

PROYECTO PROSPECTIVA TECNOLÓGICA PARA AMÉRICA LATINA

MODELOS DE LA PRODUCTIVIDAD
PRIMARIA NETA

Isábel A. Gómez, Gilberto C.
Gallopín y Miguel Gross

TEXTOS PARA DISCUSION

Fundación Bariloche/09

Mayo 1985

Proyecto patrocinado por la UNIVERSIDAD DE LAS NACIONES UNIDAS (UNU) y
el CENTRO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO (CIID)

MODELOS DE LA PRODUCTIVIDAD
PRIMARIA NETA

Isábel A. Gómez, Gilberto C.
Gallopín y Miguel Gross

Centro de Documentação em
Política Científica e Tecnológica
DPCT / IG / UNICAMP

TEXTOS PARA DISCUSION

Fundación Bariloche/09

Mayo 1985

Los puntos de vista expresados en este documento no representan
necesariamente la opinión de las instituciones patrocinantes.

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS	
N. CHAMADA	301.248
	G586m
V.	Ex.
TOMBO	1136400
PROC.	16 P-00063/2022
C	☐
D	☒
PREÇO	R\$ 25,00
DATA	13/12/2022
CÓD. TIT.	1244571
PROT.	123627

AREA: MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

Coordinador: Gilberto C. Gallopín

Modelos de la productividad
primaria neta

Isabel A. Gómez, Gilberto C.
Gallopín y Miguel Gross*

* Grupo de Análisis de Sistemas Ecológicos,
asociado a Fundación Bariloche

El Proyecto Prospectiva Tecnológica en América Latina parte del supuesto que una precondition necesaria para la construcción de una estrategia de desarrollo científico y tecnológico para la región es una visión prospectiva de los elementos del proceso de cambio social, económico y político que serán cruciales en las próximas décadas. Esta visión debe ser elaborada por los países de América Latina desde el punto de vista de sus propias características y aspiraciones, contrastando con los estudios que consideran a la situación de la región como una variable dependiente de lo que sucede en el Norte. El Proyecto se centra en las dimensiones tecnológica y científica del cambio. Procura identificar las principales tendencias del cambio tecnológico y su impacto social, económico, cultural y ambiental sobre los países latinoamericanos. El objetivo central es contribuir a la construcción de una estrategia de ciencia y tecnología para el desarrollo de una sociedad autónoma, igualitaria, participativa y compatible con el medio ambiente.

<u>Coordinador del Proyecto</u>	:	AMILCAR O. HERRERA. Núcleo de Política Científica e Tecnológica, UNICAMP, Campinas 13.100, Brasil
<u>Responsables de Areas</u>		
Tendencias de Desarrollo de Ciencia y Tecnología	:	RENATO DAGNINO. Núcleo de Política Científica e Tecnológica, UNICAMP, Campinas 13.100, Brasil
Dinámica Socioeconómica	:	PAUL SINGER y ANDRE FURTADO. CEBRAP, Rua Morgado de Mateus 615, 04015 Sao Paulo, S.P., Brasil
Potencial de Investigación y Desarrollo en América Latina	:	HEBE VESSURI. CENDES, Apartado 6622, Caracas 1041-A, Venezuela
Economía Política de la Ciencia y la Tecnología	:	LEONEL CORONA. DEFFE, UNAM, Apartado Postal 22016, México, D.F., 14000, México; THEOTONIO DOS SANTOS. FESP, Avda. Carlos Peixoto 54, Botafogo, Río de Janeiro, Brasil
Medio Ambiente y Desarrollo	:	GILBERTO GALLOPIN. Fundación Bariloche, Casilla de Correo 138, S.C. Bariloche 8400, Río Negro, Argentina
Comité Consultivo	:	FERNANDO HENRIQUE CARDOSO; LEONEL CORONA; CELSO FURTADO; GILBERTO CARLOS GALLOPIN; AMILCAR O. HERRERA; JOSE AUGUSTIN SILVA MICHELENA

ABSTRACT

MODELS OF NET PRIMARY PRODUCTIVITY

Predictive models of net (total and above-ground) primary productivity of terrestrial ecosystems, under minimal human intervention, were analyzed in relation to climatic, edaphic and vegetational parameters of interest.

Several attempts were made to build climatic models that predict primary productivity from several climatic parameters (annual precipitation, annual evapotranspiration, annual temperature and length of growing season). The exponential models of primary productivity in relation to evapotranspiration or precipitation give the best climatic estimation.

The variation of primary productivity is reduced if ecosystem type or soil productive capacity are added as independent variables.

The ecosystem type is divided into four categories: 1) tropical forests; 2) tropical savannas, grazingland and deserts; 3) cold and temperate forests, and 4) cold and temperate grazinglands and semideserts.

Based on the edaphic information provided for the sites where productivity was measured, the soil productive capacity was defined, evaluated and categorized by three experts on the subject; all of them recommended the use of three categories (bad, regular and good).

In the lineal multiple regression models these two non-numerical factors were treated as dummy variables. Total primary productivity of main terrestrial ecosystems can be adequately estimated from evapotranspiration and soil productive capacity ($r^2 = 0,60$). Above-ground primary productivity can be adequately estimated from evapotranspiration and ecosystem type ($r^2 = 0,72$).

These results, in combination with climatic, soil and vegetation maps from Latin America will yield a spatial distribution of primary productivity for the region, indicating overall significant restrictions or opportunities for the utilization of biological resources.

CONTENIDO

	Pág.
ABSTRACT	
INTRODUCCION	1
MATERIAL Y METODOS	2
Datos de la productividad primaria, clima y tipo de ecosistema	2
Datos de la capacidad productiva de los suelos	3
Los modelos estadísticos	4
RESULTADOS	9
Los modelos de la productividad primaria total	10
Los modelos de la productividad primaria aérea	12
DISCUSION	14
CONCLUSIONES	20
BIBLIOGRAFIA	23
TABLAS	30
FIGURAS	49

INTRODUCCION

La productividad primaria permite la existencia de todos los componentes no autótrofos de la biosfera, establece el tope máximo de la producción ecológica sostenible, es indicadora del estado del ecosistema y en forma indirecta influye en la calidad de vida del hombre. Su conocimiento por ende constituye uno de los aspectos básicos a tener en cuenta en los objetivos de prospectiva ecológica. La detección de regiones de alta productividad ecológica permitiría identificar áreas con mayores oportunidades de utilización sostenible, y la identificación de áreas de productividad baja causada por fuertes limitaciones climáticas o edáficas contribuiría a la identificación de restricciones ecológicas a la utilización. Esta es la razón básica por la que se propone su análisis para el Subproyecto de Prospectiva Ecológica.

La medición directa de la productividad primaria es a veces materialmente imposible; por lo general los métodos de estudio son costosos y largos. Bajo estas circunstancias, y para los fines del presente proyecto, es conveniente encarar el problema a través de procedimientos indirectos. Entre estos, su estimación a partir de variables relevantes y conocidas parece ser lo más apropiado. Rosenzweig (1968) así como Lieth (1975) han demostrado la existencia de una relación entre la tasa de producción neta y ciertos factores ambientales (precipitación, temperatura y evapotranspiración). Webb et al. (1978) agregaron el tipo de ecosistema y Gómez et al. (1982) el tipo de suelos. Este enfoque requiere de la existencia de a) un conjunto de mediciones representativas de la productividad de los diversos ecosistemas, acompañadas por las variables de interés; b) un modelo que convierta los valores de las variables conocidas en valores de productividad; c) una distribución espacial adecuada de dichos datos tal que a través del modelo se pueda estimar la productividad de distintas regiones, y d) un sistema de información geográfico para combinar los cálculos del modelo a partir de las variables independientes con datos de los mapas correspondientes.

Siguiendo el enfoque mencionado se recopilaron datos bibliográficos de la productividad primaria neta de diversos ecosistemas naturales y semi-naturales, distribuidos en una amplia red geográfica, y de las variables independientes que en mayor o en menor medida la afectan, conformando así la base de datos más amplia hasta la fecha según el conocimiento de los autores.

Seguidamente se exploraron y se elaboraron modelos estadísticos lineales y no lineales, simples y múltiples de la productividad primaria neta aérea y total, en función de variables climáticas, edafológicas y vegetacionales, en lo que constituye un intento novedoso en la estimación de la productividad primaria a nivel global, pues va más allá de los clásicos modelos climáticos. Se compara, además, el comportamiento e interrelación de las variables independientes y la variación de las dos variables dependientes.

MATERIAL Y METODOS

Datos de la productividad primaria, clima y tipo de ecosistema

Se recopilaron datos bibliográficos de la productividad primaria neta aérea (PA) y de la productividad primaria neta total (PT) de diversos ecosistemas naturales y seminaturales sujetos a mínima intervención humana, distribuidos en 42 países, y de los siguientes factores que las afectan: precipitación (pp), temperatura (t), evapotranspiración (etr) y longitud de la estación de crecimiento (l) (medias anuales); tipo de ecosistema y capacidad productiva de los suelos.

Se ensayaron varias categorizaciones de los ecosistemas; los resultados (para los datos utilizados) indican que la siguiente es la más satisfactoria: 1) pastizales, sabanas (estrato herbáceo), semidesiertos y desiertos de zonas tropicales; 2) bosques y selvas de zonas tropicales; 3) bosques y

arbustales de zonas templadas y frías, y 4) pastizales y semidesiertos de zonas templadas y frías. Esta subdivisión es teóricamente razonable; también lo sería una subdivisión más detallada (por ejemplo entre pastizales y semidesiertos). Sin embargo esto no parece ser recomendable por el momento, puesto que algunas categorías quedarían con un número de muestras muy reducido.

Datos de la capacidad productiva de los suelos

La definición y clasificación de la capacidad productiva de los suelos es la utilizada en Gómez et al. (1982) y se resume en tres categorías, elaboradas y realizadas en forma independiente del resto del trabajo por expertos en el tema. En su evaluación y categorización se presta particular atención a la interrelación existente entre los factores que contribuyen a determinarla. En la medida en que las descripciones bibliográficas lo permitieron, se aplicaron en forma indicativa los siguientes criterios:

Capacidad productiva buena: suelo franco profundo a muy profundo (mayor de 90 cm); de porosidad media, sin concreciones, cementaciones ni gleyzación; moderadamente bien drenados, y bien drenados (Clase de drenaje 3 y 4, Soil Survey Staff, 1951); débilmente ácidos a neutros (pH entre 6,2 y 7,2); materia orgánica entre 3 y 10 %; nitrógeno total entre 0,15 y 0,50 %; relación C/N entre 10 y 12; salinidad menor que 2 mmho/cm; C.I.C. mayor que 30 meq/100 g de suelo.

Capacidad productiva regular: suelo franco arenoso, franco limoso y franco arcilloso; mediamente profundo (30-90 cm); estructura en bloques-prismática; pobremente o excesivamente drenados (clases 2 y 6). Ligera a moderadamente alcalino o mediano a fuertemente ácido (pH entre 7,2 y 8,4 ó entre 5,0 y 6,2); materia orgánica entre 0,5 y 3 % ó entre 10 y 20 %; nitrógeno total entre 0,05 y 0,15 % ó entre 0,5 y 1,0 %; relación C/N entre 8 y 10 ó entre 12 y 15; salinidad entre 2 y 8 mmho/cm; C.I.C. entre 20 y 30 meq/100 g de suelo.

