

POSIBLES EFECTOS DEL CAMBIO CLIMATICO GLOBAL EN AREAS DIFERENCIADAS EN LA CUENCA DE RÍO TURBIO (CHUBUT-ARGENTINA)

PROBABLE IMPACTS OF THE GLOBAL CLIMATIC CHANGE IN DIFFERENT AREAS
OF THE RIO TURBIO BASIN, CHUBUT, ARGENTINA

OLGA E. SCARPATI*# Y A. M. FAGGI*

*CEFYO-CONICET, Serrano 669, 1414 Buenos Aires, Argentina

Fac. Humanidades y Ciencias de la Educación UNLP, Argentina

RESUMEN

La cuenca del río Turbio (Chubut, Argentina) está ubicada en la zona andino-patagónica y la vegetación dominante es el bosque mixto de coihue (*Nothofagus dombeyi*) y ciprés (*Austrocedrus chilensis*).

Algo más del 10 % de su superficie tiene uso potencial productivo (agrícola-ganadero, silvopastoreo, explotación de bosque nativo y forestación).

Su clima presenta un régimen de precipitaciones y temperaturas que por la ubicación del valle y su escasa altura, son superiores al resto de la zona. Sin embargo, existe riesgo de heladas durante todo el año.

Se ha caracterizado al área topoclimáticamente a presente y futuro, aplicando la metodología de Enders (1979), de gran utilidad en lugares con insuficiente densidad de estaciones meteorológicas.

Para ello se determinaron altitud, pendiente, temperatura media mensual, radiación media mensual, precipitación

media mensual y balance hidrológico mensual para unidades de 0,16 km², que fueron volcadas en cartas a escala 1:50.000. Con las modificaciones climáticas esperadas, como consecuencia del eventual Cambio Global, para el año 2030 se confeccionaron nuevas cartas según proyección de tendencias actuales. Como consecuencia es posible esperar un avance del bosque de lenga (*Nothofagus pumilio*), del valdiviano siempreverde y nuevas condiciones para el establecimiento de praderas y cultivos intensivos.

SUMMARY

The basin of the Turbio River in Chubut, Argentina, is located at the Andean-Patagonic zone and the predominant vegetation is the "coihue" (Nothofagus dombeyi) and "ciprés" (Austrocedrus chilensis) mixed forest. Most than 10% of its surface has potential productive use (agriculture, cattle raising, silviculture, exploitation of the native forest, and,

forestation). The precipitation and temperature regimes owing to the location of the valley and its low altitude are higher than in the remaining zone. Nevertheless, the frost danger looms the entire year.

*The area has been topo-climatically characterized presently and in the future applying Enders' methodology (1979) so useful for locations with insufficient meteorological stations. The task was accomplished determining altitude, slope, monthly mean temperature, monthly mean radiation, monthly mean precipitation, and, monthly water balance for units of 0.16 km², then written down in charts at 1:50.000 scale. With the expected climatic modifications resulting from the eventual global change, new charts were made for the year 2030 following the projection of present trends. Consequently, it is possible to expect an advance of the lenga (*Nothofagus pumilio*) forest, of the evergreen Valdivian forest, and, new conditions for the establishment of prairies and intensive cultivation.*

INTRODUCCIÓN

En trabajos anteriores, Scarpati (1997) y Scarpati & Faggi (1996) se ha destacado la importancia que la comunidad científica internacional, a través de múltiples reuniones, le asignó al previsible aumento de la temperatura media del aire, para la primera mitad del próximo siglo, debido al incremento de las concentraciones de algunos gases específicos en la atmósfera. Los esfuerzos futuros en investigación deberían concentrarse en los problemas del impacto del calentamiento global en los climas regionales y en las conse-

cuencias que se producirían en las actividades humanas.

Nuevamente, en 1994, la WMO enfatizó la importancia de estudios mesoclimáticos dado que los modelos de circulación general de la atmósfera para el cambio global no alcanzan la necesaria resolución para explicar los cambios regionales que se prevén. Los estudios de climas regionales y del posible impacto de Cambio Climático Global y la diferente vulnerabilidad de la vegetación al mismo han cobrado suma importancia. Encontrar las respuestas a preguntas tales como ¿cuál es el estado actual de nuestro conocimiento?, ¿cuál/cuáles son los factores y procesos que rigen las respuestas de los ecosistemas y organismos?, es de primordial importancia.

