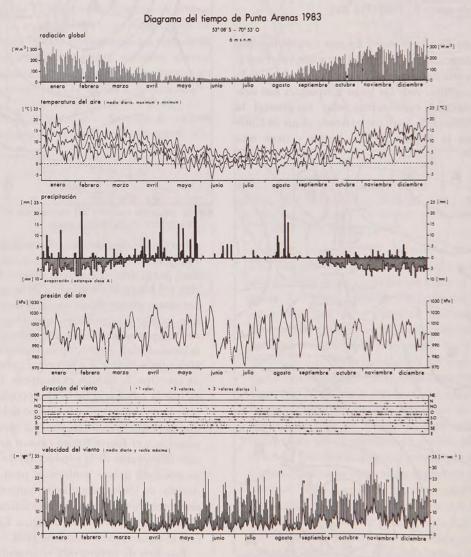


Fig. 3. Diagrama del desarrollo del tiempo en Punta Arenas durante 1983 Fuente: Estación Jorge Schythe, Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes.

Tabla 1: Datos climáticos medios mensuales de Punta Arenas

resident the far river	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Precipitación media mensual (mm) 1888-1987	35,4	29,7	41,1	44,2	48,2	38,0	37,8	40,1	30,8	24,9	28,6	33,4	432,5
Número de días con lluvia 1971-1987	12,8	12,4	13,1	14,9	13,1	11,3	12,4	14,1	12,3	10,8	12,8	11,9	151,9
Número de días con nieve 1971-1987	1000	-	100-20	0,6	2,2	4,2	5,4	5,2	2,8	1,1	0,7	0,1	22,2
Período seco (*) 1971-1987	1,1	0,8	1,2	0,8	1,4	1,6	1,4	1,1	1,2	1,6	1,4	1,2	14,8
Período húmedo (**) 1971-1987	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,7	0,4	0,3	0,6	0,2	5,7
Temperatura media (°C) 1853-1987	11,0	10,6	8,9	6,6	4,1	2,2	1,8	2,8	4,7	7,0	8,8	10,4	6,5
Temperatura máxima abs. (°C) 1853-1987	29,9	28,3	24,0	20,5	17,2	16,5	13,0	14,3	16,0	21,5	24,3	26,9	29,9
Temperatura mínima abs. (°C) 1853-1987	-3,4	-2,6	-4,8	-7,6	-9,8	-16,4	-13,4	-9,5	-9,0	-5,0	-4,9	-5,0	-16,4
Viento promedio 1977-1987 (m/s)	5,2	5,1	4,7	4,5	3,3	3,7	4,0	4,6	4,9	5,2	5,6	5,2	4,6

^(*) Al menos cinco días consecutivos sin precipitaciones

Fuente: Estación climática Jorge Ch. Schythe, Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes, Punta Arenas.

que las temperaturas máximas de invierno, frecuentemente no bajan de cero grados. Esto significa que la formación de una capa duradera de nieve en Punta Arenas es casi imposible, ya que las situaciones de hielo y deshielo cambian permanentemente.

Respecto a las precipitaciones diarias, Punta Arenas se caracteriza por recibir precipitaciones durante todos los meses, es decir, no existe una estacionalidad de ellas. Los números de días con y sin precipitación son aproximadamente iguales, por lo que sorprende que el monto total de lluvias alcance un promedio de solamente 432,2 mm (Tabla 1). De esto se deduce que las precipitaciones, en general son débiles y alcanzan en gran número apenas uno o dos milímetros (litros por m²). En 1983 hubo sólo 12 días que so-

brepasaron los 10 mm. Las lluvias fuertes y muy fuertes, características del clima subtropical con estacionalidades en las precipitaciones, como en invierno en Chile central, no se dan en la Patagonia.

Por su parte, las variaciones en la presión no muestran una relación directa con las precipitaciones. Estos eventos no ocurren siempre que la presión esté baja, es decir, puede llover cuando la presión esté relativamente alta y hay ocasiones en que no llueve aunque el valor de la presión sea muy bajo. Otro aspecto interesante lo muestra el registro de evaporación de tanque, especialmente en verano, donde se destaca el déficit en el balance hídrico, puesto que los montos de la evaporación superan por mucho a los de la precipitación.

^(**) Al menos cinco días consecutivos con precipitaciones

4.- CARACTERISTICAS DE LA PRECIPITA-CION, TEMPERATURA Y VIENTO BAJO EL ASPECTO ECOLOGICO

4.1. La precipitación

4.1.1. El desarrollo de las condiciones de precipitación durante el año.

Junto con el análisis de los montos anuales de precipitación, también es importante su comportamiento a través del año.

Una característica destacable de los climas marítimos de las altas latitudes del Hemisferio Sur, es que todas las estaciones muestran una dis tribución de lluvias más o menos homogénea durante el año, ya sea en las regiones de abundantes precipitaciones del oeste o en las de bajas precipitaciones del lado este (Fig. 4).

Salvo muy pocas excepciones, la circulación general tiene dirección noroeste, oeste o suroeste, es decir, está influenciada siempre por el efecto de Foehn causado por la Cordillera. De esta manera, no existe la posibilidad de un enriquecimiento del aire con vapor de agua en su trayecto hasta el Atlántico y por lo tanto, al este de la Patagonia la precipitación no aumenta en dirección a la costa atlántica. Esto ocurre incluso, con direcciones sur de la circulación (erupciones de aire antártico) porque los Andes tuercen el rumbo general de su eje norte-sur, a otro más bien oeste-este, en la Tierra del Fuego. Las alturas de menos de 2.000 metros parecen ser suficientes para producir el efecto Foehn, aunque menos importante en la temperatura que en la precipitación.

4.1.2.- Un siglo de registros de precipitaciones en Punta Arenas

Después de una cuidadosa revisión de los antecedentes existentes, los valores que forman la serie del siglo que se analiza, contemplaron datos de casi todas las estaciones mencionadas en la introducción (Fig. 5).

Para este siglo de observaciones, el promedio es de 432,6 mm. En los años 20 se detecta una gran sequía, existiendo un período de ocho años

consecutivos en que los montos anuales no alcanzaron el valor promedio. Esta situación finalizó el año 1926, pero fue seguida del año más seco del siglo, 1928, con un monto anual de sólo 179 mm. Otro período seco destaca en los años 60, donde hay una década en la cual, los totales anuales no llegan al valor promedio. En estos períodos se producen problemas en el abastecimiento normal de agua a Punta Arenas, ya que ésta se abastece de zonas de captación que están ubicadas en áreas de baja pluviometría al sotavento de la serranías de Brunswick (montes Brecknock), al lado oriental de la cordillera. En estas zonas, la precipitación cae pocas veces en forma de nieve, por lo que no se considera como reserva para los meses de primavera y verano. Varios años secos seguidos, producen grandes problemas de agua y esto limita aún más el ya escaso desarrollo de las praderas al oriente de la Patagonia.

Con una masa ovina en aumento hasta mediados de la década del 60 (con un máximo en 1970 para la región de 2,9 millones de cabezas), los daños ecológicos a las praderas fueron inevitables. Esta es entre otras, una de las razones de por qué en la actualidad el número de ovejas ha disminuido a 2,1 millones.

Meteorológicamente, estos períodos de sequías están asociados a una gran acumulación de tipos de tiempo del oeste, ya descritos, que producen estas escasas precipitaciones a causa de la condición de sotavento de la región.