Capacidad productiva baja: suelo arenoso, limoso o arcilloso; superficial (menos de 30 cm); de estructura columnar, con presencia de concreciones o gley; mal y/o excesivamente drenados (clases 1 y 6); fuertemente alcalinos y muy fuertemente ácidos (pH mayor que 8,4 ó menor que 5,0); materia orgánica mayor que 20 % ó menor que 0,5 %; nitrógeno total mayor que 1 % ó menor que 0,5 %; relación C/N menor que 8 ó mayor que 15; salinidad mayor que 8 mmho/cm. C.I.C. menor que 20 meq/100 g de suelo.

Por ejemplo, tres casos típicos de la clasificación son los siguientes (referencias bibliográficas en Tabla 1):

Capacidad productiva buena: laderas y planicies aluviales, suelos profundos tipo III, según la clasificación del Soil Survey Staff. Contenido de nitrógeno 22,9 g/m² (pastizales de Varanasi).

Capacidad productiva regular: suelo franco arenoso drenaje excesivo, pH 4,5, materia orgánica: 1,5 %. C.I.C.: 3,40 meq/100 g de suelo; potasio intercambiable: 0,32 meq/100 g de suelo; fósforo asimilable 2,80 p.p.m. (Sabana de bajío en Jusepin).

Capacidad productiva baja: suelos ferruginosos lixiviados; óxidos férricos con hidratación y desecación estacional, lo cual le da el color ocre rojo; concreciones estables, contenido de materia orgánica baja a mediana; la lixiviación ha eliminado la mayor parte de los nutrientes provocando la acidificación del perfil; los valores de P, Ca y K son extremadamente bajos (Sabanias de Calabozo).

Los modelos estadísticos

Previo a la modelación y con el objeto de tener una estimación de la productividad media de un lugar, se promediaron los valores de la productividad de ecosistemas equivalentes que exhiben simultáneamente tanto la misma ubicación geográfica como el mismo valor de la variable independiente en consideración.

Se exploraron y ajustaron modelos climáticos sugeridos por Rosenzweig (1968), Lieth (1975) y Gómez et al. (1982), y otros especialmente diseñados en base a la distribución observada en los datos y a consideraciones teóricas. Esos modelos se resumen como sigue: 1) funciones lineales simples y múltiples en base a los valores originales de las variables climáticas y de sus transformaciones logarítmicas y semilogarítmicas; 2) la función exponencial; 3) la función logística; 4) la función tipo beta; 5) la función exponencial con la función tipo beta incorporada en cada uno de sus parámetros o en ambos a la vez.

También se ensayaron varias combinaciones de las variables climáticas, entre ellas la descrita en O'Neill y De Angelis (1981), tales como la temperatura (o la precipitación o evapotranspiración) corregidas por la fracción del año en la que ocurre el crecimiento.

En base a los resultados de los modelos climáticos se elaboraron modelos múltiples que incluyen las variables climáticas y el tipo de ecosistema, por un lado, y las variables climáticas y la capacidad productiva de los suelos por el otro. Lamentablemente, la dispersión observada en la distribución de los datos junto al pequeño número de muestras que quedarían en algunas categorías no permite por el momento tratar en forma simultánea las tres variables (clima, tipo de ecosistema y capacidad productiva de los suelos).

A los fines del ajuste estadístico, las dos variables no numéricas (tipo de ecosistema y capacidad productiva de los suelos) fueron cuantificadas según el método de variables artificiales (dummy) descrito en Draper y Smith (1966). El modelo ajustado en función de una variable climática y el tipo de ecosistemas tiene la siguiente expresión general:

$$P = a + b x_1 + c x_2 + d x_3 + e E_{(1)} + f E_{(2)} + g E_{(3)} + h E_{(4)} \quad (1)$$

donde

P = productividad

χ_1 , χ_2 y χ_3 son variables artificiales con valores 1 ó 0, cuyas combinaciones específicas definen los valores de las intercepciones correspondientes a los cuatro tipos de ecosistema:

(1) Pastizales, sabanas, semidesiertos y desiertos de zonas tropicales:

$$\chi_1 = 1; \chi_2 = 0 \text{ y } \chi_3 = 0.$$

(2) Bosques y selvas de zonas tropicales: $\chi_1 = 0$; $\chi_2 = 1$ y $\chi_3 = 0$.

(3) Bosques y arbustales de zonas templadas y frías: $\chi_1 = 1$; $\chi_2 = 1$ y $\chi_3 = 0$.

(4) Pastizales y semidesiertos de zonas templadas y frías: $\chi_1 = 0$; $\chi_2 = 0$ y $\chi_3 = 1$.

E = variable climática, cuyos valores específicos definen las pendientes correspondientes a cada tipo de ecosistema:

(1) Pastizales, sabanas, semidesiertos y desiertos de zonas tropicales:

$$E_1 = E \text{ y } E_2 = E_3 = E_4 = 0.$$

(2) Bosques y selvas de zonas tropicales: $E_2 = E$ y $E_1 = E_3 = E_4 = 0$.

(3) Bosques y arbustales de zonas templadas y frías: $E_3 = 1$ y $E_1 = E_2 = E_4 = 0$.

(4) Pastizales y semidesiertos de zonas templadas y frías: $E_4 = E$ y $E_1 = E_2 = E_3 = 0$.

En el caso en que los coeficientes correspondientes a dos ecosistemas no se diferencian significativamente (por ejemplo, como se verá, los

correspondientes a los dos tipos de pastizales) la ecuación (1) se reduce a:

$$P = a + b X_{(1)} + c X_{(2)} + d E_{(1)} + e E_{(2)} + f E_{(3)} \quad (2)$$

(1) Pastizales: $X_1 = 1$; $X_2 = 0$. $E_1 = E$ y $E_2 = E_3 = 0$.

(2) Bosques y selvas de zonas tropicales: $X_1 = 0$ y $X_2 = 1$.

$E_2 = E$ y $E_1 = E_3 = 0$.

(3) Bosques y arbustales de zonas templadas y frías: $X_1 = 1$ y

$X_2 = 1$. $E_3 = 1$ y $E_1 = E_2 = 0$.

El modelo ajustado en función de una variable climática y la capacidad productiva de los suelos, tiene la siguiente expresión general:

$$P = a + b X_1 + c X_2 + d E_{(1)} + e E_{(2)} + f E_{(3)} \quad (3)$$

donde X_1 y X_2 definen las intercepciones correspondientes a las tres categorías de la capacidad productiva de los suelos:

(1) Capacidad productiva baja: $X_1 = 1$ y $X_2 = 0$

(2) Capacidad productiva regular: $X_1 = 0$ y $X_2 = 1$

(3) Capacidad productiva buena: $X_1 = 1$ y $X_2 = 1$

E define los valores correspondientes a la variable climática tal que:

$$(1) \text{ Capacidad productiva baja: } E_1 = E \text{ y } E_2 = E_3 = 0$$

$$(2) \text{ Capacidad productiva regular: } E_2 = E \text{ y } E_1 = E_3 = 0$$

$$(3) \text{ Capacidad productiva buena: } E_3 = E \text{ y } E_1 = E_2 = 0$$

En los casos en que todas las intercepciones no se diferencian significativamente entre sí, la ecuación (3) se reduce a:

$$P = a + b E_{(1)} + c E_{(2)} + d E_{(3)} \quad (4)$$

El ajuste óptimo se determina por el método de los cuadrados mínimos; en los casos no lineales (modelo exponencial y logístico) se utilizó el método de ajuste no lineal descrito en Powell (1964). La bondad del ajuste se evalúa por medio del coeficiente de determinación (r^2) y por la desviación media (DM = error cuadrático / (número de muestras - número de parámetros)), como es práctica corriente en los casos de ajuste no lineales.

En los casos lineales se omite el cálculo tradicional de los intervalos de confianza debido a que la varianza de la productividad es, en algunos casos, más alta para los valores intermedios de la variable independiente y disminuye hacia sus extremos; esta particularidad de la variación imposibilita la aplicación de las transformaciones clásicas, o la utilización de regresiones ponderadas. El resultado de la heterogeneidad de la varianza es que las estimaciones de los parámetros de los modelos no son de mínima varianza, aunque minimiza los errores cuadráticos y siguen siendo estimaciones no sesgadas (Draper y Smith, 1966, p. 80). Afortunadamente los test de significancia para los coeficientes de determinación son todavía válidos para cualquier población unimodal de variables X y Y si el número

de muestras es mayor que 10, aunque no se cumplan las suposiciones distribucionales del análisis de regresión (Green, 1979, p. 44).

La significancia de las diferencias entre dos modelos lineales, por ejemplo simples y múltiples, se verifica clásicamente con el estadístico F. Se lo presenta en forma tentativa pues queda por dilucidar si la heterogeneidad de la varianza es de grado tal que invalida su uso.

RESULTADOS

En la tabla 1 se indican los valores de todas las variables. En las tablas 2 y 3 se muestran los efectos que sobre la productividad tienen los tipos de ecosistemas y la capacidad productiva de los suelos respectivamente. El valor medio de la productividad (aérea y total) es mayor en los ecosistemas de zonas tropicales que en los de zonas templadas y frías, y dentro de cada uno de ellos en los predominantemente arbóreos que en los herbáceos.

En promedio la productividad en suelos con capacidad productiva (C.P.) regular y baja es menor que la productividad con C.P. buena (P.T. : 80 % y 41 % en suelos de C.P. regular y baja respectivamente; con respecto a 100 % para suelos con C.P. buena y P.A. : 81 % y 54 %); dicho efecto se repite al considerar separadamente los ecosistemas, particularmente en los pastizales, sabanas y semidesiertos de zonas tropicales, en las selvas tropicales, y en los bosques y arbustales en zonas templadas y frías. El número de datos de los bosques de zonas tropicales de pluviosidad relativamente baja, y los de los pastizales y semidesiertos de zonas templadas y frías son insuficientes para establecer la comparación, aunque en los últimos se observa una reducción de la productividad al disminuir la capacidad productiva de los suelos de buena a regular.

1. Los modelos de la productividad primaria total

La tabla 4 resume los valores de los coeficientes de determinación, de las desviaciones medias y de los coeficientes de variación, y la tabla 5 los parámetros de las principales funciones de la productividad total.

Los modelos múltiples en función de la evapotranspiración que se describen seguidamente son los que mejor explican la variación de la productividad total.

a) El modelo de la productividad total en función de la evapotranspiración y el tipo de ecosistema (Figura 1)

El modelo múltiple en función de la evapotranspiración y el tipo de ecosistema explica adecuadamente la variación de la productividad total ($r^2 = 0,59$ $\sqrt{DM} = 435$ g/m²/año). Su expresión general es:

$$PT = 1055 - 882 \cdot x_1 + 30 \cdot x_2 + 1,071 \cdot ETR_{(1)} + 0,620 \cdot ETR_{(2)} + 1,831 \cdot ETR_{(3)} \quad (5)$$

Se consideran los pastizales como un sólo grupo, pues la ecuación que discrimina los cuatro tipos de ecosistemas no se diferencia significativamente de la presentada arriba. Es decir, las dos ecuaciones que describen a cada uno de los pastizales son muy semejantes y se reduce a una sola.