En Argentina existen distintas regiones fitogeográficas en las cuales es interesante analizar los posibles efectos del Cambio Global. Este estudio en la cuenca del Río Turbio, Chubut, se ha realizado sobre la base de un inventario de comunidades presentes en el área (Seibert, 1982, Faggi, 1994 y Faggi, 1996).

En primer término, a través del topoclima se definieron las características climáticas actuales, para proceder luego a considerar la incidencia del Cambio Global tanto en los principales elementos climáticos como en los parámetros de vegetación.

La zona está dominada por el bosque mixto de coihue (*Nothofagus dombeyi*) y ciprés (*Austrocedrus chilensis*), comunidad característica entre 200 y 1.100 m s.m., sobre suelos bien desarrollados y drenados y con valores de precipitación

media anual de 1.500 mm (Cordon *et al.*, 1993). El bosque mixto con especies valdivianas que se extiende en el NW del Parque, cerca de la frontera con Chile, obedece a un mayor régimen pluvial que sobrepasa los 1.750 mm anuales. Presenta un grupo de especies características como *Persea lingue* (lingue), *Aextoxicon punctatum* (olivillo), *Eucraphia cordifolia* (ulmo), *Dasiphylllum diacanthoides* (palo santo), *Weinmannia trichosperma* (tíneo), *Caldcluvia paniculata* (tiaca), *Griselinia scandens* (yelmo), entre otras, y mayor participación de fanerófitas, helechos, criptógamas y epífitas. Los componentes caméfitos, hemicriptófitos y terófitos (Villagrán, 1980, Faggi y Cagnoni, 1995) se hallan menos representados. Constituye una variante empobrecida del bosque lluvioso valdiviano que se extiende en Chile a partir de los 37° S, desde el nivel del mar hasta los 1.000 m de altitud, gracias a las abundantes precipitaciones allí reinantes (2.000 a 4.500 mm) y a temperaturas de verano relativamente altas, que favorecen un mayor crecimiento del bosque (Grau, 1992). Por encima de los 1.100 m el bosque mixto es reemplazado por el de lenga (*Nothofagus pumilio*), una especie caducifolia adaptada a las bajas temperaturas. Forma un bosque monoespecífico en el estrato arbóreo, con un escaso estrato arbustivo y herbáceo que se desarrolla hasta los 1.500 m s.m y con un rango de precipitación media anual, que en el área en estudio, varía de 1.500 2.000 mm (Cordon *et al.*, 1993).

Existen varias comunidades edáficas entre las cuales la más extendida es el bosque puro de ciprés asociado a suelos muy pedregosos.

MATERIAL Y MÉTODO

Para el estudio topoclimático se siguió el método de Enders (1979), que como se señaló, es de gran utilidad en lugares con insuficiente densidad de estaciones meteorológicas. Dicha metodología permite conocer parámetros de relieve y clima y ya ha sido aplicada con diferentes objetivos en el país (Scarpati y Faggi, 1993 a y b). Se utilizaron las cartas topográficas Lago Puelo (42° a 42° 10' S y 71° 45' a 71° 30' W) y Río Turbio (42° 10' a 42° 20' S y 71° 45' a 71° 30' W) ambas a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar. El área estudiada se subdividió en unidades de malla cuadrada, de 400 m de lado, según coordenadas de Gauss-Krüger, lo que permitió su ubicación y ordenamiento con facilidad. Se consideraron un total de 4.344 cuadrículas. Para cada unidad de grilla se calcularon distintos parámetros topográficos (orientación, pendiente, altura) y climáticos (temperatura media mensual, radiación media global, balance hidrológico). Se usaron los datos climáticos para el período 1951-1990 de estaciones meteorológicas cercanas al área en estudio: Bariloche AERO (41° 09' S; 71° 10' W, 840 m), El Bolsón (41° 56' S; 71° 33' W, 310 m), Esquel AERO (42° 54' S, 71° 09' W, 785 m) y Lago Argentino (50° 20' S, 72° 18' W, 222 m).