4.1.3.- Precipitación y producción de biomasa

Desde hace un siglo la zona de estepa, al este de la Patagonia, es un área ganadera, típicamente de ovinos. En ella se estima una producción de pasto (en materia seca) de 800 kg/há. Si se tiene en cuenta una eficiencia de consumo para las ovejas de 70% y una cantidad de forraje de 600 kg. en materia seca por oveja al año, entonces se presume un potencial de pastoreo de apenas una oveja/há. El nominado potencial depende lógicamente del tipo de pasto (Tabla 3) y también de la cantidad de precipitaciones. En la Figura 6 se muestran las precipitaciones anuales y la producción de biomasa, entre 1977 y 1985, según se evaluó en la estación agraria Kampenaike

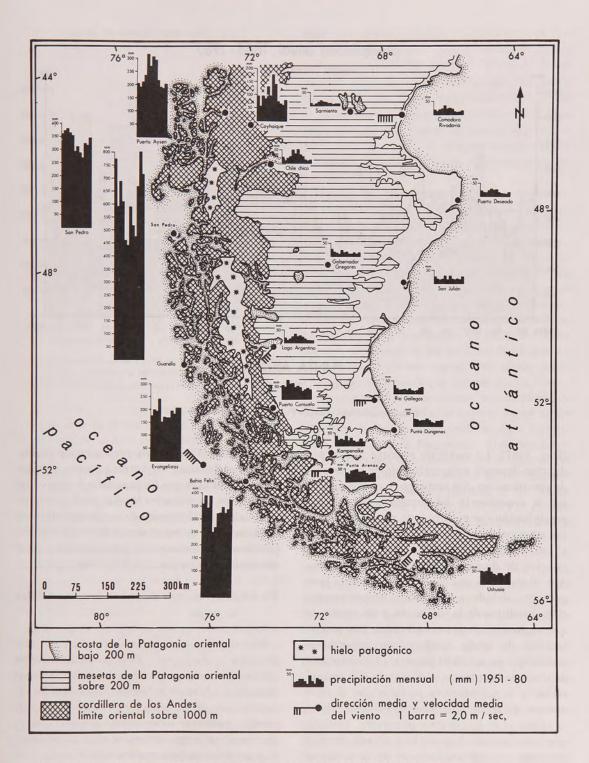


Fig. 4. Precipitación media mensual en la Patagonia a ambos lados de la Cordillera de los Andes. Fuente: Servicios Meteorológicos de Chile y Argentina.

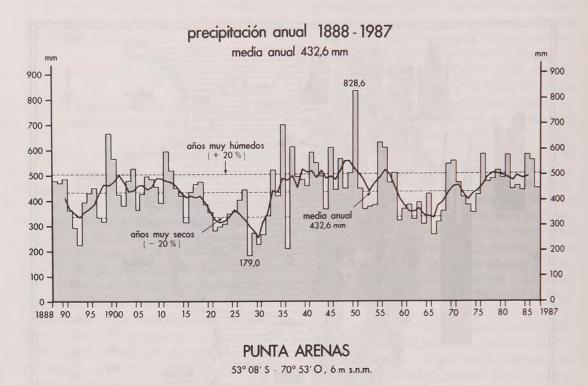


Fig. 5. Precipitación anual en Punta Arenas entre 1888 y 1987.

(Ruz, 1987). La variación muestra que la producción depende principalmente de la cantidad de precipitación. Sin embargo, hay que mencionar la importancia del porcentaje en que esta precipitación cae en forma de nieve. Los inviernos secos con poca nieve, retardan y disminuyen el crecimiento de primavera, que es la principal estación de desarrollo de la estepa patagónica. Ahí, el verano es una época de reposo para la vegetación, debido a la elevada evapotranspiración, producto de la insolación y del viento, los que alcanzan valores muy elevados. Las precipitaciones de otoño también son importantes, puesto que ya no están presentes las situaciones de stress de las plantas, debido a la alta transpiración y la temperatura permite aún el crecimiento. Así se forma la base para el desarrollo de la pradera, en la próxima primavera. Es lógico que una pradera degradada y sobrepastoreada dependa poco de oscilaciones de la precipitación, pero donde no crece mucho en años lluviosos, en años de sequía la situación puede llegar al colapso. La recuperación de una pastura degradada es muy difícil y una preocupación permanente del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) es que los ganaderos hagan variar su dotación de ovinos en función de la precipitación caída. Si el número de ovejas disminuye en los años secos, entonces se puede evitar el sobrepastoreo, tan nocivo y con consecuencias para el desarrollo y la composición futura de la pradera.

4.1.4.- Inviernos con mucha nieve y mortandad de ovejas

Son evidentes las ventajas de la crianza de ovejas para la Patagonia. Estos animales rústicos pueden alimentarse y sobrevivir de forrajes muy fibrosos y pobres en nutrientes, como son los característicos de la estepa patagónica. Además pueden pastorear sobre extensas superficies ya que caminan largas distancias para alimentarse. A pesar de eso, su lana, que los aisla eficazmente del viento y las bajas temperaturas, es un producto de alta calidad que soporta un largo almacenamiento para un transporte sobre grandes distancias.

Estación Experimental "Kampenaike" Patagonia oriental 52° 41' S - 70° 54' O

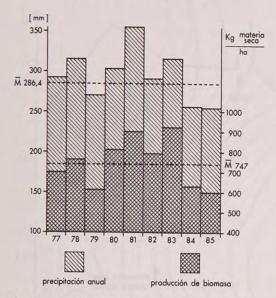


Fig. 6. Precipitación anual y producción de biomasa en la estación experimental agropecuara de Kampenaike entre 1977 y 1985. Según Ruz (1987) e INIA.

La crianza de ovejas empezó en el siglo pasado, a fines de la década del setenta, con la importación de ovejas de las islas Malvinas (Liss, 1979; Martinic, 1975). De 1200 ovejas traídas el año 1878, el número creció rápidamente a 165.000 en el año 1888. En la Patagonia Chilena, el número máximo llegó a 2.935.170 animales en 1970. Desde mediados de los años 60 el número de ovinos sufrió notorias fluctuaciones determinadas tanto por una marcada degradación de las praderas como por motivos de índole financiera conectados con modalidades de la tenencia de las propiedades.

El desarrollo de la dotación ganadera sudpatagónica estuvo siempre acompañado por fuertes reducciones de número de animales, causados por inviernos con mucha nieve. Los registros climáticos de Punta Arenas muestran que en los meses de invierno generalmente ocurren entre 4 a 5 días con precipitaciones de nieve o agua-nieve. La altura media de nieve acumulada alcanza entre unos 15 a 30 cm. Por otra parte, la temperatura máxima durante estos meses se mantiene pocos días bajo cero grados. Esto implica que son pocos los días con una cobertura completa de

nieve que impida el pastoreo a los animales. Sin embargo, este juicio es muy generalizado puesto que, por un lado, los datos climáticos de Punta Arenas son sólo representativos para la franja costera del estrecho de Magallanes al oriente de la Patagonia y por otro, en el interior, lejos de la influencia del mar donde las alturas están entre 100 y 200 m.s.n.m., la temperatura desciende más, lo cual contribuye a una mayor duración de la capa de nieve.

Aunque los lanares sean de buena raza y soporten relativamente bien los períodos con poco forraje, existen sin embargo límites para su capacidad de sobrevivencia (Brown y Mount, 1987). Así, la disminución en el número de ovejas se nota en los años 1904, 1918 y 1937 (Fig. 7) en los que las alturas de nieve para Punta Arenas fueron de 43, 37,5 y 73,5 cm respectivamente. En una carta al cónsul alemán Rodolfo Stubenrauch, del 30 de septiembre de 1904, se estima un alto porcentaje en las pérdidas de lanares en las estancias. «Nieve espesa que desde junio cubre todo el campo y que todavía queda firme. Este invierno ha sido desastroso, mucho peor que el de 1899. Las pérdidas se estiman en un 80%» (Archivo de Documentos Inéditos, Area de Historia, Instituto de la Patagonia). El mismo autor de la carta menciona también que el invierno de 1918 fue igualmente de mucha nieve. Supone pérdidas en la región de Tapi-Aike, al interior de la meseta patagónica (51°05'S; 71°50'O), de más de 50%. Si bien parece ser que para los ovinos es más grave no alcanzar niveles adecuados de nutrición, que soportar temperaturas muy bajas con duración de algunas horas, se observa sin embargo, otra disminución importante del número de animales en 1937, año en que las temperaturas medias mínimas de los meses de junio y julio fueron de -1°C y -1,4°C respectivamente, es decir, más de un grado bajo el valor promedio de mínimas de estos meses. Otros inviernos con mucha nieve, como el de 1899 (con 102 cm. registrados en la ciudad) y 1918, no muestran pérdidas en la curva del número de animales. Esto puede ser una consecuencia estadística de que los censos de la ganadería se hicieron en años normales y no existen estimaciones del número de ovejas de año en año. Así, parece ser posible que haya existido una recuperación de la cantidad de animales.