La ecuación (5) se diferencia significativamente de la ecuación exponencial simple en función de la evapotranspiración ($r^2 = 0,50$ y $\sqrt{DM} = 473$ g/m²/año). Es además marginalmente más adecuada que el modelo múltiple equivalente elaborado en función de la precipitación (Tabla 4).

La ecuación (5) engloba tres ecuaciones lineales cuyas expresiones individuales son:

(1) Pastizales:

$$PT = 173 + 1,071 \cdot ETR$$

(2) Bosques y selvas de zonas tropicales:

$$PT = 1085 + 0,620 \text{ ETR}$$

(3) Bosques y arbustales de zonas templadas y frías:

$$PT = 203 + 1,831 \text{ ETR}$$

b) El modelo múltiple de la productividad total en función de la evapotranspiración y la capacidad productiva de los suelos (Figura 2)

El modelo en función de la evapotranspiración y la capacidad productiva de los suelos explica adecuadamente la variación de la productividad total ($r^2 = 0,60$ $\sqrt{DM} = 409 \text{ g/m}^2/\text{año}$). Su expresión general es:

$$PT = 143 + 0,811 \text{ ETR}_{(1)} + 1,270 \text{ ETR}_{(2)} + 1,866 \text{ ETR}_{(3)} \quad (6)$$

donde ETR_{1-3} son los valores de la evapotranspiración para la capacidad productiva baja, regular y buena respectivamente.

La ecuación (6) se diferencia significativamente del modelo simple en función de la evapotranspiración, y es más adecuada que el modelo múltiple equivalente elaborado en función de la precipitación; exhibe prácticamente la misma correlación que la ecuación (5) pero el error de la estimación es algo menor, de modo que la ecuación (6) es la que mejor predice la variación de la productividad total.

Nótese que la precipitación media anual es otra de las variables climáticas explicativas de la productividad total; el modelo exponencial simple en función de la precipitación es de hecho más adecuado que su equivalente en función de la evapotranspiración ($r^2 = 0,57$ y $0,50$ y $\sqrt{DM} = 462$ y $473 \text{ g/m}^2/\text{año}$ para los modelos con precipitación y evapotranspiración respectivamente). La relevancia de las dos variables climáticas se revierte al considerar los resultados con los modelos múltiples.

Ni la temperatura media anual ni la longitud de la estación del crecimiento explican adecuadamente la variación de la productividad total. Tampoco agregan información significativa cuando se las combina con otras variables climáticas o se las incluye en los modelos múltiples.

2. Los modelos de la productividad primaria aérea

Las tablas 4 y 6 resumen los resultados de los principales modelos de la productividad aérea. El modelo múltiple de la evapotranspiración y el tipo de ecosistema es el que mejor predice la variación de la productividad aérea.

a) El modelo múltiple de la productividad aérea en función de la evapotranspiración y el tipo de ecosistema (Figura 3)

El modelo lineal múltiple en función de la evapotranspiración y el tipo de ecosistema es el que mejor predice la variación de la productividad aérea ($r^2 = 0,72$ y $\sqrt{DM} = 247$ g/m²/año). Su expresión general es:

$$PA = -352 + 361 X_1 + 410 X_2 + 0,614 ETR_{(1)} + 1,071 ETR_{(2)} + 0,903 ETR_{(3)} \quad (7)$$

También en este caso se consideran los pastizales como un sólo tipo de ecosistema, pues las dos ecuaciones que describen a cada uno de ellos no se diferencian significativamente.

La ecuación (7) se diferencia significativamente de la ecuación exponencial simple en función de la evapotranspiración ($r^2 = 0,36$ y $\sqrt{DM} = 367$ g/m²/año); y es más adecuada que el modelo múltiple equivalente elaborado en función de la precipitación (Tabla 4).

La ecuación (7) engloba tres ecuaciones lineales, cuyas expresiones individuales son:

Pastizales (de zonas tropicales, templadas y frías):

$$PA = 9 + 0,614 \text{ ETR}$$

Bosques y selvas tropicales:

$$PA = 58 + 1,071 \text{ ETR}$$

Bosques y arbustales de zonas templadas y frías:

$$PA = 419 + 0,903 \text{ ETR}$$

b) El modelo múltiple de la productividad aérea en función de la evapotranspiración y la capacidad productiva de los suelos (Figura 4)

La expresión general que describe la variación de la productividad aérea en función de la evapotranspiración y la capacidad productiva de los suelos, tiene la siguiente expresión general ($r^2 = 0,40$ y $\sqrt{DM} = 349 \text{ g/m}^2/\text{año}$):

$$PA = 75 + 0,674 \text{ ETR}_{(1)} + 0,810 \text{ ETR}_{(2)} + 1,185 \text{ ETR}_{(3)} \quad (8)$$

donde ETR_{1-3} son los valores de la evapotranspiración para la capacidad productiva baja, regular y buena respectivamente.

La ecuación (8) pone de manifiesto el efecto que la capacidad productiva de los suelos tiene sobre la productividad aérea, y a que se diferencia significativamente del modelo exponencial simple en función de la evapotranspiración ($r^2 = 0,36$ y $\sqrt{DM} = 367 \text{ g/m}^2/\text{año}$), pero no alcanza la calidad predictiva del modelo múltiple equivalente elaborado en función de la precipitación, ni la del presentado en la sección anterior.

La precipitación media anual es otra de las variables climáticas explicativas de la variación de la productividad aérea. El modelo exponencial

simple en función de la precipitación ($r^2 = 0,50$ y $\sqrt{DM} = 313$ g/m²/año) y el lineal múltiple que incluye también la capacidad productiva de los suelos ($r^2 = 0,47$ y $\sqrt{DM} = 329$ g/m²/año) son más adecuados que los equivalentes elaborados con la evapotranspiración. El modelo que incluye la precipitación y los tipos de ecosistemas ($r^2 = 0,64$ y $\sqrt{DM} = 273$ g/m²/año) en cambio no alcanza el valor predictivo del modelo equivalente con la evapotranspiración.

Ni la temperatura media anual ni la longitud de la estación del crecimiento explican adecuadamente la variación de la productividad aérea. Tampoco agregan información significativa cuando se las combina con otras variables climáticas o se las incluye en los modelos múltiples.

En síntesis, la productividad aérea se estima con mayor correlación y menor error a partir de la evapotranspiración y el tipo de ecosistema (ecuación 7); lamentablemente no existe información suficiente (en los datos de bosques y selvas tropicales y en los de pastizales de zonas templadas y frías) para incorporar la capacidad productiva de los suelos en la ecuación múltiple de la productividad aérea en función de la evapotranspiración y el tipo de ecosistema (ecuación 7). Objetivo razonable si se tiene en cuenta por un lado, que tipo de ecosistema y capacidad productiva de los suelos son dos variables independientes entre sí (χ^2 no significativo, $P = 0,01$) y por el otro que en general los residuales de dicha ecuación se ordenan según la capacidad productiva de los suelos, indicando que parte de la variabilidad no explicada por la evapotranspiración y el tipo de ecosistema corresponde atribuirla a dicha variable.

DISCUSION

La vegetación terrestre ocupa aproximadamente un 30 % de la superficie de la tierra, comprende más del 99 % de la biomasa total y provee un 62 %

de la producción primaria global (Walter, 1973 p. 225; Barbour et al., 1980 p. 244).

En promedio la productividad primaria terrestre es seis veces mayor que la oceánica y dos veces mayor que la de lagos y ríos (Whittaker y Likéns, 1975 p. 306). Su estimación es uno de los aspectos básicos a tener en cuenta en el Subproyecto de Prospectiva Ecológica puesto que permitirá detectar áreas con distintos grados de utilización sostenible, directamente relacionadas a su capacidad productiva.

Los datos de productividad primaria terrestre que se compilaron (Tabla 1) constituyen según el conocimiento de los autores la recopilación más amplia efectuada con objetivos similares, tanto por el volumen de datos de productividad que incluye, como por el número y tipo de variables asociados a los datos básicos de productividad primaria. Sus promedios ponen de manifiesto las fuertes diferencias en la capacidad productiva de los diversos ecosistemas terrestres, con mínima intervención humana (Tabla 2). Los valores más bajos corresponden a los desiertos y semidesiertos y los más altos a las selvas pluviales. La mayor productividad de los sistemas boscosos se relacionan a sus condiciones climáticas, edáficas y a factores estructurales característicos de los distintos tipos de vegetación; entre estos últimos es de primordial importancia el grado de desarrollo de la superficie foliar, pues guarda relación directa con la capacidad productiva.

La capacidad productiva de los suelos definida en forma independiente del resto del trabajo, describe un efecto sobre la productividad de los ecosistemas (Tabla 3).

Los modelos climáticos de la productividad aérea y total

El factor ambiental más directamente relacionado con la productividad es el agua. Tanto la precipitación como la evapotranspiración exhiben

una relación estadísticamente significativa, monotónica ascendente y con un límite asintótico, con la productividad aérea y total.

En estos modelos de una sola variable la precipitación exhibe una correlación mayor que la evapotranspiración y su capacidad predictiva es comparable a la de otros modelos elaborados a nivel global (PT vs pp, modelo exponencial $r^2 = 0,57$ y modelo "Miami" en Lieth (1975) $r^2 = 0,58$). Sin embargo, cuando se promedian los valores de la productividad dentro de rangos de 25 mm de la variable climática, se disminuye cierta variabilidad que por el momento no interesa y el comportamiento de las dos variables climáticas es muy similar (PT vs pp : $r^2 = 0,69$; PT vs ETR : $r^2 = 0,64$; PA vs pp : $r^2 = 0,71$ y PA vs ETR : $r^2 = 0,65$; modelos exponenciales).

A pesar de la variabilidad observada en la distribución de los datos de la productividad, se puede concluir que los dos modelos climáticos de mejor ajuste son los exponenciales. En ambos casos, la primer parte de la curva corresponde a sistemas con limitaciones de agua, en los cuales la evapotranspiración es prácticamente igual a la precipitación; estos sistemas minimizan la pérdida de agua con un desarrollo relativamente escaso del área foliar, que trae aparejado una productividad relativamente baja (Whittaker y Niering, 1975). A medida que el gradiente de humedad crece, la vegetación puede desarrollar mayor área foliar, lo que le permite una mayor tasa de producción, asociada a una mayor tasa de transpiración. Los rangos más altos de humedad están asociados a aumentos de la producción relativamente menores (porción asintótica de las curvas); en esta situación otros factores inherentes al tipo de ecosistema parecen entrar en juego.

La respuesta de la productividad a los factores climáticos mencionados es no lineal y compleja; la variabilidad detectada en la distribución de los datos permite suponer que otras características climáticas influyen el proceso productivo a nivel regional. La influencia de la radiación, ampliamente reconocida, es indirecta y puede visualizarse a través

de los efectos de la evapotranspiración; a través de la temperatura (Lieth, 1975) o a través de la longitud de la estación del crecimiento (Whittaker, 1975; Barbour et al., 1980 p. 253). La productividad aumenta sin duda a lo largo de gradientes positivos de la temperatura, desde los polos hacia el ecuador; sin embargo, ninguno de los modelos desarrollados en base al conocimiento que se tiene de la variación de la tasa de fotosíntesis con la temperatura muestran un efecto significativo. Tampoco agrega información relevante cuando se la trata como variable combinada con otros factores climáticos, tal como se sugiere en O'Neill y De Angelis (1981); ni mejora significativamente los ajustes con la precipitación cuando se la incluye en ellos.

