

INTERACCIONES HOMBRE - CLIMA EN LA DESERTIFICACION DEL NORTE CHICO CHILENO^{1,2}

MAN-CLIMATE INTERACTIONS IN THE DESERTIFICATION PROCESS OF THE CHILEAN "NORTE CHICO"

EDUARDO R. FUENTES y ERNST R. HAJEK

*Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Ciencias Biológicas
Casilla 114-D, Santiago, Chile*

SUMMARY

The Norte Chico region, or "IV Región" has been repeatedly documented to have experienced a severe desertification process. In this paper we attempt an analysis of possible climatic changes and of human impact in this process. Climatic change was measured using the formula that calculates potential primary productivity (PPP), from actual evapotranspiration (Lieth, 1974). Human impact was measured by total human population, percent human rural population, numbers of goats, sheep and cattle. An index (UA) of total load of domestic animals was calculated using weights of .20 for sheep and goats, and .78 for cattle.

Results show that PPP does not exhibit any significant trend neither in its average nor its variance during the last 65 years (fig. 1). On the other hand, total and rural human population exhibit an increasing trend during this period (fig. 2) Concomitantly, there has been a significant increase in the number of goats and cattle in the region (fig. 3). However, since about 1906 there is a significant trend for a decrease in UA with goats still increasing (fig. 4).

An analysis of the Combarbala area, within the Norte Chico, suggests that the underlying cause for the pattern is associated with decreases in PPP, that during the periodical fluctuations in climate of the region, are not accompanied by reductions in the animal load (fig. 5). Consequently animals would tend to overuse the plant resource-base, during the recurring drought periods, thus reducing the capacity of the ecosystems to regenerate. This reduction in the actual primary productivity would have forced the local people to have more goats and less of the ecologically more demanding cattle. This change is postulated to be part of a positive feedback desertification process.

INTRODUCCION

La desertificación se ha definido como el proceso de empobrecimiento de ecosistemas áridos, semiáridos y algunos subhúmedos, por los impactos de las actividades del hombre, de la sequía o de una combinación de ellos. Este proceso de cambio de los ecosistemas puede ser medido, entre otras maneras, a través de una productividad primaria disminuida, alteraciones de biomasa, bajas en la diversidad

biótica, y deterioro acelerado de los suelos (Dregne, 1976). Esta definición presenta dos aspectos de sumo interés para nuestro trabajo. Por una parte, marca límites claros entre un proceso, y lo distingue del desierto que es una situación permanente; y por otra, hace énfasis en los efectos simples o combinados del hombre y del clima en el proceso. De manera, entonces, que constituye un buen punto de partida para el análisis de una zona en particular.

¹ Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Chile con el Nº 158/78. Fecha de recepción: 28 de junio de 1978.

² Respetuosamente dedicamos este trabajo al Prof. Dr. Heinrich Walter en su 80º cumpleaños.

La zona del Norte Chico de Chile se ha considerado como una zona de extrema pobreza (I. de Economía, 1974) y en proceso de desertificación claro (para una descripción detallada del área, ver CONUD, 1977), situaciones que nos han motivado a hacer este análisis. Ateniéndose a la definición dada arriba, trataremos de delimitar los roles que posibles cambios climáticos seculares y la intervención humana hayan ejercido en la zona comprendida, aproximadamente, entre los 29° y 32° de latitud sur (Norte Chico, IV Región).

A manera de introducción en la problemática que nos hemos planteado, conviene recordar que por un lado el Norte Chico tiene un clima muy fluctuante entre-años (Hajek y di Castri, 1975; di Castri y Hajek, 1976) y, por otro lado, hay evidencias que sugieren que el clima del Norte Chico podría haberse mostrado muy cambiante entre siglos (LaMarche, 1975; Miller *et al.*, 1977). El análisis de LaMarche (1975) muestra que las oscilaciones a lo largo de los últimos 970 años son características en esa región, con alternancia de períodos secos y húmedos.