desarrollo de la crianza de ovejas en el sur de la Patagonia

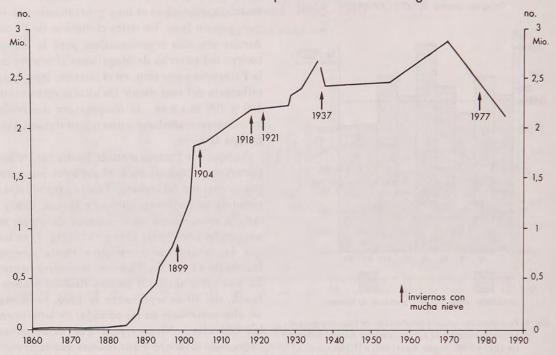
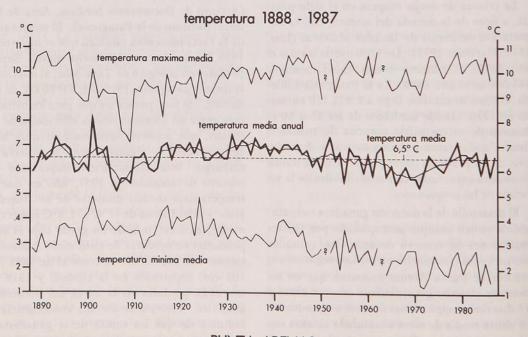


Fig. 7. Desarrollo de la crianza de ovejas en Magallanes entre 1860 y 1985.

Fuente: Martinic (1975) y documentos inéditos, Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes.



PUNTA ARENAS 53° 08′ S - 70° 53′ O , 6 m s.n.m.

Fig. 8. Temperatura media anual en Punta Arenas entre 1988 y 1987.

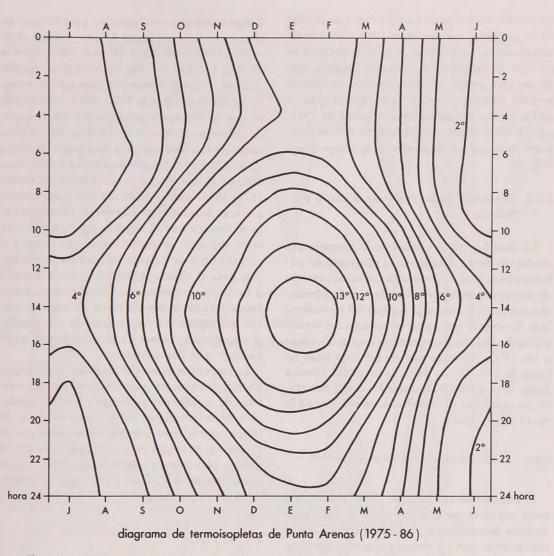


Fig. 9. Termoisopletas de Punta Arenas mostrando la distribución de la temperatura media horaria y mensual. Datos: Estación Jorge Schythe, Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes.

4.2. Temperatura

4.2.1. El desarrollo de la temperatura media anual del último siglo en Punta Arenas

La temperatura media anual de Punta Arenas, para la centuria 1888-1987 es de 6,5°C y los valores promedios anuales oscilaron entre 1,5°C a 2°C sobre y bajo el valor promedio. Los resultados muestran que con un comportamiento un tanto irregular en las últimas décadas del siglo pasado y a comienzos del actual, a partir de 1906 se produce un aumento de la temperatura que

culminó en 1931 con una temperatura media de casi 1°C sobre el promedio. A partir de 1932 hasta 1948, la temperatura media anual se mantiene más o menos estable, por sobre el promedio del siglo. Desde entonces, se aprecia un descenso que finaliza en 1971 para después variar alrededor de la media hasta el final del período. Si se examina la tendencia general de la serie, resulta contraria a la tendencia general del Hemisferio Sur (Jones et al. 1986), aunque coincide con las tendencias y oscilaciones que ha tenido el Hemisferio Norte (Zamora y Santana, 1979). Otra variación importante se observa en el comporta-

miento de las medias de las máximas y las medias de las mínimas, las que desde 1900 a 1930 aproximadamente se muestran más cerca del promedio que desde 1950 en adelante, llegando este último año, prácticamente a duplicar en valor al período anterior. Aunque la tendencia general de las medias de las máximas a partir de 1911, parece ser la misma del Hemisferio Sur, es complejo constatar un aumento en la temperatura (Fig. 8).

4.2.2. Desarrollo de la temperatura diaria y estacional

La distribución y valores de la temperatura media de Punta Arenas, en el diagrama de termoisopletas (Fig. 9), muestra las características de un clima con estaciones en la variedad frescomarítimas de las latitudes medias del Hemisferio Sur. Se observa que en pleno corazón del verano y a medio día, las temperaturas medias alcanzan a los 13°C, mientras que en invierno éstas no bajan de 2°C. Por su parte, la amplitud térmica diaria llega a los 6°C durante los meses de verano, en tanto que en el invierno, esta no llega a la mitad de ese valor.

4.2.3.- Las heladas y el período vegetacional

El abastecimiento local de papas y hortalizas en la región es deficitario y cerca de dos tercios de estos deben traerse de Chile Central, con el consiguiente costo y demora que ello significa. Entre las principales limitantes de la producción local se consideran las condiciones climáticas y la tecnología. En efecto, cualquier cultivo bajo las condiciones climáticas de Magallanes, es posible solamente a lo largo de las costas, donde se puede aprovechar la influencia del mar como regulador de la temperatura. Sin embargo, incluso en Punta Arenas, a una distancia de sólo 500 m desde el Estrecho de Magallanes, ocurren regularmente heladas tardías que causan mucho daño a los cultivos mencionados. Este es un problema bastante grave, puesto que el período de plantación y crecimiento debe empezar en septiembre-octubre, para que los cultivos alcancen su madurez.

La Figura 10 muestra la ocurrencia de la última helada tardía y la primera helada precoz.

Los antecedentes corresponden a mediciones hechas a 2 m s.n.s. en Punta Arenas, durante el período 1972 a 1988. En la figura se observa que las últimas heladas del año ocurren generalmente durante el mes de noviembre, aunque hay excepciones como en los años 1970, 1972, 1980 y 1986, en que las heladas se produjeron hacia la segunda quincena de diciembre. La situación en el período verano-otoño es muy semejante. Entre los años 1975 a 1982 las primeras heladas ocurrieron durante el mes de marzo, pero hubo años como 1971, 1973, 1983 y 1986, en que hubo heladas precoces durante el mes de enero. De esta manera se destaca que ni siquiera en Punta Arenas, cerca del mar, se puede evitar este riesgo y el período libre de heladas no asegura la producción para el abastecimiento de cultivos sensibles a las bajas temperaturas. Aunque en cualquier época del año, incluso en pleno corazón del verano, la temperatura puede bajar de cero grados, se encuentran cultivos de papas y hortalizas en los huertos de Punta Arenas.

Los repetidos daños por las bajas temperaturas podrían minimizarse con la instalación de un sistema de regadío por aspersión o con la construcción de invernaderos. El primero de éstos, de menor costo, sirve además para disminuir los problemas de sequía en verano, mientras que los últimos permiten un aprovechamiento de la gran insolación del verano, sin problemas de viento ni de bajas temperaturas.