El único modelo de la productividad (total) en función de la temperatura a nivel global, registrado en la bibliografía es el presentado en Lieth (1975), y el agregado de los nuevos datos de productividad recopilados en el presente trabajo, aumenta a tal punto la variabilidad que dicha relación se desvanece.

Puede ocurrir que el efecto directo de la temperatura sobre la tasa de fotosíntesis, sea en realidad un efecto indirecto sobre la productividad de los ecosistemas; en ese caso la longitud de la estación del crecimiento puede resultar más adecuada que la temperatura, tal como se sugiere en Barbour et al. (1980). Los resultados indican que esta variable tampoco es estadísticamente relevante. Es aparente que a nivel global las variables climáticas que más fuertemente se relacionan con la productividad son las más directamente relacionadas a la disponibilidad de agua.

Los modelos combinados de la productividad aérea

La influencia del tipo de ecosistema sólo ha sido tratada para zonas templadas y con un número muy limitado de muestras, en particular los de bosques (Webb et al., 1978). Su efecto sobre el comportamiento de

la productividad aérea puede calificarse de espectacular, en particular cuando se la incluye en el modelo en función de la evapotranspiración (r^2 aumenta de 0,50 a 0,72 y los errores de la estimación disminuyen en un 32 %) que resulta ser más predictivo que el modelo combinado con la precipitación.

Las selvas de zonas tropicales, sin limitaciones de agua, con una alta capacidad de desarrollo del área foliar, con la mayor eficiencia relativa a la radiación y con la más alta proporción de productividad neta a respiración (Barbour, 1980 p.145 y p.491), son las más productivas; les siguen en orden de importancia los bosques de zonas templadas y frías y luego los pastizales y semidesiertos. Notablemente son los pastizales, en particular los de zonas templadas y frías, los que exhiben la estrategia más conservadora en cuanto a su eficiencia en el uso del agua (productividad aérea relativa a la evapotranspiración, indicada por el coeficiente de regresión es 0,4), puesto que son los que responden menos a un aumento en la disponibilidad de agua, probablemente debido a su ambiente relativamente más fluctuante en cuanto a cantidad y distribución de la precipitación si se los compara con las selvas y bosques de zonas tropicales (productividad aérea relativa a la evapotranspiración: 1,07).

El tipo de suelo, frecuentemente incorporado como factor de corrección de la productividad aérea de los sistemas agroecológicos, no ha sido incluido en la modelación de los sistemas naturales o seminaturales. Por un lado, su incorporación como variable no es sencilla, su efecto en distintos ecosistemas refleja la importancia de diversos elementos del suelo como textura, estructura, profundidad, tipo de drenaje, contenido de nutrientes, etc., y por otro, los estudios de la productividad no dan por lo general una información edáfica completa. En este trabajo se define la capacidad productiva de los suelos, como variable integradora, que contempla los efectos mencionados, y toma en cuenta la interacción de los mismos en cuanto influyen la productividad. Aun cuando la variabilidad en la cantidad y calidad de la información no permite más que una división en tres categorías, y que algunos lugares quedaron sin clasifi-

cación por falta de información edáfica, el intento resulta positivo como lo muestran la ecuación múltiple que incluye la precipitación o la evapotranspiración y la capacidad productiva de los suelos. La influencia de esta variable debe evaluarse comparando los resultados de los modelos múltiples con los de los modelos climáticos simples elaborados con el mismo subconjunto de muestras, es decir aquellos que tienen valores asignados tanto para la variable climática como para la capacidad productiva de los suelos. (En el caso de la precipitación r^2 : 0,38 y 0,47 respectivamente, y en el de la evapotranspiración r^2 : 0,31 y 0,40).

El efecto de la variable edáfica se manifiesta también a través de los residuales del modelo en función de la evapotranspiración y el tipo de ecosistema, que exhiben una relación directa con el aumento de la capacidad productiva de los suelos, es decir que parte de la variación no explicada por dicho modelo es atribuible a esta variable. Sin embargo, el estado actual de la información no permite, por el momento, el tratamiento simultáneo de la evapotranspiración, el tipo de ecosistema y la capacidad productiva de los suelos. Queda pues, la alternativa de agregar esta última variable como factor de corrección al modelo de la productividad aérea en función de la evapotranspiración y el tipo de ecosistema. (Según la ecuación que incluye la capacidad productiva de los suelos el factor de corrección varía entre 0,77 - 0,89; 0,91 - 1,02 y 1,09 - 1,32 para suelos de capacidad productiva baja, regular y buena respectivamente; en cada categoría los rangos más pequeños corresponden a valores de evapotranspiración baja, y los extremos superiores a evapotranspiración alta).

Los modelos combinados de la productividad total

La productividad total también se estima adecuadamente a partir de los modelos combinados que incluyen la evapotranspiración. En este caso la capacidad productiva de los suelos es más importante que el tipo de eco-

sistema. Ambos modelos exhiben aproximadamente la misma correlación, y el que incluye la capacidad productiva de los suelos exhibe menor error en la estimación que el elaborado con el tipo de ecosistema ($r^2 = 0,60$ y $0,59$ respectivamente).

La mayor influencia de la capacidad productiva de los suelos se pone de manifiesto al comparar los resultados del modelo múltiple que la incluye con el modelo simple en función de la evapotranspiración, elaborados con el mismo subconjunto de datos, es decir aquellos que cuentan simultáneamente con valores de la variable edáfica y climática ($r^2 = 0,60$ y $0,42$), mientras que el efecto del tipo de ecosistema se evalúa comparando el modelo múltiple que lo incluye, con el modelo simple en función de la evapotranspiración elaborado para el conjunto total de los datos ($r^2 = 0,59$ y $0,50$ respectivamente). Estos resultados sugieren que el tipo de suelo ejerce una influencia mayor sobre la productividad subterránea que sobre la productividad aérea. La eficiencia en el uso del agua marca otra diferencia cuando se comparan los resultados entre las dos variables dependientes. En cuanto a la productividad total se refiere, los pastizales son los más eficientes (productividad relativa a la evapotranspiración, indicada por el coeficiente de regresión, es $1,2$ ó $1,1$), y los bosques y selvas de zonas tropicales los que exhiben menor capacidad de respuesta ante un aumento en la disponibilidad del agua ($0,6$), indicando las respuestas diferentes de la productividad subterránea y aérea a los distintos factores ambientales.

CONCLUSIONES

1. Es posible estimar la productividad aérea y total a nivel regional de los ecosistemas naturales y seminaturales, a partir de los factores climáticos, edáficos y características estructurales de la vegetación, con mayor correlación que las propuestas en modelos previos que por lo general incluyen sólo variables climáticas tal como los desarrollados por Lieth (1975).

2. Dado que el objetivo final es la elaboración de mapas de la productividad, y que los mapas climáticos exhiben sus resultados en intervalos de las variables, parece razonable utilizar los modelos en los cuales se han promediado los valores de la productividad dentro de rangos de 25 mm de la variable independiente.

Los parámetros de las nuevas ecuaciones no se diferencian taxativamente de los mencionados antes (Tablas 5 y 6); así la productividad aérea se estima, a partir de la evapotranspiración y el tipo de ecosistema, con una correlación (r^2) del 83 % y la productividad total, a partir de la evapotranspiración y la capacidad productiva de los suelos, con una correlación del 70 %.

Es de notar que la productividad total promedio se estima con una correlación prácticamente igual (69 %) a partir de la precipitación; sin embargo el modelo múltiple en función de la evapotranspiración y la capacidad productiva de los suelos sigue siendo más correcto ya que éste está elaborado con un subconjunto de muestras (aquellas que tienen simultáneamente valores de la variable climática y de la capacidad productiva de los suelos) y la influencia de la capacidad productiva de los suelos debe evaluarse comparando los resultados del modelo múltiple, con los del modelo climático elaborado con el mismo subconjunto de datos. El error de la estimación es además menor en el modelo combinado que en el modelo simple en función de la precipitación ($\sqrt{DM} = 377$ y 415 g/m²/año respectivamente).

Las funciones descriptas permiten la elaboración de mapas de la productividad para la región, basados en información cartográfica del clima, vegetación y suelo. Logrado este objetivo y el de la estimación de la productividad agrícola, evaluada para la región según distintos niveles tecnológicos, se podrá comparar la productividad (aérea) de los ecosistemas naturales, con mínima intervención humana con los sistemas agrícolas y discutir las causas que generan las diferencias.

AGRADECIMIENTOS

A. Marcolin, R. Ortiz, L. Sancholuz y N. Gazia elaboraron y realizaron la clasificación de la capacidad productiva de los suelos. M. Bertiller, G. Deffosse, A. Lugo, E. Medina, C. Merino, C. Montaña, P. Sims y A. Soriano proveyeron datos de productividad primaria. J. Burgos facilitó estadísticas de evapotranspiración.

BIBLIOGRAFIA

- Ambasht, R.S., A.N. Maurya y U.N. Singh. 1972. Primary production and turnover in certain protected grasslands of Varanasi, India, pp. 43-49. En: Tropical Ecology with an emphasis on Organic Production. P.M. Golley y F.B. Golley, eds. Athens, Georgia, Univ. of Georgia.
- Barbour, M.G., J.H. Burk y W.D. Pitts. 1980. Terrestrial plant ecology. The Benjamin/Cummings Publ. Co., California.
- Bernard, J.M. 1974. Seasonal changes in standing crop and primary production in a sedge wetland and an adjacent dry old-field in central Minnesota. *Ecol.* 55:350-359.
- Bernhard-Reversat, F., C. Huttel y G. Lemee. 1972. Some aspects of the seasonal ecologic periodicity and plant activity in an ever-green rain forest of the Ivory Coast, pp. 217-234. En: Tropical Ecology with an emphasis on Organic Production. P.M. Golley y F.B. Golley, eds. Athens, Georgia, Univ. of Georgia.
- Bertiller, M.B. 1982. Variación periódica de la biomasa aérea de las especies dominantes de una estepa desértica de Nassauvia glomerulosa (Lag.) Don, Provincia de Chubut. *Ecología Arg.* 7:31-54.
- Bertiller, M.B. Specific primary productivity in arid ecosystems: a case study in Patagonia, Argentina. *Oecología generalis*. En prensa.
- Blydenstein, J. 1963. Cambios en la vegetación después de protección contra el fuego. Parte I. El aumento anual en material vegetal en varios sitios quemados en la Estación Biológica. *Bol. Soc. Ven. Cienc. Nat.* 23:233-238.
- Bourliere, F. y M. Hadley. 1970. The ecology of Tropical Savannas. *Ann. Rev. Ecol. & Syst.* 1:125-152.
- Braun Wilke, R.H. 1982. Net primary productivity and nitrogen and carbon distribution in two xerophytic communities of central-west Argentina. *Plant and Soil* 67:315-323.
- Bray, R. y E. Gorham. 1984. Litter production in forests of the world. En: *Adv. Ecol. Res.*, J.B. Cragg, ed. Vol. 2:101-157. Ac. Press, N.Y.
- Brown, S. y A.E. Lugo. 1982. The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in the global carbon cycle. *Biotropica* 14(3):161-187.
- Buringh, P., H.D.J. van Heemst y G.J. Staring. 1975. Computation of the absolute maximum food production of the world. 59 pp. Wageningen.