Estos antecedentes de fluctuaciones climáticas de dos longitudes de onda, nos han hecho pensar que para identificar la naturaleza de la desertificación en el Norte Chico deberían considerarse posibles cambios con una tendencia clara, al menos durante este siglo. Por otro lado, antecedentes de la literatura permiten postular una segunda hipótesis con respecto a la desertificación de esa zona.

Existen algunas evidencias que la población humana va en aumento al menos desde 1895 (INE, Censos de población) y asociado con ello, se ha medido un aumento claro en el número de cabezas de ganado en el sector. Ello nos ha hecho pensar que esos aumentos en el número poblacional y animal, podrían haber ocasionado una sobreutilización del medio, excediendo su capacidad de recuperación. Parece importante aclarar en este punto que la intervención humana no ha estado restringida a la ganadería, pero que para los efectos que deseamos analizar en este trabajo nos ha parecido que pueden constituir un buen índice de la interacción hombre-medio. No ponemos en duda que consideraciones futuras de la minería y especialmente de la agricultura podrían enriquecer nuestro análisis.

Sin embargo, a manera de primera aproximación al problema en este trabajo nos proponemos analizar dos hipótesis, no mutuamente

excluyentes, de clima y de intervención antropógena de tipo ganadero, que podrían servir para explicar el deterioro del Norte Chico.

MATERIALES Y METODOS

El posible cambio climático (primera hipótesis) fue cuantificado no por medida directa del recurso, lo que llevaría a un vicio de la hipótesis, sino que a través de una expresión potencial del clima, como es la productividad primaria potencial (PPP) (Lieth, 1974). De las varias expresiones de la PPP aquella que utiliza la evapotranspiración real (Huber, 1975) es, sin duda, la más adecuada cuando existen datos completos.

La fórmula de Lieth (1974) usada es:

$$PPP = 3000 [1 - \exp(-.0009665 (E-20))]]$$
 donde PPP es la productividad primaria potencial en g/m²/año, y E es la evapotranspiración real en mm. Los valores de E fueron obtenidos mediante nomogramas diseñados por Wundt (Huber, 1975), en los cuales se consideró escorrentía, partiendo de la precipitación y corrigiendo por temperaturas.

Los datos climáticos básicos de temperatura y precipitaciones se obtuvieron de los archivos de la Oficina Meteorológica de Chile, a quienes agradecemos su gentil colaboración.

Los datos de números de animales fueron obtenidos de los Censos Agropecuarios (INE) correspondientes a los años 1890, 1906, 1910, 1930, 1936, 1955, 1965, 1975. El número de animales fue analizado como tal y también transformado a unidades animales homogéneas a través de los siguientes coeficientes de ponderación: ovinos .20, caprinos .20, bovinos .78 (CORFO, 1954, 1961, di Castri, Hajek y Winkler, 1963).

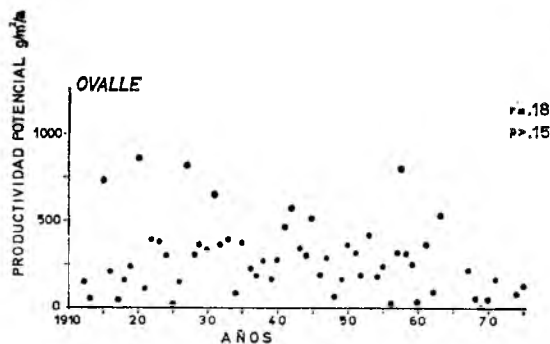
Para la mayoría de los cálculos se utilizaron los datos climáticos de Ovalle como Estación representativa en este sector. De todos modos cabe destacar que los datos de otras Estaciones del Norte Chico (La Serena, Vicuña, Combarbalá, Puerto Oscuro, entre otras) están altamente correlacionadas entre sí y con Ovalle ($r > +.90$ en todos los casos), justificándose así el uso de localidades-tipo.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la fig. 1 pueden observarse los valores calculados de PPP (g/m²/año) desde 1910 a

1975. Por inspección a simple vista es posible constatar que no aparece ninguna tendencia secular en la productividad primaria potencial en lo que va corrido de este siglo. Esta impresión se ve sustentada por un análisis estadístico que muestra que no hay tendencia significativa a la disminución de la productividad primaria potencial. Más aún, el coeficiente de correlación de Pearson (Hays, 1973) no solamente no es negativo sino que ligeramente, aunque no significativamente, positivo ($r = + .18, P > .15$). En forma similar, análisis de variación para períodos de cinco años (test de Bartlett (Hays, 1973), tampoco evidencian que haya habido cambios estadísticamente significativos en la variación de la productividad primaria potencial ($P > .35$).