Se utilizó la distribución de pendientes según las categorías del Soil Survey Manual (USA, 1951).

Para el cálculo de la temperatura media mensual se trabajó con el gradiente vertical mediano de De Fina (1992).

La radiación global media se calculó por medio del modelo de Duffie y

Beckman (1980), donde para cada unidad de grilla se consideró el grado de pendiente y su orientación.

La precipitación media anual fue obtenida de Cordon *et al.* (1993) y se utilizó Thornthwaite-Mather (1955) para el balance hidrológico. La precipitación relativa mensual se obtuvo de la estación más cercana del Servicio Meteorológico Nacional y también fue corroborada con Cordon *et al.* (1993).

Para estimar el posible Cambio Climático Global que se puede esperar para el año 2.030 se calculó la tendencia de la temperatura mensual por correlación lineal con los registros medios mensuales desde 1955 hasta principios de 1995 para las estaciones San Carlos de Bariloche, Esquel y Lago Argentino (Scarpatti y Faggi, 1996).

La tendencia de la precipitación se calculó con los datos mensuales de las estaciones Bariloche AERO y Esquel AERO, las cuales fueron elegidas por su cercanía a la zona en estudio y por contar con datos mensuales actuales. Se calcularon las tendencias mediante una ecuación de cuarto grado y los promedios móviles cada diez años para los semestres frío y cálido. Las tendencias anuales se extractaron de Quintela *et al.* (1996).

El comportamiento de las especies respecto de las variables climáticas se extrae de la información existente en la bibliografía para Argentina y Chile (Villagrán, 1980; Dezzotti y Sancholuz, 1991; San Martín *et al.*, 1991; Faggi, 1994; Faggi *et al.*, 1995; Roig, 1995; Scarpatti y Faggi, 1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características topoclimatológicas actuales

En el área correspondiente a la carta Río Turbio se analizaron 2.169 cuadrículas. En un 70 % predominan alturas medias entre 700 y 1.700 m, pendientes entre 9° y 44° (80 %); prevalecen las solanas: direcciones al norte (N,NW,NE) con un 44 % siguiendo en importancia las orientaciones E. En el sector norte, que corresponde a la carta topográfica Lago Puelo se analizaron 2.175 cuadrículas. Aquí las alturas medias predominantes (80 %) son las de 240 a 1.240 m, el 70 % de las pendientes se ubica en el rango entre 9° y 29° con mayores orientaciones al E (34 %) y un aumento de las umbrías (30 %).

La radiación global media de enero oscila entre 400 y 1.100 MJ/m². Los valores más altos están ubicados bordeando el lago por el este y el oeste y hacia la frontera con Chile, encontrándose los más bajos en el NW de las dos cartas estudiadas.

La temperatura media del aire del mes de enero varía entre 8° y 18° C, en julio entre -2° C y 4,9° C.

Los valores de precipitación media anual tienen distribución altitudinal y longitudinal, los mismos varían entre 1.000 mm al E hasta 3.000 mm en el W (Cordon *et al.*, 1993). El régimen de precipitaciones es mediterráneo, el mes más lluvioso es mayo y la menor precipitación se registra en febrero. Durante el período de octubre a marzo cae el 21 % del total de precipitaciones.

La deficiencia de agua en el suelo en el mes de enero puede superar los 60 mm, aunque los valores más comunes oscilan entre 20-50 mm. En la actualidad la única zona sin deficiencia se encuentra en el NW de la carta Lago Puelo.

Se analizó en forma detallada tres áreas de alguna manera contrapuestas:

1.- Una situada al NE de la carta Lago Puelo (437 cuadrículas), con un 60 % de superficie llana, sin orientación predominante. El 88 % del área presenta alturas medias entre 180 y 580 m y el 35 % tiene pendiente entre 4,9° y 29,9°. Corresponde al sector dedicado a agricultura, fruticultura y horticultura del valle de Epuyén, que es la zona más densamente poblada.

2.- La segunda área está localizada en el NW (380 cuadrículas), es montañosa, el 66 % de la misma tiene alturas medias entre 1.093 y 1.692. Esto determina que las tierras no sean aptas para la agricultura dado que sólo el 5,5 % es plano. El 65 % de la zona presenta pendientes entre 9,9° y 44°. Predominan orientaciones con componentes S y E (43, 5 % y 40,3 % respectivamente). Dadas las

características inhóspitas reinantes no hay casi asentamientos humanos.