- Cable, D.R. 1975. Influence of precipitation on perennial grass production in the semidesert southwest. *Ecol.* 56:981-986.
- Cannell, M.G.R. 1982. World forest biomass and primary production data. 391 pp. Academic press, Londres.
- Choudhary, V.B. 1972. Seasonal variation in standing crop and net above ground production in Dichanthium annulatum grassland at Varanasi, pp. 51-57. En: *Tropical Ecology with an emphasis on Organic Production*. P.M. Golley y F.B. Golley, eds. Athens, Georgia, Univ. of Georgia.
- Cole, D.W. y M. Rapp. 1981. Elemental cycling in forest ecosystems, pp. 341-409. En: Reichle, D.E. (ed.): *Dynamic properties of forest ecosystems*. IBP 23, Cambridge University Press, Cambridge.
- Coupland, R.T. 1979. Use and Management, p. 107-111. En: Coupland, R.T. (ed.): *Grassland ecosystems of the world*. IBP 18. Cambridge University Press, Cambridge.
- Crow, T.R. 1978. Biomass and production in three contiguous forests in northwest Wisconsin. *Ecol.* 59:265-273.
- Dash, M.C.; U.C. Patra y A.V. Thambi. 1974. Comparison of primary production of plant material and secondary production of Oligochaetes in tropical grasslands of Southern Orissa, India. *Trop. Ecol.* 15(1 y 2): 16-21.
- Day, F.P. y C.D. Monk. 1974. Vegetation patterns on a southern Appalachian watershed. *Ecol.* 55:1064-1074.
- De Angelis, D.L.; R.H. Gardner y H.H. Shugart. 1981. Productivity of forest ecosystems studies during the IBP: the woodland data set, pp. 587-672. En: Reichle, D.E. (ed.): *Dynamic properties of forest ecosystems*. IBP 23. Cambridge University Press, Cambridge.
- Deffossé, G. y M. Merino. Structural and dynamic characteristics of grassland of northern Patagonia, Argentina. Ed. Breymayer (en prensa).
- Draper, N.R. y H. Smith. 1966. *Applied Regression Analysis*. Wiley, New York.
- Duvigneaud, P.; P. Kestemont y P. Ambroes. 1977. Productivité primaire des forêts tempérées d'essences feuillues caducifoliées en Europe occidentale, pp. 259-270. En: *Productivity of forest ecosystems*. Proc. Brussels Symp., P. Duvigneaud (ed.), UNESCO, Paris.
- Dylis, N. 1971. Primary production of mixed forests, pp. 227-232. En: *Productivity of forest ecosystems*. Proc. Brussels Symp., P. Duvigneaud (ed.), UNESCO, Paris.

- Escobar, A. y L. González. 1979. La production primaire de la savane inondable d'Apure (Venezuela). *Geo. Eco. Trop.* 3(1):53-70.
- Espinoza, D.C. 1969. Variación estacional de los constituyentes bromatológicos de la paja peluda (Trachypogon plumosus Humb. Bomp. Nees). *Acta Bot. Ven.* 4(1-4):389-421.
- FAO. 1981. Informe del Proyecto de zonas agroecológicas. Vol. 3. Metodología y resultados para América del Sur y Central. FAO, Roma.
- Garg, R.K. y L.M. Vyas. 1975. Litter production in deciduous forests near Udaipur (South Rajasthan, India), pp. 124-131. En: *Tropical Ecological Systems*. En: F.B. Golley y E. Medina. Springer-Verlag, New York.
- Gómez, I.; G.C. Gallopín y M. Gross. 1982. Modelos de la productividad primaria neta de zonas tropicales. *Ecología Arg.* (7):1-16.
- Golley, P.M. y F.B. Golley, eds. 1972. *Tropical Ecology with an Emphasis on Organic Production*. Athens, Georgia, University of Georgia.
- Golley, F.B. y E. Medina, eds. 1975. *Tropical Ecological Systems*. Springer-Verlag, New York.
- González-Giménez. 1979. Tropical grazing land ecosystems of Venezuela. Primary and secondary productivity in flooded savannas. En: *Tropical grazing land ecosystems*. UNESCO.
- Granier, P. 1979. The grazing land ecosystems of the Mid-West of Madagascar. En: *Tropical grazing land ecosystems*. UNESCO.
- Gray, J.T. 1982. Community structure and productivity in Ceanothus chaparral and coastal sage scrub of southern California. *Ecol. Mon.* 52(4): 415-435.
- Gray, J.T. 1983. Nutrient use by evergreen and deciduous shrubs in southern California. I. Community nutrient cycling and nutrient-use efficiency. *J. Ecol.* (1):21-42
- Green, R.G. 1979. Sampling design and statistical methods for environmental biologists. Wiley Interscience Publ., New York.
- Grier, C.C. y R.S. Logan. 1977. Old-growth Pseudotsuga menziesii communities of a western Oregon watershed: biomass distribution and production budgets. *Ecol. Monogr.* 47:373-400.
- Gupta, R.K.; S.M. Saxena y S.K. Sharm. 1972. Aboveground productivity of grasslands at Jodhpur, India, pp. 75-93. En: *Tropical Ecology with an emphasis on Organic Production*. P.M. Golley y F.B. Golley, eds. Athens, Georgia, Univ. of Georgia.
- Janzen, D.H. 1974. Tropical blackwater rivers, animals and mast by the Dipterocerpaceae. *Biotropica* 6(2):69-103.

- Johnson, F.L. y P.G. Risser. 1974. Biomass, annual net primary production, and dynamics of six mineral elements in a post oak-black-jack oak forest. *Ecol.* 55: 1246-1258.
- Jordan, C.F. 1971. Productivity of a tropical forest and its relations to a world pattern of energy storage. *J. Ecol.* 59(1): 127-145.
- Jordan, C.F. y G. Escalante. 1980. Root Productivity of an Amazonian Rain Forest. *Ecol.* 61(1): 14-18.
- Kira, T. y H. Ogawa. 1962. Assessment of primary production in tropical and ecuatorial forests, pp. 309-321. En: Productivity of forest ecosystems, Proc. Brussels Symp., UNESCO.
- Klinge, H.; W.A. Rodríguez, E. Brunig y P.J. Fittkau. 1975. Biomass and structure in a central Amazonian rain forest. En: Tropical Ecological Systems. F.B. Golley y E. Medina, eds. Springer-Verlag, Berlin.
- Lamotte, M. 1979. Structure and functioning of the savanna ecosystems of Lamto (Ivory Coast), pp. 512-545. En: Tropical grazing land ecosystems. UNESCO/UNEP/FAO.
- Lamprey, H.F. 1979. Structure and functioning of the semi-arid grazing land ecosystems of the Serengeti region (Tanzania), pp. 562-585. En: Tropical grazing land ecosystems. UNESCO/UNEP/FAO.
- Lieth, H. 1975. Primary productivity of the major vegetation units of the world, pp. 203-216. En: Lieth, H. y R.H. Whittaker (eds.), Primary productivity of the biosphere. Springer-Verlag, New York.
- Lieth, H. 1975. Modelling the primary productivity of the world, pp. 237-283. En: Primary productivity of the biosphere. Ed. by H. Lieth y R.H. Whittaker. Springer-Verlag, New York.
- Likens, G.E.; F.H. Bormann, N.M. Johnson, D.W. Fisher y R.S. Pierce. 1970. Effects of forest cutting and herbicide treatment on nutrients budgets in the Hubbard Brook watershed ecosystem. *Ecol. Mon.* 40(1): 23-47.
- Loucks, O.L.; A.R. Ek; W.C. Johnson y R.A. Monserud. 1981. Growth, aging and succession, pp. 37-85. En: Reichle, D.E. (ed.): Dynamic properties of forest ecosystems. IBP 23. Cambridge University Press, Cambridge.
- Malaisse, F.; R. Freson, G. Coffinet y M. Malaisse-Mousset. 1975. Litter fall and litter breakdown in Miombo, pp. 137-152. En: Tropical Ecological Systems. F.B. Golley y E. Medina, eds. Springer-Verlag.
- Medina, E. y M. Zelwer. 1972. Soil respiration in tropical plant communities, pp. 345-267. En: Tropical Ecology with an emphasis on Organic Production. P.M. Golley y F.B. Golley, eds. Athens, Georgia, Univ. of Georgia.

- Medina, E. y G. Sarmiento. 1979. Tropical grazing land ecosystems of Venezuela. Ecophysiological studies in the *Trachypogon* savanna (Central Llanos). En: Tropical grazing land ecosystems, UNESCO.
- Miller, P.C. (ed.). 1981. Resource use by chaparral and matorral. A comparison of vegetation function in two mediterranean type ecosystems. Ecol. Studies 39. Springer-Verlag, New York.
- Misra, R. 1972. A comparative study of net primary productivity of dry deciduous forest and grassland of Varanasi, India, pp. 279-293. En: Tropical Ecology with an emphasis on Organic Production. P.M.Golley y F.B.Golley, eds. Athens, Georgia, Univ. of Georgia.
- Murphy, P.G. 1975. Net primary productivity in tropical terrestrial ecosystems. En: Primary Productivity of the Biosphere. H. Lieth y R.H. Whittaker, eds. Springer-Verlag, New York.
- Numata, M. y M. Mitsudera. 1969. Efficient environmental factors to the growth and production of the *Miscanthus sinensis* grasslands in Japan. Ecological judgement of grassland, condition and trend, V. Jap. J. of Bot. 20(2): 135-151.
- Ode, D.J.; L.L. Tieszen y J.C. Lerman. 1980. The seasonal contribution of C₃ and C₄ plant species to primary production in a mixed prairie. Ecol. 61(6): 1304-1311.
- Odum, H.T. y R.F. Pigeon, eds. 1970. A tropical rain forest. A study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico. Washington, D.C., U.S. Atomic Energy Commission, Div. of Tech. Inf.
- O'Neill, R.V. y D.L. De Angelis. 1981. Comparative productivity and biomass relations of forest ecosystems, pp. 411-450. En: Dynamic properties of forest ecosystems. Ed. D.E. Reichle, IBP 23.
- Pandey, A.N. 1974. Shortterm effect of burning on the aboveground production of *Dichanthium annulatum* grassland stands. Trop. Ecol. 15(1/2): 152-153.
- Pandeya, S.C. y H.K. Jain. 1979. Description and functioning of arid to semi-arid grazing land ecosystems at Khirasara, near Rajkot (Gujarat), pp. 630-655. En: Tropical grazing land ecosystems. UNESCO/UNEP/FAO.
- Pitt, M.D. y H.F. Heady. 1978. Responses of annual vegetation to temperature and rainfall patterns in northern California. Ecol. 59(2): 336-350.
- Powell, M.J.D. 1964. An efficient method for finding the minimum of a function of several variables without calculating derivatives. Comput. 7: 155-162.
- Redmann, R.E. 1975. Production ecology of grassland plant communities in western North Dakota. Ecol. Mon. 45: 83-106.