4.3.- El Viento

Junto a las condiciones de temperatura y de precipitación, el viento es, sin duda, de un punto de vista ecológico, el elemento climático más importante en la región y uno de las principales limitantes del potencial natural de la Patagonia.

Los primeros navegantes llegados a las latitudes medias del Hemisferio Sur, que denominaron a esos lugares como roaring forties, furious fifties y shrieking sixties, muestran la importancia del viento en el cono sur de América. Un resumen de las mediciones efectuadas en las estaciones Jorge Schythe, ubicada en el área de la ciudad y Kampenaike ubicada a unos 60 kms. al norte de Punta Arenas, muestran los siguientes resultados:

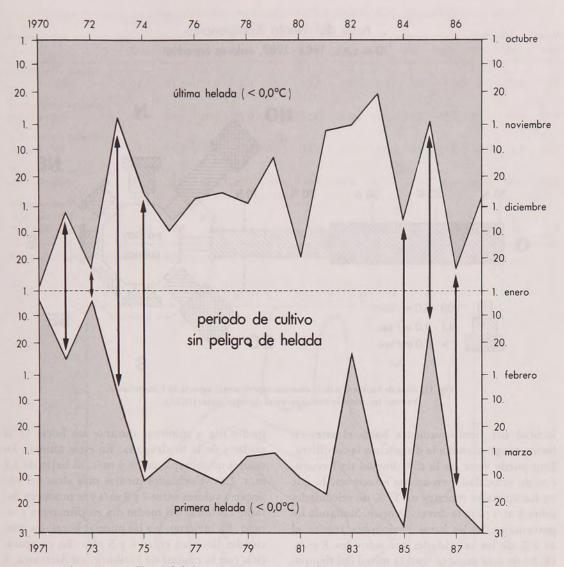


Fig. 10. Período libre de heladas en Punta Arenas entre 1971 y 1988. Datos: Estación Jorge Schythe, Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes.

4.3.1. Dirección y velocidad del viento

El oriente de la Patagonia está dominado por los vientos que provienen del cuadrante oeste, puesto que la región en general se encuentra bajo la influencia de la circulación de oeste de las latitudes medias. La estación de Kampenaike muestra que más del 50% de todas las direcciones provienen del cuadrante oeste (Fig. 11), mientras que Punta Arenas presenta una ligera componente norte, predominando los vientos del oeste-noroeste con un 18,8%, seguido de los

vientos del oeste con el 17,1%, en tercer lugar predomina la dirección noroeste con 13,7% y por último los del nor-noroeste con 10,1% del total de las direcciones.

La velocidad media anual del viento en Punta Arenas alcanza a 4,6 m/s (Tabla 1), en tanto que el valor para Kampenaike casi lo dobla, llegando a 7,6 m/s (Tabla 2). Sin embargo, se debe mencionar que los datos de Kampenaike se hicieron a una altura de 10 m s.n.s., mientras que el registrador del Instituto de la Patagonia se instaló a 7 m s.n.s. No obstante, se puede afirmar que la ve-

rosa del viento Kampenaike 10 m s.n.s., 1984 - 1987, valores horarios

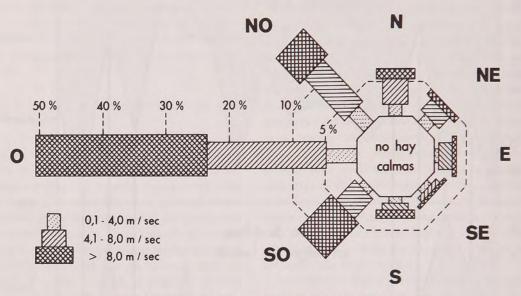


Fig. 11. Rosa de los Vientos de la estación experimental agraria de Kampenaike. Fuente: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

locidad del viento aumenta hacia el este, en forma proporcional a la distancia a la cordillera. Esto puede verse en la distribución de frecuencias de velocidades en ambas estaciones, la que en Kampenaike muestra un 27% de velocidades sobre 8 m/s para la dirección oeste. Sumando los porcentajes de las otras direcciones resulta el 44,2% de las velocidades por sobre los 8 m/s. Dicho de otra manera, casi la mitad del tiempo, la velocidad del viento en la estación de Kampenaike, sobrepasa los 8 m/s. En Punta Arenas este porcentaje llega a sólo el 14,8%, lo cual demuestra la protección que ejerce el relieve en el área de la ciudad, en comparación con las ubicadas al oriente de la Patagonia.

4.3.2.- Velocidad media del viento en Punta Arenas y Kampenaike

Los valores de velocidad media horaria del viento muestran una variación bien definida durante el año. El diagrama de isopletas de viento de Punta Arenas (Fig. 12) indica que en general las velocidades medias tienden a ser máximas a medio día y mínimas durante las horas de la noche y de la madrugada. En estas últimas, los valores no sobrepasan los 4 m/s, ni bajan de 3,2 m/s. Las velocidades medias más altas del año llegan a valores entre 7 y 8 m/s y se producen durante las horas del medio día en primavera y verano. En invierno, y a las mismas horas, las velocidades fluctuan entre 4 y 5 m/s En comparación con la ciudad de Freiburg, en Alemania, a las 14:00 horas el viento cambia de 2,3 m/s en octubre a 3,3 m/s en Abril. Cabe destacarse que los datos de Punta Arenas se midieron a una altura de 7 m s.n.s., mientras que los de Freiburg fueron medidos a 10 metros sobre un edificio de 10 pisos. En el Feldberg (monte más alto de la Selva Negra al sur de Alemania, a 1.493 m s.n.m.), mediciones hechas a 10 m s.n.s. presentan a las 14:00 horas, promedios de 6,2 m/s en agosto y de 10,6 m/s en enero.

Los valores de Punta Arenas quedan durante todo el año dentro de los márgenes favorables para el aprovechamiento de la energía eólica. Un análisis de la distribución de frecuencias de las velocidades del viento confirma esta observación

Tabla 2: Datos climáticos medios mensuales de la estación Kampenaike (1977-1987)
52°41'S - 70°54'O

-		72 110 70 710											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Temperatura media (°C)	11,7	11,1	9,3	6,9	3,5	2,0	1,3	2,8	5,2	7,3	9,3	11,2	6,8
Temperatura máxima absoluta (°C)	29,6	27,8	27,4	23,0	13,9	12,0	11,6	14,4	18,8	19,2	22,1	24,6	29,6
Temperatura mínima absoluta (°C)	-1,4	-3,2	-4,6	-8,4	-11,4	-11,0	-15,1	-12,8	-6,9	-5,2	-2,3	-2,2	-15,1
Precipitación media mensual (mm)	36,9	21,5	26,3	22,1	36,9	19,6	29,5	18,7	14,3	15,4	25,6	19,6	286,4
Viento promedio en cada hora (10 m.s.n.s.) 1984-1987	8,9	8,6	7,8	7,8	5,9	6,0	6,1	6,9	8,0	7,3	8,1	8,9	7,6

Fuente: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Punta Arenas

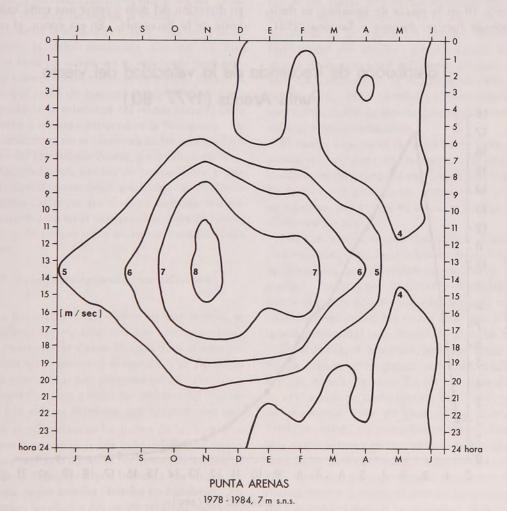


Fig. 12. Isopletas de viento de Punta Arenas mostrando la distribución de la velocidad media horaria y mensual.