FIGURA 1



PRODUCTIVIDAD PRIMARIA POTENCIAL COMO FUNCION DEL TIEMPO

Potential primary productivity as a function of time

La ordenada muestra los valores de PPP en gramos por metro cuadrado por año. Nótese que no aparece ninguna tendencia en la potencialidad climática de la zona. Para una discusión estadística léase el texto.

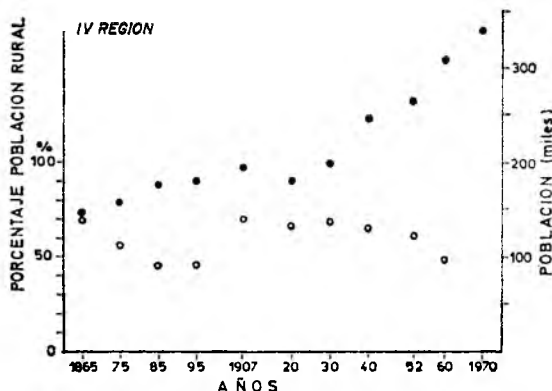
The ordinate exhibits the PPP values (in grams per square meter per year) for the last 60 years. Notice that there is no obvious trend in the climatic potentiality of the area: alternations of years of high and low productivity seem characteristic of the Norte Chico.

De manera, entonces, que los datos no permiten concluir que en el Norte Chico hayan existido cambios significativos ni en el promedio ni en la varianza de la productividad primaria potencial.

Por otro lado, los resultados del análisis de incremento en el uso de los ecosistemas por parte del hombre sugieren que sí ha habido cambios. La fig. 2 contiene los datos obteni-

dos de los censos de población (INE) para el número de habitantes totales de la IV Región y el porcentaje de población rural. Puede verificarse que ha habido una tendencia general al aumento de la población humana total y que la fracción de ésta que ha estado asociada al campo ha sido relativamente constante. Es decir, la demanda de recursos de consumo humano sobre la zona ha ido en aumento.

FIGURA 2



POBLACION HUMANA TOTAL Y RURAL EN LA IV REGION

Total human population and percent rural population in the study area

Puntos oscuros (asociados a la ordenada derecha) muestran el número total de habitantes de la Región. Puntos claros (asociados a la ordenada izquierda) señalan los porcentajes correspondientes de población rural. La población total tiende a aumentar, pero la fracción de ella asociada al campo se mantiene fluctuante, sin tendencias claras.

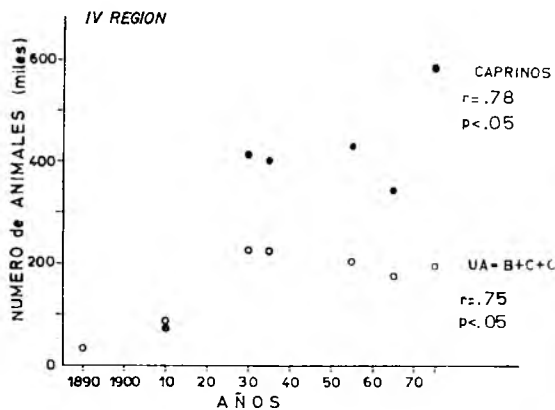
Dark dots (associated with the right hand side ordinate) show the total human population (in thousands). Light dots (associated with the left hand side ordinate) exhibit percentage rural population. Whereas total population tends to increase, the fraction of it that is rural fluctuates without any obvious tendency. However, the expected demand on the area is increasing.