- Rosenzweig, M.L. 1968. Net primary productivity of terrestrial communities: prediction from climatological data. *The Amer. Nat.* (102) 923: 67-74.
- Sala, O.E.; V.A. Deregibus; T.M. Schlichter y H.A. Alippe. 1981. Productivity dynamics of a native temperate grassland in Argentina. *J. Range Manag.* 34(1): 48-51.
- San José, J.J. y E. Medina. 1975. Effect of fire on organic matter production and water balance in a tropical savanna, pp. 251-254. En: *Tropical Ecological Systems*. F.B. Golley y E. Medina. Springer-Verlag, Berlin.
- San José, J.J. y E. Medina. 1976. Organic matter production in the Trachypogon savanna at Calabozo, Venezuela. *Trop. Ecol.* 17(2): 113-124.
- San José, J.J. y E. Medina. 1977. Producción de material orgánico en las sabanas de Trachypogon en Calabozo, Venezuela. *Bol. Soc. Ven. Cienc. Nat.* 33(134): 75-100.
- Sarmiento, G. y M. Vera. 1979. Composición, estructura, biomasa y producción primaria de diferentes sabanas en los llanos occidentales de Venezuela. *Soc. Ven. Cienc. Nat.* XXXIV(136): 6-41.
- Schlesinger, W.M. 1978. Community structure, dynamic and nutrient cycling in the Okefenokee cypress swamp forest. *Ecol. Monogr.* 48:43-65.
- Shrimal, R.L. y L.N. Vyas. 1975. Net primary production in grasslands at Udaipur, India, pp. 265-271. En: *Tropical Ecological Systems*. F.B. Golley y E. Medina. eds. Springer-Verlag, Berlin.
- Sims, P.L.; J.S. Singh y W.K. Lauenroth. 1978. The structure and function of ten western North American grasslands. I. Abiotic and vegetational characteristics. *J. Ecol.* 66: 251-285.
- Sims, P.L. y R.T. Coupland. 1979. Producers, pp. 49-72. En: *Grassland ecosystems of the world*. R.T. Coupland, ed. IBP 18, Cambridge University Press, Cambridge.
- Singh, J.S. y P.S. Yadava. 1972. Biomass structure and net primary productivity in the grassland ecosystem at Kurukshetra, pp. 59-74. En: *Tropical Ecology with an emphasis on Organic Production*. P.M. Golley y F.B. Golley, eds. Athens, Georgia. Univ. of Georgia.
- Singh, J.S. y P.S. Yadava. 1974. Seasonal variation in composition, plant biomass and net primary productivity of a tropical grassland at Kurukshetra, India. *Ecol. Mon.* 44(3): 351-376.
- Singh, J.S. y M.C. Joshi. 1979. Primary production. En: *Grassland ecosystems of the world*. R.T. Coupland, ed. IBP 18, Part IV. Cambridge University Press, Cambridge.

- Soriano, A. 1983. Desert and semi-desert of Patagonia, pp. 423-460. En: Temperate desert and semi-deserts. Ecosystems of the world. N.E. West, ed. Vol. 5. Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam.
- Tanner, E.V.J. 1980. Litterfall in montane rain forests of Jamaica and its relation to climate. *J. Ecol.* 68:833-848.
- Thorntwaite, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review* 38(1):55-94.
- UNESCO/UNEP/FAO. 1978. Tropical Forest Ecosystems.
- UNESCO. 1978. Gross and net primary production and growth parameters. Part I, pp. 233-248. En: Tropical Forest Ecosystems, UNESCO/UNEP/FAO.
- UNESCO. 1979. Phenology and primary production. Part I, pp. 119-145. En: Tropical grazing land ecosystems. UNESCO/UNEP/FAO.
- Varshney, C.K. 1972. Productivity of Delhi grasslands, pp. 27-42. En: Tropical Ecology with an emphasis on Organic Production. P.M. Golley y F.B. Golley, Eds. Athens, Georgia, Univ. of Georgia.
- Walter, H. 1973. Vegetation of the earth in relation to climate and the eco-physiological conditions. Springer-Verlag, Berlin.
- Webb, W.; S. Szarek; W. Lauenroth y R. Kinerson. 1978. Primary productivity and water use in native forest, grassland, and desert ecosystems. *Ecol.* 59(6): 1239-1247.
- Webb, W.L.; W.K. Lauenroth, S.S. Szarek y R.S. Kinerson. 1983. Primary production and abiotic controls in forests, grasslands, and desert ecosystems in the United States. *Ecol.* 64(1):134-151.
- Whittaker, R.H. 1970. Communities and Ecosystems. Macmillan, London.
- Whittaker, R.H. y G.E. Likens. 1975. The biosphere and man, pp. 305-328. En: Primary productivity of the biosphere. Ed. by H. Lieth y R.H. Whittaker. Springer-Verlag, New York.
- Whittaker, R.H.; G.E. Likens; F.H. Borman; J.S. Eaton y T.G. Siccama. 1979. The Hubbard Brook ecosystem study: forest nutrient cycling and element behavior. *Ecol.* 60(1):203-220.
- Whittaker, R.H. y W.A. Niering. 1968. Vegetation of the Santa Catalina Mountains, Arizona. IV. Limestone and acid soils. *J. Ecol.* 56: 523-544.
- Whittaker, R.H. y W.A. Niering. 1975. Vegetation of the Santa Catalina Mountains, Arizona. V. Biomass, production and diversity along the elevation gradient. *Ecol.* 56:771-790.

Tabla 1: Productividad primaria neta

a) Pastizales, sabanas y semidesiertos de zonas tropicales

COD	LUGAR	TEMPERATURA ANUAL	PRECIPITACION ANUAL	EVAPOTRANSPIRACION ANUAL	ESTACION CREC.	PRODUCTIVIDAD TOTAL	PRODUCTIVIDAD AEREA	CPS	
2	DELHI	25.5*	1122.0	654.0*	120	1330.00*	798.00	3	Varshney 1972.
6	JODHPUR	26.0	289.0	365.0*	90	180.00*	108.00	2	Gupta et al. 1972.
7	JODHPUR	26.0	289.0	365.0*	90	145.00**	87.00	2	Gupta et al. 1972.
16	RAJKOT	26.2	641.0	763.0	120	1624.00	400.00	3	Pandeya y Jain 1979.
19	UDAIPUR	24.0	627.0	647.0	90	300.00*	180.00	2	Vyas et al. 1972. (1)
21	UDAIPUR	24.0	660.0	647.0	90	200.00	162.00	2	Shrinial y Vyas 1975.
23	VARANASI	25.4*	725.0	760.0	120	1359.00	815.00**	3	Ambasht et al. 1972.
24	VARANASI	25.4*	725.0	760.0	120	1055.00	504.00	3	Choudhary 1972.
25	VARANASI	25.4*	725.0	760.0	120	517.00*	310.00	3	Choudhary 1972.
26	VARANASI	25.4*	725.0	760.0	120	1697.00	1355.00	3	Pandey 1974.
27	VARANASI	26.0	760.0	760.0	120	2540.00	2132.00	3	Pandey 1974.
30	VARANASI	25.4*	725.0	760.0	150	2883.00	1730.00**	3	Ambasht et al. 1972.
31	VARANASI	25.4*	725.0	760.0	-	853.00	512.00**	3	Choudhary 1967. En Misra 1972.
36	KATHERINE	-	600.0	-	110	247.00**	148.00	-	Norman 1983. (1)
37	LAMTO	26.7	1300.0	-	270	1660.00*	996.00	-	Roland 1967. (1)
39	LAMTO	26.7	1300.0	1272.0*	280	2150.00	831.00	2	Lamote 1979.
40	LAMTO	26.7	1300.0	1272.0*	280	2240.00	915.00	2	Lamote 1979.
41	LAMTO	26.7	1300.0	1272.0*	280	3580.00	1544.00	3	Lamote 1979.
42	LAMTO	26.7	1300.0	1272.0*	280	3390.00	1492.00	3	Lamote 1979.
43	LAMTO	26.7	1300.0	1272.0*	280	2610.00	1275.00	3	Lamote 1979.
44	LAMTO	26.7	1300.0	1272.0*	280	2650.00	1614.00	3	Lamote 1979.
45	LAMTO	26.7	1300.0	1272.0*	280	2670.00	1448.00	3	Lamote 1979.
46	LIDNEY	28.8**	320.0	13.0	40	70.00*	42.00	1	Guillet 1967. (1)

Tabla 1: Productividad primaria neta

a) Pastizales, sabanas y semidesiertos de zonas tropicales

COD	LUGAR	TEMPERATURA ANUAL	PRECIPITACION ANUAL	EVAPOTRANSPIRACION ANUAL	ESTACION CREC.	PRODUCTIVIDAD TOTAL	PRODUCTIVIDAD AEREA	CPS	
47	MOHI	28.8**	320.0	13.0	40	200.00*	120.00	1	Guillet 1967. (1)
48	RIME	28.8**	320.0	13.0	40	230.00*	138.00	1	Guillet 1967. (1)
49	TEREDE	28.8**	320.0	13.0	40	530.00*	318.00	1	Guillet 1967. (1)
50	ERUJA	27.9**	1500.0	-	-	1450.00*	870.00	-	Nye y Greenland 1960. (1)
52	MADAGASCAR	22.0	1575.0	946.0*	270	1700.00**	1020.00	2	Granier 1979.
54	MADAGASCAR	22.0	1575.0	946.0*	270	750.00*	450.00	1	Granier 1979.
55	BAMACO	27.8*	800.0	787.0*	-	430.00**	260.00	-	Breman 1975. (2)
56	BAMACO	27.8*	1100.0	787.0*	-	530.00**	320.00	-	Breman 1975. (2)
57	DLOKEJEMI	27.1**	1168.0	925.0*	270	1130.00*	678.00	-	Hopkins 1965 y 1968. (1)
58	SHIKA	27.1**	1118.0	925.0*	200	570.00*	342.00	-	Rains 1963. (1)
62	MATAPOS	18.7**	650.0	-	-	230.00*	138.00	-	West. (1)
63	FETE DLE	25.5***	209.0	209.0	70	137.00**	82.00	-	Bille y Poupon 1972. (2)
64	RICHARD TOLL	27.8**	300.0	300.0	60	70.00*	42.00	-	Morel y Bourliere 1962. (1)
65	SAHEL (O)	25.5***	209.0	209.0	70	427.00**	256.00	-	Bille y Poupon 1972. (2)
66	PRETORIA	16.8*	607.0	679.0*	-	150.00*	90.00	-	(1)
67	SPRINGBOK FLATS	17.5**	162.0	-	-	170.00*	102.00	-	Lovw 1968. (1)
68	WELGEVONDEN	17.0***	436.0	-	-	1180.00**	710.00	-	Van Wijk IBP. (3)
69	S-O-AFRICA	-	155.0	155.0	-	200.00*	120.00	-	Walter 1954. (1)
70		-	100.0	100.0	-	133.00**	80.00	-	Walter 1964. (2)
71		-	200.0	200.0	-	267.00**	160.00	-	Walter 1964. (2)
72		-	450.0	-	-	667.00**	400.00	-	Walter 1964. (2)
73	AFRICA SO	-	360.0	-	-	520.00*	312.00	-	Walter 1954. (1)
74	RUWENZORI PARK	19.5***	900.0	-	-	2196.00	701.00	-	Pigot IBP. (3)