Datos: Estación Jorge Schythe, Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes.

(Fig. 13). El mayor porcentaje de velocidades queda comprendido en el intervalo 2-3 m/s, con el 17% del total, seguidos de los intervalos 3-4 m/s, 4-5 m/s y 5-6 m/s. Sólo en quinto lugar con algo más del 10% del total, están las velocidades en el intervalo 1-2 m/s. El porcentaje de todas las velocidades no utilizables como energía eólica, es decir, bajo los 2 m/s, alcanza sólo al 12,5% del total.

Cabe señalar que no solamente los valores medios son importantes, sino también lo son las velocidades instantáneas que alcanza el viento. Así, la racha máxima registrada en Punta Arenas data de 1956 con 42,7 m/s (Ojeda, 1966). Sin embargo, en todos los meses se pueden registrar velocidades de más de 25 m/s, lo cual corresponde al grado 10 en la escala de Beaufort, es decir, temporales fuertes. Zamora y Santana (1981),

determinaron sobre la base 262 rachas máximas mensuales, que el 27,5% de ellas superaron los 27,8 m/s (100 km/hr), produciéndose de preferencia en el período de primavera-verano. En invierno las rachas mas frecuentes están en valores comprendidos entre los 12 y 19 m/s. El año 1983 analizado en este artículo, también registró rachas de 30 a 35 m/s es decir, huracanes de grado 11 a 12 en la escala Beaufort.

Las altas velocidades del viento, tan características en las latitudes medias en el Hemisferio Sur durante el verano, tiene sus razones en el balance de la radiación y la circulación atmosférica. En el Hemisferio Sur, durante el verano, la alta subtropical del sureste del Pacífico, o Anticiclón permanente del Pacífico Sur, se desplaza en dirección del polo y emite una cuña hasta el norte de la Patagonia. En esa época, el conti-

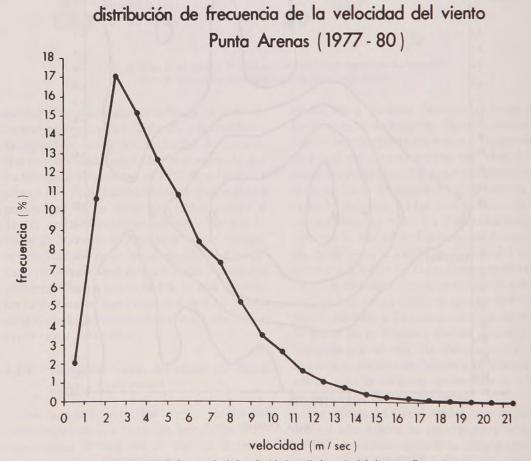


Fig. 13. Distribución de frecuencia de la velocidad media horaria del viento en Punta Arenas.

Datos: Estación Jorge Schythe, Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes.

nente antártico sigue siendo frío casi igual que en invierno, debido al albedo extremo de su cubierta de nieve, aunque en la zona polar el día alcanza las 24 horas. Entonces el gradiente de temperatura se refuerza, causando también un aumento en el gradiente de presión en las capas bajas de la tropósfera. La insolación, bastante larga en verano, causa entonces un intercambio convectivo de masas de aire, de tal manera que las masas de aire que suben debido a la convección térmica son reemplazadas por masas de aire de alturas mayores que traen mayores velocidades hacia el suelo. Durante la noche, en ausencia de la insolación, falta entonces el motor de la convección y la atmósfera se calma. Pero esta calma tiene una duración de unas pocas horas, ya que la inversión nocturna que se forma, desaparece cerca de las seis de la mañana en enero y las nueve de la mañana en abril. En invierno en cambio, la débil insolación durante los días cortos ricos en nubes, no es suficiente para provocar tales procesos termo-convectivos. Esta es la principal razón de que exista una diferencia tan marcada en la velocidad del viento entre el día y la noche y verano e invierno en la Patagonia. Estas variaciones no se observan en las mismas latitudes del Hemisferio Norte, pues faltan en verano los gradientes fuertes de temperatura y presión entre las zonas polar y subtropical: el albedo es menos fuerte porque durante esta estación disminuye mucho en el mar polar la capa de hielo y nieve y, la temperatura aumenta durante el día polar.

4.3.3.- El impacto agroecológico del viento

La importancia del viento en este medio, se manifiesta en dos aspectos. Los efectos mecánicos, causantes de daños directos y los efectos indirectos que afectan el desarrollo y la fisiología de la vegetación. Los primeros no sólo afectan a los vegetales, sino a todos los ámbitos del quehacer. Los valores máximos que alcanza este meteoro, puede arrancar los techos de las viviendas o plantas en suelos recién cultivados. Este efecto se nota también en todas las áreas precordilleranas de la Patagonia, por la forma encorvada de la copa de los árboles (árboles en bandera). En la ciudad los efectos del viento resultan muy peligrosos para el tránsito peatonal, por el efecto de venturi que provocan las calles y en éspecial los

grandes edificios como el de ENAP o el del Hotel Cabo de Hornos, aumentando aún más la velocidad del viento. En estos lugares en los meses de verano, las personas pueden caer al suelo debido a la fuerza que alcanza esta variable climática. El tránsito aéreo también se ve afectado, en especial los vuelos en helicópteros hacia y desde las plataformas petroleras en el estrecho de Magallanes.

Más importantes aún son los efectos ecológicos del viento. Los pasos de frentes están genéricamente asociados a una elevada nubosidad o poca insolación y a una baja velocidad del viento. Sin embargo, después de la fase de disipación de nubes, la insolación aumenta, incrementando con esto la velocidad del viento. Así, las temperaturas de las masas de aire autóctonas a nivel del suelo, se ven disminuidas por la introducción en los stands de la vegetación (árboles, arbustos o hierbas) del aire alóctono y frío subpolar. El aumento de la velocidad del viento produce también un aumento de la evaporación. Weischet (1968, 1978, 1985), mencionó lo desfavorable de esta combinación de insolación directa y viento a valores relativamente altos.

El viento alcanza su máximo hacia fines de la primavera, es decir en noviembre, cuando las condiciones de humedad en el suelo son todavía favorables y el crecimiento vegetacional está en su máximo, por lo que su impacto resulta especialmente nocivo.

Los daños en la vegetación pueden observarse en forma indirecta, especialmente en las hojas de las hortalizas, que presentan apariencia de "quemadas", causada por la extrema transpiración. Desde el punto de vista agroclimático, la reducción de la velocidad del viento tiene una importancia primordial para disminuir el daño en los cultivos de mayor demanda, producidos cerca de Punta Arenas, como papas, lechugas, coliflores, acelgas, zanahorias, etc. En un ensayo realizado en el Instituto de la Patagonia, durante el período vegetativo 1988/89 (Santana y Baeriswyl, 1989) se instaló un cortavientos constituido por una malla plástica con un 50% de porosidad. La instalación de esta cortina se efectuó en la dirección norte-sur, para proteger a los cultivos de los fuertes vientos principalmente del cuadrante oeste. Las reducciones de la velocidad, debido a la porosidad del cortavientos, quedó de manifiesto a la luz de los valores medios mensuales obtenidos para cada dirección. Los instrumentos de registro del viento, uno a cada lado del cortaviento, se instalaron a 80 cm s.n.s.