3.- La tercer área corresponde al Parque y Reserva Nacional Lago Puelo, bajo protección desde 1937. En el Parque y Reserva predominan alturas entre 243 y 842 m s.m. en un 55 % de los casos. La altitud oscila entre 199 m del espejo de agua del lago hasta 1.872 m, punto más alto del Cordón Derrumbe.

No hay una dirección de pendiente predominante. Mientras que el relieve plano alcanza un 7,8 %, encontramos que en un 35,3 % de los casos prevalecen las direcciones al norte (N,NW,NE) y en un 33,6 % al sur (S,SE,SW). En cuanto a la inclinación de la pendiente el rango de 9,9° a 29,9° (pendiente moderadamente escarpada y escarpada) es el más representado (69,5%).

La Tabla 1 ilustra las características climáticas de dichos sectores.

En la Figura 1, que detalla la situación actual y futura, se observan los pisos de vegetación y sus valores de temperatura media de enero y julio definitorios.

Tabla 1. Parámetros climáticos actuales
Table 1. Current climatic data

	Parque	NW L.Puelo	NE L.Puelo
Temperatura media julio (° C)	4,9 y (-2)	3 y (-1,8)	4,3 y 2
Temperatura media enero (° C)	18 y 8	15,5 y 8,5	17,5 y 14
Precipitación media anual (mm)	2.250-1.250	2.649-1.749	1.500-1.250
Exceso medio anual (mm)	1.740-980	2.220-1.230	1.000-770
Deficiencia media de enero (mm)	20-50	0-40	30-60

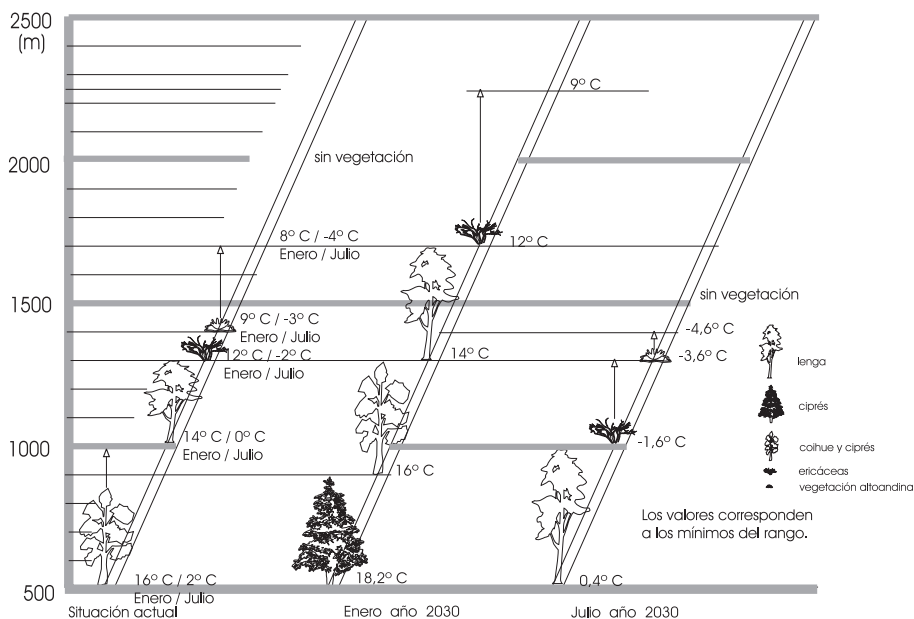


Figura 1. Pisos de vegetación y sus valores de temperatura media en enero y julio actuales y para el año 2030

Figure 1. Vegetation belts and their mean temperature values for January and July presently and for the year 2030

Probables cambios climáticos en el futuro

En Scarpati y Faggi (1996) se analizaron las tendencias que parecieran seguir las temperaturas medias mensuales y la precipitación media anual. Si éstas se mantuvieran, es posible esperar para el año 2030 temperaturas superiores a las actuales en el período estival. Así el registro de enero superaría al actual en 2° C. Las

temperaturas de enero oscilarían entre 10° y 20°C. En julio se prevería una disminución de 1,6° C. El rango de temperaturas de julio variaría entre -5,5° C y 2,9° C. Por otro lado, la precipitación experimentaría un incremento cercano al 20%.