Tabla 1: Productividad primaria neta

a) Pastizales, sabanas y semidesiertos de zonas tropicales

COD	LUGAR	TEMPERATURA	PRECIPITACION	EVAPOTRANSPIRACION	ESTACION	PRODUCTIVIDAD		CPS	
		ANUAL	ANUAL	ANUAL	CREC.	TOTAL	AEREA		
75	M'KOMASI	-	500.0	-	-	500.00*	300.00	-	Harris 1972. (2)
76	M'KOMASI	-	150.0	150.0	-	250.00*	150.00	-	Harris 1972. (2)
77	SERENGETI	23.2**	700.0	658.0	210	870.00*	521.00	3	Verschuren. (1)
78	SERENGETI	23.2**	721.0	658.0	210	900.00**	540.00	3	Lamprey 1979.
79	KIVU	-	860.0	-	-	800.00*	480.00	-	Verschuren En Bourliere y Hadley 1970.
80	KIVU	-	860.0	-	-	2917.00**	1750.00	-	Verschuren En Bourliere y Hadley 1970.
81		22.3**	2044.0	-	-	2320.00**	1392.00	-	Daubennire 1972. (1)
82	APURE	27.1**	1432.0	1400.0	-	1163.00**	698.00	2	Gonzales Jimenez 1979.
83	APURE	27.1**	1432.0	1400.0	-	1327.00**	796.00	2	Gonzales Jimenez 1979.
84	APURE	27.1**	1432.0	1400.0	-	1525.00**	915.00	2	Gonzales Jimenez 1979.
85	BARINAS	27.0	1438.0	1100.0	240	1864.00	550.00	2	Sarmiento y Vera 1979.
86	BARINAS	27.0	1093.0	1100.0	240	1000.00**	600.00	2	Sarmiento y Vera 1979.
87	BARINAS	27.0	1245.0	1100.0	240	1278.00	600.00	2	Sarmiento y Vera 1979.
88	BARINAS	27.0	1245.0	1100.0	240	1789.00	650.00	2	Sarmiento y Vera 1979.
92	CALABOZO	27.0	1250.0	690.0	220	668.00**	400.00	1	Medina y Sarmiento 1979.
94	CALABOZO	27.0	1250.0	1100.0	220	467.00**	280.00	1	Sarmiento y Vera 1979.
95	CALABOZO	27.5	1630.0	1100.0	220	682.00	492.00	1	San Jose y Medina 1976 y 1977.
97	CALABOZO	27.5	1630.0	1100.0	220	895.00	705.00	1	Medina y Sarmiento 1979.
99	JUSEPIN	26.0**	1200.0**	1100.0	-	1058.00**	635.00	2	Espinoza 1969.
100	JUSEPIN	26.0**	1200.0**	1100.0	-	732.00**	439.00	2	Espinoza 1969.
101	JUSEPIN	26.0**	1200.0**	1100.0	-	1288.00**	773.00	2	Espinoza 1969.

Tabla 1: Productividad primaria neta

b) Selvas y bosques de zonas tropicales

COD	LUGAR	TEMPERATURA ANUAL	PRECIPITACION ANUAL	EVAPOTRANSPIRACION ANUAL	ESTACION CREC.	PRODUCTIVIDAD TOTAL	PRODUCTIVIDAD AEREA	CPS	
1	CHAKIA	-	-	-	-	-	301.00	-	(4)
2	CHAKIA	30.1	742.0	760.0	-	-	537.00	3	(4)
3	CHAKIA	-	844.0	760.0	270	930.00	794.00	3	(4)
4	UDAIPUR	23.2*	660.0	647.0	-	1200.00*	-	3	Garg y Vyas 1975.
5	VARANASI	25.4*	1040.0	760.0	120	1550.00	-	3	Bandhu 1971. (1)
7	PASOH	26.4*	1900.0	1600.0	-	2200.00	-	-	Bullot 1973. (5)
8		-	3800.0	-	365	3210.00*	-	-	Wanner 1970. (1)
9	CHANTOBURI	27.2	3235.0	-	-	2850.00	-	-	Kira y Ogawa 1969. (6)
10	BUITENZORG	25.0	4117.0	-	-	3275.00	-	-	Lieth 1962. (6)
11	TJIBODAS	27.0*	2000.0	1426.0*	365	2430.00*	-	-	Wanner 1970. (1)
12	KAU CHANG	28.2	2696.0	-	365	1930.00	1670.00	-	Kira et al. 1967. (1) y Brown y Lugo 1982.
13	BONDAYE	26.5	1633.0	-	-	1340.00	-	-	Walter 1968. (6)
14	ANGUEDEDEDOU	26.2*	1500.0	-	-	1110.00	960.00	-	Muller y Nielsen 1965 (1)
15	BANCO	26.2	2095.0	1170.0	365	1700.00	1630.00	2	Lemee et al. 1975.
16	BANCO	26.2	2095.0	1170.0	365	1360.00	1310.00	2	Lemee et al. 1975.
17	YAPD	26.2	1739.0	1423.0	365	1560.00	1480.00	2	(4)
18	KADE	25.0	1630.0	1230.0	365	2080.00	1820.00	-	Nye 1961. (1) y Brown y Lugo 1982.
19	IBADAN	27.0*	1230.0	1226.0	-	1140.00*	-	-	Madge 1965. (1)
20	LUMUMBASHI	20.3	1273.0	1050.0	118	1260.00	1110.00	2	(4)
22	BELEN	25.9*	2277.0	1070.0*	265	2660.00*	-	2	Murca Pires. (5)
23	MANAOS	27.2*	1771.0	1393.0*	300	1680.00*	-	2	Klinge 1968. (1)
24	MANAOS	27.2*	1771.0	1393.0*	300	2190.00*	-	2	Murca Pires. (5)
26		25.5	1807.0	-	-	1820.00	1270.00	-	Kira 1978. En Brown y Lugo 1982.

Tabla 1: Productividad primaria neta

b) Selvas y bosques de zonas tropicales

COD	LUGAR	TEMPERATURA ANUAL	PRECIPITACION ANUAL	EVAPOTRANSPIRACION ANUAL	ESTACION CREC.	PRODUCTIVIDAD TOTAL	PRODUCTIVIDAD AEREA	CPS	
27		25.8	850.0	-	-	1100.00	340.00	-	Lugo et al. 1978.
28	BLUE MTS.	15.5	2430.0	-	-	-	700.00	-	Tanner 1980.
29	DARIEN	27.0	2000.0	-	-	2106.00	-	-	Ewell 1971. (6)
33	IUNCOS	24.8	1697.0	-	-	1033.00	-	-	Jordan 1971. (6)
36	CALABOZO	27.2	1334.0	1080.0*	225	2460.00*	-	3	Medina y Zelwer 1971. (1)
37	R. GRANDE	19.5	1795.0	875.0*	325	2340.00*	-	3	Medina y Zelwer 1971. (1)
38	S.C.R. NEGRO	26.2	3521.0	1592.0*	365	1740.00	1540.00	1	Jordan y Escalante 1980.

Tabla 1: Productividad primaria neta

c) Bosques y arbustales de zonas templadas y frías

COD	LUGAR	TEMPERATURA ANUAL	PRECIPITACION ANUAL	EVAPOTRANSPIRACION ANUAL	ESTACION CREC.	PRODUCTIVIDAD TOTAL	PRODUCTIVIDAD AEREA	CPS	
6	SOLLING PR. (B1)	6.1	1063.0	500.0	144	1373.00	1123.00	2	(4)
7	SOLLING PR. (B3)	6.1	1063.0	500.0	144	-	1008.00	2	(4)
8	SOLLING PR. (B4)	6.1	1063.0	500.0	144	-	1224.00	2	(4)
9	GEMBLOERS	9.2	816.0	-	-	1440.00	-	-	Art y Marks 1971. (6)
10	VIRELLES	8.5	952.0	507.0	155	1457.00	1224.00	3	(4)
11	BAB	10.0	570.0	565.0*	245	-	1070.00	3	(4)
12	HESTEHAVEN	7.1	660.0	526.0*	148	1874.00	1499.00	3	(4)
14	DULU	0.0	500.0	412.0*	120	441.00	421.00	1	(4)
15	FONTAINEBLEAU	10.2	674.0	604.0*	160	-	440.00	2	(4)
16	ROUQUET	12.4	987.0	563.0	365	-	650.00	3	(4)
17	MEERDINK	8.6	780.0	-	180	-	1120.00	-	(4)
18	SIKFOKUT	9.9	582.0	-	190	-	715.00	-	(4)
19	MEATHOP WOOD	7.8	1115.0	592.0*	244	1261.00	992.00	2	(4)
20	KIOTO	11.3	2788.0	855.0*	244	1460.00	1010.00	3	(4)
26	TAKATORIYAMA	13.6	2748.0	748.0*	-	1484.00	1304.00	2	(4)
27	ISPINA	7.8	729.0	611.0*	227	1130.00	1006.00	3	(4)
31	SINAINA(2)	5.1	1025.0	530.0*	175	-	1130.00	3	(4)
32	ANDERSBY	5.5	566.0	-	138	-	723.00	-	(4)
33	KONGALUND	7.0	800.0	550.0	230	1780.00	1540.00	3	(4)
34	LANGAROD	6.0	900.0	521.0*	220	1230.00	1060.00	3	(4)
35	LINNEBJER	7.5	644.0	527.0*	230	1520.00	1290.00	3	(4)
36	DVED	7.0	650.0	524.0*	230	1900.00	1670.00	3	(4)
39	ARCHARGELK	.4	466.0	-	-	560.00	-	-	Drozov 1971. (6)

Tabla 1: Productividad primaria neta

c) Bosques y arbustales de zonas templadas y frías

COD	LUGAR	TEMPERATURA ANUAL	PRECIPITACION ANUAL	EVAPOTRANSPIRACION ANUAL	ESTACION CREC.	PRODUCTIVIDAD TOTAL	PRODUCTIVIDAD AEREA	CPS	
42	AZERBAIJAN SUBTR.(1)	10.0	700.0	-	240	-	858.00	-	(4)
44	BRIANSK	4.7	469.0	-	-	1110.00	-	-	Drozдов 1971. (6)
45	CENTRAL FOREST	3.4	640.0	454.0	128	645.00	530.00	1	(4)
56	KARELIA(11)	2.2	650.0	506.0	150	731.00	621.00	2	(4)
57	KARELIA(12)	2.2	650.0	506.0	150	733.00	617.00	2	(4)
58	KARELIA(13)	2.2	650.0	506.0	150	674.00	570.00	2	(4)
59	KARELIA(14)	2.2	650.0	506.0	150	573.00	481.00	2	(4)
60	KARELIA(15)	2.2	650.0	506.0	150	481.00	409.00	2	(4)
61	KARELIA(16)	2.2	650.0	506.0	150	365.00	309.00	2	(4)
62	KARELIA(17)	2.2	650.0	506.0	150	300.00	255.00	2	(4)
63	KIEV	6.8	528.0	-	-	840.00	-	-	Drozдов 1971. (6)
64	KIGILJAKA	-14.2	94.0	-	-	100.00	-	-	Drozдов 1971. (6)
65	KOINAS	-1.2	499.0	284.0	76	597.00	537.00	1	(4)
66	LES NA VORSKLE(7)	6.0	537.0	453.0	120	-	975.00	3	(4)
67	LES NA VORSKLE(8)	6.0	537.0	453.0	120	-	964.00	3	(4)
68	MARKOVO	-9.4	200.0	-	-	250.00	-	-	Drozдов 1971. (6)
69	DNEGA	.9	497.0	-	-	600.00	-	-	Drozдов 1971. (6)
70	POREZKOJE	3.4	508.0	-	-	900.00	-	-	Drozдов 1971. (6)
71	VELSK	-1.5	519.0	-	-	790.00	-	-	Drozдов 1971. (6)
72	VOLOGDA	2.4	288.0	-	-	600.00	-	-	Drozдов 1971. (6)
73	VORONESH	5.6	480.0	-	-	720.00	-	-	Drozдов 1971. (6)
74	MT.DISAPPOINTMENT	11.2	982.0	583.0*	365	1000.00	852.00	3	Drozдов 1971. (6)
75	ONTARIO(1)	4.0	1242.0	562.0	167	-	451.00	1	(4)