En los meses de diciembre, enero y febrero los promedios del oeste fueron los mayores, seguidos de los del noroeste. En el sotavento de la cortina, la reducción de la velocidad fue alrededor de la mitad para el oeste y de un tercio para el noroeste, respecto a las mediciones del barlovento. Los valores medios del suroeste, aunque muy inferiores a los promedios de las direcciones anteriores, también mostraron una disminución. Como es lógico, los vientos provenientes del este mostraron una reducción de la velocidad en el lado contrario del cortaviento. La reducción de las velocidades más fuertes del viento, causó variadas modificaciones en los demás parámetros microclimáticos, como en alzas en la temperatura y la humedad del lado protegido, entre otros. Estas condiciones favorecieron en gran medida a los cultivos reparados, lográndose un aumento de producción en peso de las lechugas, de un 42%, equivalente a un aumento de 22 Ton/há. En coliflores el aumento en peso fue de un 71,6% y en col china del 113%. Se obtuvieron otras ventajas adicionales, tales como una menor mortandad y marcada diferencia en la calidad de las cosechas, observándose que las plantas desprotegidas del viento, presentaron bordes quemados, hojas amarillentas y una presentación desmejorada. Esto implicó una menor aceptación comercial respecto al mejor aspecto de las plantas cultivadas tras el cortaviento. Sin embargo, una desventaja observada en el lado con protección fue la maleza, que al encontrarse en condiciones más favorables, también registró un aumento en su desarrollo.

5.- EL POTENCIAL NATURAL DE LA PA-TAGONIA DESDE EL PUNTO DE VISTA CLIMAECOLOGICO

5.1.- Distribución de la vegetación y su potencial pastoril

Un porcentaje importante de la superficie de la región se utiliza para fines agropecuarios. De los 13,2 millones de hectáreas que comprende la Región de Magallanes, alradedor de 3.5 millones,

correspondientes en su mayor parte a la estepa del oriente de la Patagonia, se utilizan para el pastoreo. Las comunidades vegetales más importantes y que ocupan cerca del 60% de esta área son:

- 1. Estepa natural de Coirón, con 17,5%
- Estepa con arbustos enanos de Mataverde y Coirón, con 14,1%
- 3. Estepa de arbustos enanos de Murtilla y Coirón, con 9,1%
- 4. Bosque de Lenga, con 8,0% y
- 5. Matorral de Murtilla, con 7,7%

Ya se describió en el punto 2.3 la distribución de estas comunidades en la región pero se entrega mayor detalle en el mapa de la Figura 14.

Desde el punto de vista agroecológico, el valor de pastoreo de una comunidad vegetal reviste la mayor importancia y se basa en el interés zootécnico de las especies animales, el recubrimiento total de la vegetación y la importancia de las plantas que la componen (Lara y Cruz, 1987). En este último aspecto, también son importantes la palatabilidad, digestibilidad y el porcentaje de proteína cruda. Según esto, solamente el 10% de las especies de la Patagonia, tienen valor en todos estos aspectos y más de la mitad del total, carece de valor en cualquiera de éstos. Las especies de valor más alto son introducidas, como Lolium perenne, Dactylis glomerata, Holcus lanatus, Avena sativa, Medicago sativa, Trifolium repens y Poa pratensis. Sin embargo, estas especies son de importancia solamente en el margen de la precordillera, donde se establecen después de talado el bosque de Lenga, ya que ahí encuentran la precipitación suficiente para su crecimiento.

La Tabla 3 muestra las comunidades vegetales introducidas y nativas del este de la Patagonia. Ahí se indica su valor pastoril medio y su potencial de carga animal. Se mencionan, además, las comunidades sin valor, como turbales y bosques, y también las de alto valor como las praderas sembradas (praderas artificiales). Las dos comunidades naturales más frecuentes al este de la Patagonia, la estepa de Coirón y la estepa de Coirón con matorral de Mataverde, tienen valores para pastoreo solamente regulares, es decir, de 0,75 a 1,25 ovejas há/año. Los valores más altos lo presentan las vegas, que son comunidades higrófitas que crecen en los lugares bajos. Se trata de valles formados durante la última glaciación

81

CODIGO	VALOR PASTORIL	CAPACIDAD DE CARGA (Nº de ovejas/há-año)	A TIPOS VEGETACIONALES SELECCIONADOS MAS IMPORTANTES DE LA PATAGONIA						
0)	1,13		Turberas de Turba colorada-Murtilla (Spagnum magellanicum, Empetrum rubrum)						
Sin valor Pastoril	3,37	0	Bosques de Coihue (Nothofagus betuloides)						
l)	7,75	0-0,25	Bosque de Lenga (Nothofagus pumilio)						
Valor pastoril muy bajo 5,87		0-0,23	Brezal de Murtilla (Empetrum rubrum)						
2) Valor pastoril	8,99	0,25-0,75	Comunidades de Murtilla-Coirón (Empetrum rubrum, Festuca gracillima)						
bajo	13,85		Praderas Naturales Degradadas de diversa composición						
(3)	17,80	Appropriate to the second	Pradera Natural de Coirón (Festuca gracillima)						
Valor pastoril	15,39		Comunidad de Mata verde-Coirón (Chiliotrichum diffusum, Festuca gracillima)						
medio	15,54	0,75-1,25	Matorral de Mata verde (Chiliotrichum diffusum)						
	16,22	(Fe	Comunidad de Coirón-Murtilla-Junquillo stuca gracillima, Empetrum rubrum, Marsippospermun (grandiflorum)						
(4)	27,83	A COUNTY OF THE PARTY OF	Bosque abierto de Lenga (Nothofagus pumilio)						
Valor pastoril bueno	25,42 33,52	1,25-1,75	Bosque de Ñirre (Nothofagus antarctica) Pradera sembrada de Pasto miel (Holcus lanatus)						
(5) Valor pastoril	34,28 29,46	1,75-2,25	Vega Pradera Natural de Junquillo (Marsippospermum grandiflorum)						
muy bueno	31,18	(47), emblida s emplica	Bosque abierto de Ñirre (Nothofagus antarctica)						
(6) Valor pastoril	or a carga an	areases dobtes	converse and againment of the state of the converse of the con						
excelente	46,61	2,25-2,75	Pradera sembrada de Pasto ovillo-Pasto miel-Trébol Dactylis glomerata, Holcus lanatus, Trifolium repens)						

Según Cruz y Lara 1987, p. 12-15 (simplificada)

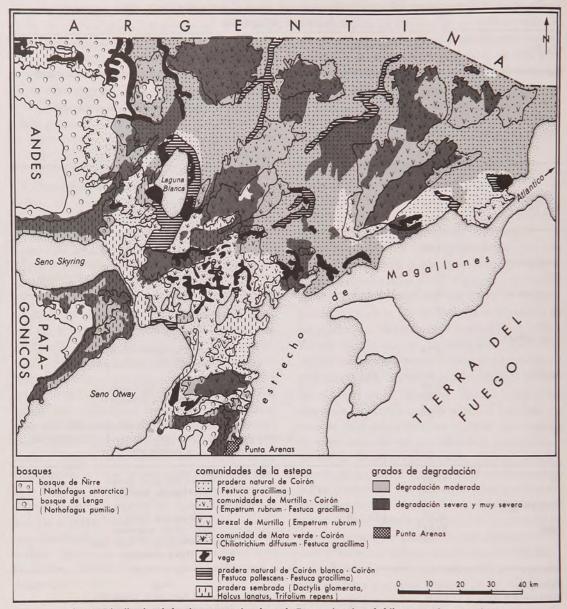


Fig. 14. Distribución de los tipos vegetacionales en la Patagonia oriental chilena y sus daños erosivos. Según Cruz y Lara (1987) y Lara y Cruz (1987), cambiado y simplificado.

u otras zonas bajas en morrenas basales y terminales. Estas no son significativas respecto a la superficie que ocupan, pero son importantes reservas de pasto durante los períodos de sequía. En las zonas abiertas por talado o incendios del bosque, directamente al sotavento de la Cordillera, el valor pastoril va de bueno a muy bueno, ya que allí, la condición de la precipitación y la protección contra los vientos fuertes, es todavía favo-

rable. Esto permite una carga animal equivalente al doble respecto a la de la estepa. La transformación de estas zonas en praderas artificiales, fue la principal razón de la fuerte presión que se ejerció, hasta hace algunas décadas, sobre los bosques de la precordillera entre Punta Arenas y Puerto Natales (1). En cambio, los conjuntos degradados de estepa, o sea, comunidades de Coirón-Murtilla y arbustos enanos, tienen un valor

pastoril de bajo a muy bajo. En el caso más desfavorable, la vegetación está constituida por una comunidad de Murtilla compuesta únicamente de *Empetrum rubrum*, como indicador de la degradación.