En la Tabla 2 se pueden observar los nuevos rangos de parámetros climáticos a esperar ante el cambio global.

Tabla 2. Parámetros climáticos para el año 2030
Table 2. Climatic data for 2030

	Parque y Reserva	NW L.Puelo	NEL.Puelo
Temperatura media julio (° C)	2,9 y (-4)	0.8 y (-5)	0.5 y (-1.9)
Temperatura media enero (° C)	20 y 10	17,5 y 11	19,5 y 16
Precipitación media anual (mm)	2.700-1.800	3.180-2.100	1.800-1.500
Exceso medio anual (mm)	2.700-1.260	2.760-1.500	1.300-1.006
Deficiencia media anual (mm)	0-<60	0-40	30-70



Figura 2a. Deficiencia media de agua actual en el suelo en enero para el Parque y Reserva
 Figure 2a: Present January mean soil water deficit for the Park and Reserve

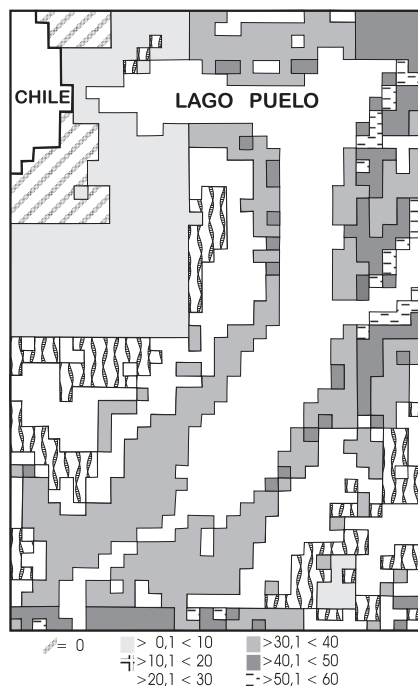


Figura 2b. Deficiencia media de agua en el suelo en enero para el año 2030 para el Parque y Reserva
 Figure 2b. January mean soil water deficit for the Park and Reserve for the year 2030

En las Figuras 2a y 2b se muestran las deficiencias medias de agua en el suelo en condiciones climáticas actuales y futuras en el Parque. Lo mismo se observa en las Figuras 3a y 3b para la región NW en estudio y en las Figuras 4a y 4b para el sector NE.

Es de destacar, que si se produce una disminución de la temperatura de invierno, dada la latitud y altitud de la zona, aumentaría la cantidad de nieve y habría mayor humedad del suelo en primavera. El aumento de la temperatura estival incrementaría los valores de evapotranspiración. Sin embargo en algunas

áreas, esto sería contrarrestado por el aumento de la precipitación. Así aumentaría el área sin deficiencia en enero en el sector NW y NE del Parque y Reserva. En el resto del área las deficiencias serían en general nulas o menores, sólo habría aumentos en el sector NE.

Consecuencia del posible Cambio Climático Global

Es difícil vaticinar las vegetación potencial futura ya que se desconoce con exactitud la amplitud ecológica de las especies del bosque.