La fig. 3 presenta el número de cabezas de ganado en la zona. Tanto el número de cabras como el total de unidades animales de la IV Región, exhiben un significativo aumento considerando el período desde 1890 a la fecha ($r \geq .75, P < .05$; en ambos casos). Sin embargo, a partir de 1930 se constata una tendencia decreciente y significativa ($r = -.81, P < .05$) en las unidades animales totales, pero todavía creciente en los caprinos (fig. 3).

Es interesante en este sentido señalar que la disminución de las unidades animales totales de la IV Región, con el aumento concomitan-

Creemos que, al menos, parte de la explicación para este interrogante puede estar relacionada, por un lado, con el clima altamente fluctuante entre años propio de la región y por otra parte, con el manejo que se ha hecho de la carga animal.

FIGURA 3



NUMERO DE CABEZAS DE GANADO EN LA IV REGION

Number of goats and animal load in the study area

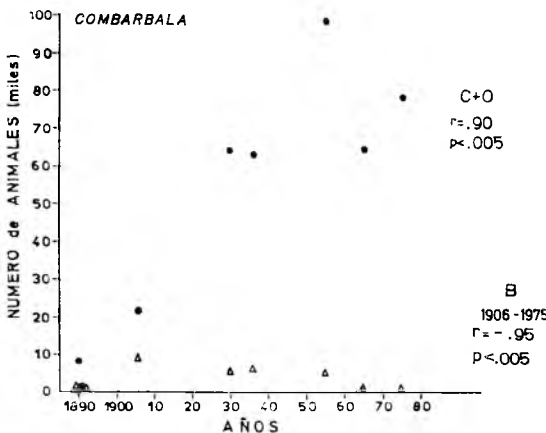
Los puntos oscuros se refieren a caprinos y los puntos claros a unidades animales, que en este caso incluyeron bovinos, caprinos y ovinos. Aun cuando la tendencia en general es al aumento en ambas funciones, las unidades animales parecen estar disminuyendo desde 1930. Para mayor discusión, véase el texto.

Dark dots refer to goats (thousands), light dots to thousands of animal units. Animal units (U.A.) are a weighed average of number of goats, sheep and cattle. Notice that goats and U.A. increase through time, although from 1930 onwards U.A. exhibits a significant declining trend.

te en una de sus componentes (ganado caprino), ha podido estar relacionada al decremento del ganado bovino. Como se recordará en el cómputo de las unidades animales, se contabilizaron cabras y ovejas (coeficiente .20), y vacunos (coeficiente .78). De hecho, usando los datos de la comuna de Combarbalá como representativa de la zona, es posible verificar (fig. 4) que mientras los ovinos y caprinos han mostrado una tendencia al aumento ya desde 1906 ($r = +.90$, $P < .05$), el ganado bovino, en cambio, ha ido en disminución durante este mismo período ($r = -.95$, $P < .01$).

¿Qué ha provocado este cambio desde un tipo de ganado de alto valor, pero ecológicamente exigente, a un tipo de ganado de menor valor comercial, pero ecológicamente más versátil?

FIGURA 4



NUMERO DE ANIMALES EN LA COMUNA DE COMBARBALA

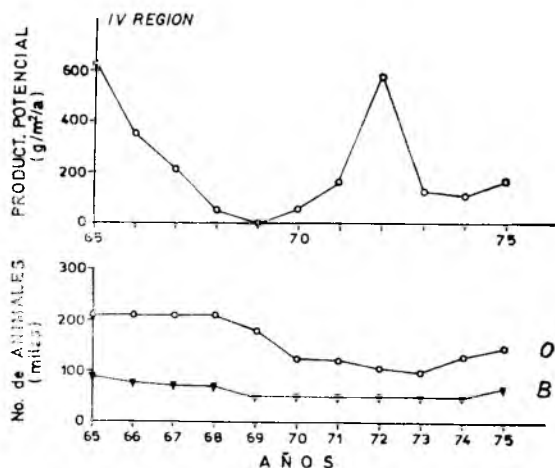
Number of goats, sheep and cattle in the Combarbalá area

Nótese que caprinos y ovinos (C + O) muestran una tendencia creciente, mientras los bovinos muestran la tendencia opuesta, al menos desde 1906 adelante.