5.2. Degradación del paisaje y erosión del suelo

Desde un punto de vista regional y local, el viento como factor ecológico también es importante para el uso pastoril de la estepa patagónica. Regionalmente, el sotavento protegido de la cordillera es una zona ecológicamente favorecida, en comparación con la estepa descubierta del oriente de la Patagonia, razón por la cual, existe una presión tan fuerte sobre los relictos de bosque. Sin embargo, el relieve más abrupto y las precipitaciones más elevadas causan daños de erosión por agua. Al este de la Patagonia, la deflación por el viento es más importante que la erosión por agua, sumándose a esto la escasa precipitación de sólo 200 a 300 mm /año. Los problemas más graves ocurren en el verano cuando se suman el máximo de velocidad del viento y la prolongada insolación. Por otra parte, el material edáfico de la morrenas es muy suelto y contiene un alto porcentaje de arena, causando graves daños por deflación durante los meses de octubre, noviembre y diciembre. Según Cruz y Lara (1987), la provincia de Magallanes, con sus 1.352.730 há de uso agropecuario, muestra un 62,3% con daños erosivos moderados, severos y muy severos (2). En el este de la Patagonia, las zonas con daños muy severos muestran la formación de pavimentos de piedra.

No obstante, el problema del viento tiene aspectos locales. Las colinas morrénicas de la Patagonia se ubican en un complejo ecológico donde deben tomarse en cuenta factores como el relie-

- (1) A partir de 1965 en la precordillera se ha incrementado la dotación bovina hasta prácticamente triplicar la cifra de 46.000 cabezas contadas en el censo agropecuario de aquel año. Este incremento se ha desarrollado sobre la base del aprovechamiento de los pastizales más que de la reducción del bosque.
- (2) La cifra dada corresponde a la superficie de uso agropecuario considerada por estos autores para su estudio. Como información general que debe tenerse en cuenta por el lector se señala que el ecumene agro-ganadero de la Región de Magallanes es de unos 4.200.000 hectáreas.

ve, la exposición, la pendiente, el balance hídrido y el uso por pastoreo. Muchas veces las cumbres de las colinas están casi sin vegetación. Las laderas con exposición sur están más expuestas al viento, razón por la cual, los animales las evitan y la cobertura vegetal es más densa. Las depresiones son los lugares más favorecidos, puesto que tienen un balance hídrico mejor y gozan de una mejor protección contra el viento. Por el contrario, las laderas con exposición al norte están más comprometidas, por estar mejor asoleadas y en consecuencia más secas y relativamente protegidas de los vientos fríos del sur. Estos son los lugares favoritos para las ovejas y son éstas las zonas que muestran muchas veces los mayores signos de sobrepastoreo.

CONCLUSIONES

Las condiciones climáticas en el marco ecológico de la Patagonia, revisten la mayor importancia. En efecto, durante todo el año las condiciones del tiempo dependen, por un lado, de la circulación atmosférica de componente oeste con su acento antártico e influenciada por las condiciones del hemisferio marítimo y por otro, de la peculiar orografía regional. La cordillera de los Andes, en sus secciones Patagónica y Fueguina, provocan un marcado efecto de Foehn, afectando principalmente a la distribución de las precipitaciones y en menor grado al viento y là temperatura. Este Foehn actúa eficazmente en la precipitación durante todo el año, incluso con las circulaciones de componente sur.

Estos factores causan enormes diferencias en el medio ambiente entre el este y el oeste de la Patagonia e incluso entre localidades espacialmente muy cercanas. No se encuentran en muchas partes del mundo fenómenos de esta magnitud, presentándose una situación similar en Nueva Zelanda.

Las diferencias de precipitaciones, de temperaturas y de intensidad del viento, entre el occidente y el oriente de la Patagonia, afectan de distinta manera a uno y otro sector. En la costa occidental, las abundantes precipitaciones, el fuerte viento y los valores alcanzados por las demás variables climáticas, han contribuído a impedir el establecimiento permanente de población. Al oriente en cambio, el clima influye principal-

mente en la estepa patagónica, cuando ésta se ve afectada por los vientos fuertes habituales de primavera y verano. Estos ponen en una situación de stress extremo a la biomasa, la cual, además de la escasa precipitación que recibe, muchas veces se ve afectada por el sobrepastoreo, situación que se torna aún más crítica en los años de sequía. Por el contrario, los años con mucha nieve, aunque significan buena reserva hídrica para los períodos críticos de primavera y verano, han ocasionado grandes mortandades de ganado.

Por su parte, los efectos de la temperatura se muestran principalmente en la limitación del desarrollo de cultivos hortícolas, restringidos solamente a áreas más o menos cercanas a la costa, y aún así, existiendo el riesgo de daños causados por heladas tardías y/o precoces, durante el período vegetativo. Hacia el interior de la región, la amplitud térmica aumenta, incrementándose la frecuencia de temperaturas bajo cero grados durante la época entre siembra y cosecha, haciendo más difícil el desarrollo de estos cultivos.

Sin embargo, el elemento ecoclimático más importante y el que afecta más intensamente el potencial natural de la región es el viento. La Patagonia en general se ve afectada por los vientos de componente oeste, noroeste y suroeste principalmente, los cuales, al aumentar en intensidad hacia el este de la región en forma proporcional a la distancia del eje cordillerano, afectan más severamente a la estepa patagónica. Los promedios son máximos en noviembre y esto influye negativamente en la vegetación, la que se encuentra en su máximo desarrollo en este período. Sin embargo, una disminución de la velocidad del viento, mediante el uso de reparos naturales o artificiales, causa una disminución de los daños por este meteoro, con el consiguiente beneficio que esto significa para el buen desarrollo de las plantas.

Como consecuencia de todo esto, en la Patagonia se produce una restricción del espacio vital sobre un margen muy estrecho al sotavento de los Andes. En estas áreas existe una fuerte presión sobre el bosque relicto causada por incendios o tala, para formar praderas artificiales, ya que en esa zona el valor pastoril es más alto que el de la estepa.

Los graves daños erosivos, al oriente de la Patagonia, causados principalmente por deflación, se ven acrecentados por sobrepastoreo debido a la falta de adaptación del número de animales a las variaciones de la precipitación de un año a otro, es decir, la disminución de la carga animal en período de sequía.

Finalmente, queda en evidencia la carencia de un conocimiento más detallado de las estrechas relaciones ecológicas entre los elementos climáticos y el desarrollo de la vegetación natural, como así también, en los cultivos hortícolas en las cercanías de las costa y lugares más densamente poblados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las siguientes personas e Instituciones que colaboraron al enriquecimiento de este artículo:

- A la Dewtsche Forschungs Gemeinschaft (D.F.G.), por el apoyo financiero.
- Al Ing. Sr. Claudio Pérez del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA.
- Al Ing. Sr. Víctor Bacón de la Dirección General de Aguas, DGA.
- Al Meteorólogo don Manuel Soler R.
- Al Profesor Mateo Martinic B. del Area de Historia del Instituto de la Patagonia.
- Al Profesor Edmundo Pisano V. del Area de Biología y director del Instituto de la Patagonia.

LITERATURA CITADA

- AUER, V. 1965. The Pleistocene of Fuego-Patagonia. Part IV. Bog Profiles. Ann. Acad. Sci. Fennicae, A. III, 80.
- BROWN, D. y L. E. MOUNT 1987 Convective and radiative component of wind-chill on sheep: estimation from meteorological recors. *International J. of Biometeorology*. 31: 161-179.
- BURGOS, J. J. 1985. Clima del Extremo Sur de Sudamerica. En: D. Boelcke, M. Moore y F. A. Roing. *Transecta Botanica de la* Patagonia Austral. Buenos Aires, pág. 10-40.