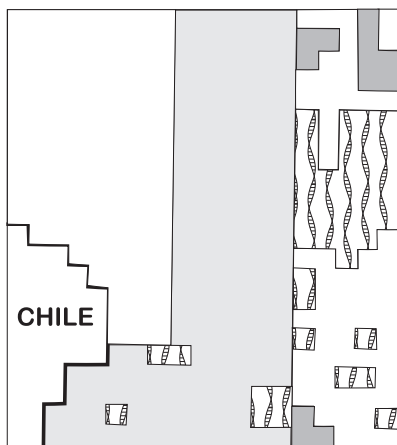


Fig. 3a

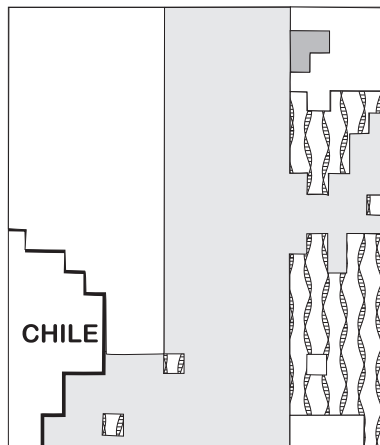


Fig. 3b

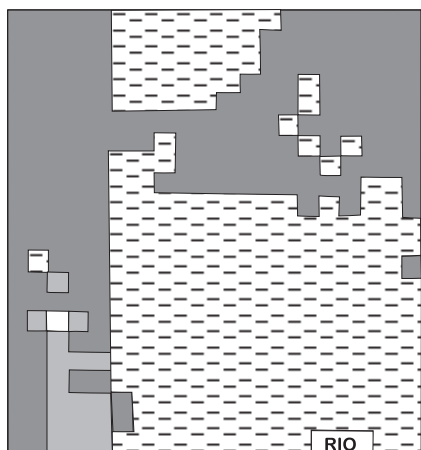


Fig. 4a

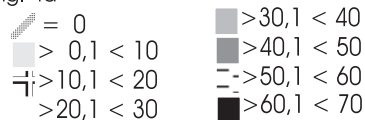


Figura 3a. Deficiencia media de agua actual en el suelo en enero para el sector NW

Figure 3a. Present January mean soil water deficit for the NW region

Figura 3b. Deficiencia media de agua en el suelo en enero para del año 2030 para el sector NW

Figure 3b. January mean soil water deficit for the NW region, 2030

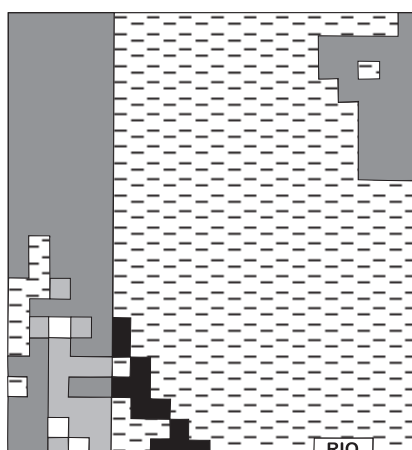


Fig. 4b

Figura 4a. Deficiencia media de agua actual en el suelo en enero para el sector NE

Figure 4. Present January mean soil water deficit for the NE region

Figura 4b. Deficiencia media de agua en el suelo en enero para del año 2030 para el sector NE

Figure 4b. January mean soil water deficit for the NE region, 2030

En áreas montañosas como la estudiada al NW de Lago Puelo, se extenderían los pastizales andinos y comunidades de caméfitas. A menor altitud la falta y/o menor deficiencia de agua en el suelo permitiría una mayor participación a la actual de componentes higrófilos en el bosque, tales como *Pseudopanax laetevirens*, *Escallonia rubra*, *Chusquea culeou*, *Myrceugenia exsucca*, *Luma apiculata*, enredaderas como *Mitraria coccinea* y helechos como *Polypodium feuillei*.

Ante las nuevas condiciones climáticas probables, en el norte del Parque Nacional, el bosque mixto con especies valdivianas incrementaría su superficie potencial. En la desembocadura de río Turbio se darían las condiciones para un bosque de turbera con *Pilgerodendron uviferum* (ten), *Fitzroya cupressoides* (alerce), *Saxegothea conspicua* (maniú hembra) y *Weinmannia trichosperma* (tineo). En el sector dedicado a cultivos intensivos el Cambio Global podría afectar la disponibilidad de agua estival de algunos cultivos. Las condiciones climáticas serían más continentales y se incrementaría el efecto de las heladas, por lo cual habría que recurrir a la implementación de riego y a cultivos bajo cubierta, en especial para los de cosecha anticipada.

CONCLUSIONES

En la mayor parte del área el Cambio Climático Global favorecería la expansión potencial del bosque de lenga, hoy medianamente representado. Tanto en el bosque mixto de coihue y ciprés como en

el mixto con especies valdivianas, podrían aumentar las especies con mayores requerimientos de humedad.