Dark dots refer to thousands of goats plus sheep. Light dots are cattle. Whereas goats and sheep tend to increase through time, cattle exhibits the opposite trend, at least since 1906. The Combarbalá area was taken as a sample representing what seems to be a general trend in the Norte Chico.

A modo de ejemplo, la fig. 5 indica para uno de los tantos períodos de sequía, normales en el Norte Chico, cómo es que se ha comportado la masa ganadera. Entre 1965 y 1969 los valores de productividad primaria potencial cayeron casi a cero con un aumento paulatino después de 1969 y un nuevo descenso a partir de 1972. Asociado en este mismo gráfico de la productividad potencial, hemos incluido el curso descendente del número de bovinos y ovinos en la región (ODEPA, 1974). Debe destacarse, sin embargo, que la caída del número de animales se produce sólo después de la caída de la productividad y cuando ésta ha alcanzado niveles extremadamente bajos.

FIGURA 5



CLIMA Y MASA GANADERA EN LA IV REGION

Climate versus animal load in the Norte Chico

El gráfico superior muestra la fluctuación de la PPP entre 1965 y 1975; mientras el gráfico inferior exhibe la cantidad de ovinos (O) y bovinos (B) durante ese tiempo. Nótese que el ganado disminuye significativamente sólo cuando la PPP ya ha bajado casi a cero.

Upper graph exhibits the PPP fluctuations between 1965 and 1975. The lower graph shows thousands of sheep (O) and cattle (B) during this period. Notice that the most significant reduction in the number of animals occurs after PPP has reached near to zero values.

Estos datos mostrados en la fig 5 nos sugieren que el recurso podría estar siendo sobreusado durante las sequías, comprometiéndose su capacidad de recuperación al "mejorar" las condiciones nuevamente. Esta idea de que el atraso en el retiro de la carga animal conllevaría sobreuso del sistema se ve justificada por

observaciones de Aranda (1971), que muestran cómo la disminución de ganado durante el período seco se produce, al menos en parte, por altas tasas de mortalidad especialmente de ganado bovino.

A modo de conclusiones podríamos señalar que, si bien es posible comprobar que la productividad primaria potencial se mantiene constante a lo largo del tiempo en el Norte Chico, durante los episodios de sequía parece evidenciarse una respuesta retardada en la corrección de la carga animal. Este desfase sequía-número de animales llevaría, en el transcurso de varios períodos secos, a un desgaste paulatino de aquellas partes del ecosistema necesarias para su perpetuación. Consecuencias de este proceso, que en cada período se agudizarían (a manera de una espiral descendente), sería el reemplazo ganadero que describimos anteriormente. Entonces, habría habido la necesidad de reemplazar el ganado bovino, exigente, pero altamente productivo, por ganado caprino de mayor rusticidad y capaz de usar ecosistemas más pobres. El aumento de la población humana y sus demandas crecientes no harían sino amplificar el fenómeno. Es interesante señalar que en Australia existen evidencias de un proceso de desertificación que parece tener características similares (UNCOD, 1977).

Por otra parte vale la pena recordar, a manera de conclusión, que en ecosistemas altamente fluctuantes como los de la IV Región, las poblaciones animales naturales tienden a ser migratorias lo que conlleva una descarga al sistema y así permiten su recuperación. Las altas cargas propias de la economía de la IV Región y la bajísima transhumancia de este ganado (más o menos un 17%, según datos de Aranda (1971)) estarían entre los agentes quizás más importantes de la desertificación del Norte Chico.

RESUMEN

En este trabajo se pretende establecer los roles de posibles cambios climáticos y de la intervención antropógena en un proceso de desertificación. El análisis se hizo sobre posibles cambios en la productividad primaria potencial (evaluada a partir de datos climáticos) y de cambios en la cantidad y calidad del ganado de la IV Región.