- CRUZ M., G. y A. LARA A. 1987. Evaluación de la Erosión del área de uso agropecuario de la XII Región, Magallanes y Antártica Chilena. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)*, Santiago: 20 pp.
- DEVYNCK, J. E. 1972/73. Frentes de masas de aire de Invierno en las zonas central y sur de Chile. *Cuadernos Geográficos del Sur*. Concepción, Chile. 2: 5-38.
- ENDLICHER, W. 1983. Zur Witterungsklimatologie der Winterregen-Subtropen Chiles. Erkunde. 37:258-268.
- FLOHN, H. 1950 Grundzüge der allgemeinen atmospharischen Zirkulation auf der Südhalbkugel. Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, Serie A: Meteorologie und Geophysik (Wien). Vol. II: 17-64.
- FREDERIKSEN, P. 1988. Soils in Tierra del Fuego. A Satellite-based Land Survey Approach. Folia Geographica Danica Tom. XVIII, Kobenhavn, 159 pp.
- JONES, P. D., S. C. RAPER y T. M. L. WIGLEY 1986. Southern Hemisphere surface air temperature variation: 1851-1984. Jour, Clim. & Applied Meteorology. 25, 9: 1213-1230.
- LAMB, H.H. 1959. The sourthern westerlies: a preliminary survey; main characteristic and apparent associations. *Quaterly J. of the Royal Meteorol. Society* (London) 85: 1-23.
- LARA A., A. y G. CRUZ M. 1987. Evaluación del potencial de pastoreo del área de uso agropecuario de la XII Región, Magallanes y Antártica Chilena. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santiago 24 pp.
- LISS, C. CH. 1979. Die Besiedlung und Landnutzung Ostpatagoniens unter besonderer Berücksichtigung der Schafestancien. Göttinger Geogr. Abh. Bd. 73:240.

- MARABINI, P. 1904. Observatorio meteorológico del Colegio «San José» de Punta Arenas, Magallanes (Chile) 70°54'22"09 W-53°09'43"87 S, 21 m.s.n.m., 12 m.s.n.s., Resumen de las observaciones de quince años. (1888-1902). 55 pp.
- MARABINI, P. 1909\. Observatorio del Colejio Salesiano de Punta Arenas de Magallanes (Chile). Resumen de las observaciones de veinte años (1888-1907). Santiago. 59 pp.
- MARTINIC B., M. 1975. La crianza de ovejas en Magallanes antes de 1877. Anuario Corriedale de Magallanes, Punta Arenas (Chile), pp. 27-29.
- MILLER, A. 1976. The Clima of Chile. En: W. Schwerdtfeger, Climates of Central and South American. World Survey of Climatology. Vol. 12, New York.
- NEWTON, CH. W. 1972. Meteorology of the Southern hemisphere. *Meteorol. Monographs*. Vol. 13 N° 35, Boston.
- OJEDA C., R. 1966. Breve ensayo sobre el clima y la dinámica de Punta Arenas. (mimeo.). FACH, 33 pág.
- PISANO V., E. 1977. Fitogeografía de Fuego Patagonia Chilena. I.- Comunidades vegetales entre las latitudes 52° y 56° S. ANS. INST. PAT., Punta Arenas (Chile) 8: 121-250.
- PISANO V., E. 1981. Bosquejo Fitogeográfico de Fuego-Patagonia. ANS. INST. PAT., Punta Arenas (Chile) 12: 159-171.
- PISANO V., E. 1983. The Magellanic Tundra Complex. En: A.J.P. Gore. *Mires:* Swamp, Bog, Fen and Moor, B. Regional Studies, Amsterdam, pp 295-329.
- RE, JOSE S.S. 1920 . El clima de Punta Arenas. 32 años de observaciones meteorológicas (1888-1918) Observatorio Meteorológico José Fagnano. Punta Arenas. Chile. 89 pp.

- RE, JOSE S.S. 1945. El clima de Punta Arenas. 21 años de observaciones meteorológicas (1919-1940) Observatorio meteorológico José Fagnano. Punta Arenas. (Chile). 132 pp.
- RUZ, E. 1987. Explotación agrícola de praderas naturales: El caso de Magallanes.

 Anuario Corriedale (Punta Arenas)
 1987: 87-94.
- SANTANA A., A. y F. BAERISWYL R. 1989. Los efectos del viento en los cultivos de Magallanes «Proyecto F3-01G-88» (UMAG). Inf. Inst. Pat. (en preparación)
- SCHMITHUSEN, J. 1955. Die Grenzen der chilenischen Vegetationsgebiete. Tagungsber. u. wiss. Abh. Deutscher Geographentag Essen 1953. Wiesbaden, pp 101-108.
- SEIBERT, P. 1987. Okologische Bewertung und Bewertung des Landnutzungspotentials nach naturraumlichen Einheiten in der Transecta Botanica de la Patagonia Austral. Erdkunde. 41: 226-240.
- SKOTTSBERG, C. 1910. Übersicht über die whichtigsten Pflanzenformationen Süda merikas südlich von 41 S. ihre geographische Verbreitung und Beziehung zum Klima. K. Svenka Vetensk Akad. Handl. 46 (3): 1-28.
- STURMAN, A.P. 1979. Aspects of the synoptic climatology of Southern South Ameria and the Antarctic Península. *Weather* (London) 34: 23—24.
- TALJAARD, J.J. 1968. Climatic Frontal zones of the Southern Hemisphere. *Notos* 17: 23-24.
- TALJAARD, J.J. 1969. Air masses of the Southern Hemisphere. *Notos* 18: 79-104.
- TALJAARD, J. J. 1972. Synoptic meteorology of the southern hemisphere. En: Newton, Ch.W. Meteorology of the southern hemisphere. Meteorol. Monographs. Vol. 13, N° 35, Boston.

- VAN LOON, H. 1974. A description of the geostrophic wind in the Southern Hemisphere. Bonner Meteorologische Abhandlungen, H. 17: 223-237.
- VAN LOON, H. y J.C. ROGERS 1984. Interannual variations in the half yearly cycle of pressure gradient and zonal wind at sea level. *Tellus 36:* 76-86.
- WEISCHET, W. 1968. Die thermische Ungust der sudhemisphärichen Hohen Mittelbreiten im Sommer im Lichte neuer dynamisch-klimatologischer Untersuchungen. Regio Basiliensis 9: 170-189.
- WEISCHET, W. 1978. Die ökologisch wichtigen Charakteristika der kuhlgemassigten Zone Sudamerikas mit vergleichenden Anmerkungen zu den tropischen Hochgebirgen. In: Troll y Lauer (Hrsg.) Geoökologische Beziehungen zwischen der temperierten Zone der Südhalbkugel und den Tropengebirgen. Erdwissenschaftliche Forschung. Vol. XI, Wiesbaden: 55-280.
- WEISCHET, W. 1985. Climatic Constraints for the Development of the Far South of Latin America. *GeoJournal* 11: 79-87.
- ZAMORA M. E. 1977. Resumen Meteorológico 1972-1977 Estación «Jorge C. Schythe», Instituto de la Patagonia. Ans. Inst. Pat. Punta Arenas (Chile) 8: 391-399.
- ZAMORA M., E. y A. SANTANA A. 1979. Características climáticas de la costa occidental en la Patagonia entre las latitudes 46°40' y 56°30' S. Ans. Inst. Pat. Punta Arenas (Chile) 10: 109-144.
- ZAMORA M., E. y A. SANTANA A. 1979.
 Oscilaciones y tendencias térmicas en
 Punta Arenas entre 1888 y 1979. Ans.
 Inst. Pat. Punta Arenas (Chile) 10: 145154.
- ZAMORA M., E. y A. SANTANA A. 1981. Informe final proyecto Característica climáticas del área central de la Provincia de Magallanes, XII Región. *Inf. Inst. Pat.* 100 pp.