El sector noreste, dedicado a un uso intensivo, se vería afectado por una mayor incidencia de las heladas y por eventuales sequías estivales.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras quieren expresar su agradecimiento por la ayuda suministrada en el análisis computacional de la información al Sr. Alberto D. Capriolo.

BIBLIOGRAFÍA

- CORDON, V.H., J.C. FORQUERA y J. GASTIAZORO, 1993. Estudio microclimático del área cordillerana del sudoeste de la provincia de Río Negro. ("Cartas de precipitación"). Univ. Nac. del Comahue.
- DE FINA, A., 1992. Aptitud Agroclimática de la República Argentina. Reedición de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. Buenos Aires.
- DEZZOTTI, A. y J. SANCHOLUZ, 1991. Los bosques de *Austrocedrus chilensis* en Argentina: ubicación, estructura y crecimiento. *Bosque* 12(2): 43-52.
- DUFFIE, J.A. & W.A. BECKMAN, 1980. Solar engineering of thermal processes. New York, 300 pp.
- ENDERS, G., 1979. Nationalpark Berchtesgaden. Theoretische Topoklimatologie. *Berchtesgaden Forschungsberichte* :1-92.
- FAGGI, A.M., 1994. La vegetación del Parque Nacional Lago Puelo. Res. VI Cong. Lat. de Botánica. Mar del Plata.

- FAGGI, A.M. y M. CAGNONI, 1996. Comparación florística de bosque mixtos de coihue y ciprés afectados por incendios en el noroeste de Chubut. *Multequina* 5:13-23.
- FAGGI, A.M., O. SCARPATI y M. CAGNONI, 1995. Los bosques de coihue y ciprés y su relación con factores abióticos en el NW de Chubut (Argentina). *Res. II Congr. Lat. de Ecología*, Mérida, Venezuela.
- GRAU, J., 1992. Clima y distribución geográfica de la Flora de Chile. *Palmengarten* 19: 11-24.
- QUINTELA, R. M., O.E. SCARPATI, L. SPESCHA & A. CAPRIOLO, 1996. The probable impact of global change on the water resources of Patagonia, Argentina. En: *Regional Hidrologic Responses to Climate Change & Global Warming*. Ed. Kluwer Academic Publishers. Pag. 389-407.
- ROIG, F.A., 1995. La vegetación de la Patagonia. En Correa, M. N.. *Flora Patagónica*. Colección Científica del INTA. Parte 1.
- SAN MARTÍN, C, C. RAMÍREZ, H. FIGUEROA y N. OJEDA, 1991. Estudio sin ecológico del bosque de roble-laurel-lingue del centro-sur de Chile. *Bosque* 12(2):11-27.
- SCARPATI, O.E. Y A.M. FAGGI, 1993a. Topoclimatología teórica en dos predios del noroeste patagónico. *Atmósfera* 17:1-9.
- SCARPATI, O.E. y A.M. FAGGI, 1993b. Topoclimatología teórica, su utilidad en la evaluación de paisajes. *Primeras Jornadas Platenses de Geografía*. UNLP, Argentina. Tomo II:415-428.
- SCARPATI, O.E. y A.M. FAGGI, 1996. Posibles consecuencias del Cambio Climático Global en bosques de Lago Puelo. *Rev.Fac. de Agronomía. UBA*. 16 (1-2):79-87.
- SEIBERT, P., 1982. Carta de la vegetación de El Bolsón, Río Negro y su aplicación a la planificación del uso de la tierra. *Documenta Phytosociologica* 2.
- SOILS SURVEY MANUAL, 1951. Soil Survey Staff. Bureau of Plant Industry, Soils and Agricultural Engineering. Agricultural Research Administration. United States Dep. of Agriculture.
- THORNTHWAITE C.W. & J.R. MATHER, 1955. The water balance. *Climatology* VIII (1), 104 pp.
- VILLAGRÁN, C., 1980. Vegetationsgeschichte und pflanzensoziologische Untersuchungen im Vicente Perez Rosales Nationalpark (Chile). *Diss. Bot.* 54, 165 pp., Vaduz.
- WMO, 1994. Climate variability, agriculture and forestry. *Technical note* n° 196, 152 pp. Geneva.