Los resultados muestran que no hay evidencia para sustentar la hipótesis de un cambio climático significativo, ni en el promedio ni en la varianza de la productividad primaria potencial. Por otro lado, los datos de ganado muestran que ha habido un incremento sostenido en el número de cabezas totales en la región. Sin embargo, los datos muestran que ha habido un cambio en el tipo de ganado; de ganado bovino se ha pasado a ganado caprino. Se postula final-

mente, y a base de datos de la gran sequía 1968-70, que la baja tardía del ganado que se produce en estos casos, estaría provocando un deterioro en la capacidad local de responder al clima. Este se habría mantenido sin variación en su patrón de fluctuación. El retiro tardío del ganado en el transcurso de muchas fluctuaciones habría provocado la reducción en la productividad primaria real que hoy estamos observando, así como el cambio de un ganado muy comercial como es el bovino a un ganado rústico, pero de bajo valor comercial como es el caprino.

LITERATURA CITADA

- ARANDA X., 1971. Un tipo de ganadería tradicional en el Norte Chico. La trashumancia. Centro Demostr. Corral de Julio y Dep. Geogr. Univ. Chile. 195 p.
- CASTRI F. di y E. R. HAJEK, 1976. Bioclimatología de Chile. Edit. Univ. Católica. 129 p.
- y C. WINCKLER, 1963. Influencia de factores ecológicos sobre la densidad ganadera. Bol. Prod. anim. 1: 87-100.
- CONUD, 1977. Estudio de caso sobre la desertificación. Región de Combarbalá, Chile. Conf. Nac. Unidas sobre la desertificación. Nairobi A/CONF 74/9. 163 p.
- CORFO, 1954. Desarrollo ganadero de Chile. 1954-1961. Cap. VI. Corporación de Fomento y Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.
- , 1961. Programa Nacional de Desarrollo Ganadero 1961-1970. Tomo II. Cap. VIII. Corporación de Fomento y Ministerio de Agricultura. Santiago.
- DREGNE, H. E., 1976. Desertification: Symptom of a Crisis. En: Desertification: Process, Problems, Perspectives. Univ. Arizona. Tucson. 12. p.
- HAJEK, E. R. y F. di CASTRI, 1975. Bioclimatografía de Chile. Dir. Inv. (DIUC) Univ. Católica. 228 p.
- HAYS, W. L., 1973. Statistics for the Social Sciences. Holt, Rinehart and Winston. New York. 954 p.
- HUBER, A., 1975. Beitrag zur Klimatologie und Klimaökologie von Chile. Tesis. Univ. München 88 p. y mapas.
- INSTITUTO DE ECONOMÍA UNIV. CATÓL. y ODEPLAN, 1975. Mapa de extrema pobreza. ICIRA. Santiago.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. INE, 1930, 1936, 1955, 1965, 1975. Censos agropecuarios. Santiago, Chile.
- , 1875, 1885, 1907, 1920, 1930, 1940, 1952, 1960, 1970. Censos de Población. Santiago, Chile.
- LAMARCHE, V., 1975. Climatic clues from tree rings. New Scient. 74: 8-11.
- LIETH, H., 1974. Primary productivity in ecosystems: comparative analysis of global patterns. En: van Dobben, W. H. y R. H. Lowe-McConnell (eds.): Unifying Concepts in Ecology. W. Junk. The Hague: 67-88.
- MILLER, P. C., D. E. BRADBURY, E. R. HAJEK, LAMARCHE V. y N. W. THROWER, 1977. Past and present environment. En: H. A. Mooney (ed.) Convergent evolution in Chile and California. Mediterranean climate ecosystems. Dowden, Hutchinson and Ross. Stroudsburg: 27-72.
- ODEPA, 1974. Chile. Estadísticas agropecuarias 1965-1974. Oficina de Planificación Agrícola. MINAGRI. Chile. Impr. Los Andes. Santiago. 379 p.
- UNCOD, 1977. Ecological change and desertification. A/CONF. 74/7. United Nations Conference on desertification. Nairobi. 124 p.