Tabla 1: Productividad primaria neta

c) Bosques y arbustales de zonas templadas y frías

COD	LUGAR	TEMPERATURA	PRECIPITACION	EVAPOTRANSF.	ESTACION	PRODUCTIVIDAD		CPS	
		ANUAL	ANUAL	ANUAL	CREC.	TOTAL	AEREA		
76	ONTARIO(2)	4.0	1242.0	562.0	167	-	870.00	2	(4)
77	ONTARIO(3)	4.0	1242.0	562.0	167	-	989.00	2	(4)
78	ONTARIO(4)	4.0	1242.0	562.0	167	-	383.00	1	(4)
79	ANDREWS FOREST	8.5	2250.0	735.0	150	1893.00	1171.00	3	(4)
80	BLACK SPRUCE(FM)	-	-	200.0	-	238.00	159.00	1	(4)
81	BLACK SPRUCE(1)	-3.4	269.0	200.0	70	92.00	51.00	1	(4)
82	BLACK SPRUCE(2)	-3.4	287.0	200.0	70	159.00	111.00	2	(4)
83	BROOKHAVEN	9.8	1240.0	-	-	1196.00	859.00	-	(4)
84	COWEETA	12.6	1945.0	964.0	150	-	875.00	2	(4)
85	ECHO VALLEY	13.4	476.0	-	-	1448.00	702.00	-	Miller 1981.
86	G.SMOKY MTS.	-	-	380.0	-	-	450.00	2	Rosenzweig 1968.
87	G.SMOKY MTS.	-	-	507.0	-	-	490.00	2	Rosenzweig 1968.
88	G.SMOKY MTS.	-	-	832.0	-	-	1202.00	3	Rosenzweig 1968.
89	G.SMOKY MTS.	-	-	407.0	-	-	562.00	3	Rosenzweig 1968.
90	G.SMOKY MTS.	-	-	479.0	-	-	923.00	3	Rosenzweig 1968.
91	G.SMOKY MTS.	-	-	437.0	-	-	1023.00	3	Rosenzweig 1968.
92	G.SMOKY MTS	-	-	490.0	-	-	776.00	3	Rosenzweig 1968.
93	G.SMOKY MTS.	-	-	661.0	-	-	1175.00	3	Rosenzweig 1968.
94	G.SMOKY MTS.	-	-	549.0	-	-	1096.00	3	Rosenzweig 1968.
95	G.SMOKY MTS.	-	-	708.0	-	-	1230.00	3	Rosenzweig 1968.
96	G.SMOKY MTS.	-	-	562.0	-	-	1023.00	3	Rosenzweig 1968.
97	HUBBARD BROOK	-	1250.0	514.0	110	1147.00	957.00	-	(4)
98	KEHORA	2.3	641.0	-	-	1110.00	-	-	Reader 1971. (6)

Tabla 1: Productividad primaria neta

c) Bosques y arbustales de zonas templadas y frías

COD	LUGAR	TEMPERATURA	PRECIPITACION	EVAPOTRANSP.	ESTACION	PRODUCTIVIDAD		CPS	
		ANUAL	ANUAL	ANUAL	CREC.	TOTAL	AEREA		
99	LEMMON MTS.	-	810.0	-	-	1020.00	869.00	-	Whittaker y Niering 1968. (7)
100	LEO CARRILLO	18.0	645.0	-	-	-	1056.00	-	Gray 1982.
101	LEO CARRILLO	18.0	645.0	-	-	-	355.00	-	Gray 1982.
102	LIRIODENDRON SITE	13.3	1400.0	842.0*	180	1452.00	742.00	3	(4)
103	NDE WOODS	6.9	777.0	632.0*	171	1481.00	819.00	3	(4)
104	NORMAN	2.2	862.0	-	-	1490.00	1265.00	-	Johnson y Riser 1974. (7)
105	OKEFENOKEE	-	1280.0	-	-	-	763.00	-	Schlesinger 1978. (7)
108	STA.CATALINA	16.7	492.0	-	-	300.00	149.00	-	Whittaker y Niering 1975. (7)
113	WISCONSIN	5.6	800.0	-	-	-	801.00	-	Crow 1978. (7)
116	FUNDO	12.4	593.0	-	-	1981.00	401.00	-	Miller 1981.

Tabla 1: Productividad primaria neta

d) Pastizales y semidesiertos de zonas templadas y frías

COD	LUGAR	TEMPERATURA	PRECIPITACION	EVAPOTRANSP.	ESTACION	PRODUCTIVIDAD		CPS	
		ANUAL	ANUAL	ANUAL	CREC.	TOTAL	AEREA		
1	MATADOR	4.1	338.0	-	194	701.00	110.00	3	(8)
2	MATADOR	2.5	338.0	-	182	539.00	134.00	3	(8)
3	MATADOR	1.9	338.0	-	166	866.00	197.00	3	(8)
4	ALE	11.9	250.0	200.0	231	-	82.00	3	(8)
6	ALE	11.4	187.0	180.0	283	-	114.00	3	(8)
8	BISON	7.5	400.0	425.0	185	-	272.00	2	(8)
10	BRIDGER	1.2	980.0	550.0	104	-	168.00	2	(8)
12	BRIDGER	2.9	980.0	-	141	801.00	330.00	2	(8)
14	COTTONWOOD	8.0	400.0	420.0	187	728.00	212.00	3	(8)
16	COTTONWOOD	7.8	680.0	650.0	213	1076.00	255.00	3	(8)
18	COTTONWOOD	5.7	400.0	450.0	201	542.00	279.00	3	(8)
20	CURLEY	7.7	260.0	-	-	-	110.00	-	Webb et al. 1982.
21	DICKINSON	4.1	510.0	510.0	168	1283.00	351.00	3	(8)
23	FORT BERTHOLD	4.3	360.0	357.0*	-	-	465.00	3	Redmann 1975.
24	FORT BERTHOLD	4.3	360.0	357.0*	-	-	483.00	3	Redmann 1975.
25	FORT BERTHOLD	4.3	360.0	357.0*	-	-	374.00	3	Redmann 1975.
26	FORT BERTHOLD	4.3	360.0	357.0*	-	-	449.00	2	Redmann 1975.
27	FORT BERTHOLD	4.3	360.0	357.0*	-	-	381.00	2	Redmann 1975.
28	FORT BERTHOLD	4.3	360.0	357.0*	-	-	471.00	3	Redmann 1975.
29	FORT BERTHOLD	4.3	360.0	357.0*	-	-	445.00	3	Redmann 1975.
30	FORT BERTHOLD	4.3	360.0	357.0*	-	-	370.00	3	Redmann 1975.
31	FORT BERTHOLD	4.3	360.0	357.0*	-	-	322.00	2	Redmann 1975.
32	FORT BERTHOLD	4.3	360.0	357.0*	-	-	333.00	2	Redmann 1975.

Tabla 1: Productividad primaria neta

d) Pastizales y semidesiertos de zonas templadas y frías

COD	LUGAR	TEMPERATURA	PRECIPITACION	EVAPOTRANSP.	ESTACION	PRODUCTIVIDAD		CPS	
		ANUAL	ANUAL	ANUAL	CREC.	TOTAL	AEREA		
33	HAYS	11.6	470.0	470.0	226	1425.00	363.00	2	(8)
35	HOPLAND	-	889.0	539.0*	120	-	310.00	3	Pitt y Heady 1978.
36	JORNADA	14.3	160.0	160.0	335	225.00	134.00	2	(8)
38	JORNADA	14.7	200.0	200.0	280	379.00	125.00	2	(8)
40	JORNADA	13.4	375.0	375.0	333	282.00	186.00	2	(8)
42	ORDWAY	6.7	619.0	-	180	-	166.00	-	Ode et al. 1980.
43	OSAGE	15.2	650.0	510.0	272	933.00	331.00	3	(8)
45	OSAGE	15.2	920.0	750.0	270	847.00	416.00	3	(8)
47	OSAGE	14.9	890.0	650.0	275	882.00	290.00	3	(8)
49	PANTEX	14.3	240.0	250.0	271	572.00	155.00	3	(8)
51	PANTEX	13.6	590.0	600.0	265	897.00	289.00	3	(8)
53	PANTEX	13.2	425.0	400.0	272	1203.00	327.00	3	(8)
55	PAWNEE	7.0	230.0	230.0	166	571.00	160.00	3	(8)
57	PAWNEE	8.0	270.0	270.0	207	904.00	218.00	3	(8)
59	PAWNEE	8.0	345.0	325.0	207	745.00	138.00	3	(8)
61	ROCK VALLEY	17.4	164.0	-	-	-	45.00	-	Webb et al. 1982.
62	SAN JOAQUIN	15.0	559.0	-	365	905.00	441.00	3	(8)
64	SHERBURNE	-	690.0	-	120	813.00	457.00	-	Bernard 1974.
65	STA. RITA	-	42.0	-	-	-	48.00	-	Cable 1975.
66	SILVERBELL	21.0	276.0	-	-	-	66.00	-	Webb et al. 1982.
67	EA. MEDIA LUNA	6.0	400.0	409.0	160	318.00	87.00	3	Deffosse y Merino (en prensa).
68	LAS CHILCAS	14.7	912.0	762.0*	365	-	532.00	1	Sala et al. 1981.
69	RIO MAYO	8.3	142.0	166.0*	155	-	266.00	2	Soriano 1982.

Tabla 1: Productividad primaria neta

d) Pastizales y semidesiertos de zonas templadas y frías

COD	LUGAR	TEMPERATURA	PRECIPITACION	EVAPOTRANSP.	ESTACION	PRODUCTIVIDAD		CPS	
		ANUAL	ANUAL	ANUAL	CREC.	TOTAL	AEREA		
70	SARMIENTO	8.0	100.0	135.0*	82	-	120.00	1	Bertiller 1982 y (en prensa).

Notas:

Temperatura anual, media, en °C.

Precipitación anual, media, en mm.

La ausencia de asterisco indica que el dato se obtuvo de las referencias citadas en la última columna. *: de la estación meteorológica correspondiente al lugar de estudio de la productividad; **: de la estación meteorológica más cercana al lugar de estudio; ***: de Atlas Climatológico.

Evapotrans. anual; evapotranspiración media anual, en mm. * indica dato calculado.

Estación crec.: longitud de la estación del crecimiento, en días.

Productividad total y aérea, en g/m²/año. En estas dos últimas columnas los asteriscos indican datos calculados. En pastizales de zonas tropicales *: indica dato calculado por Murphy (1975), suma un 40 % a la productividad aérea para obtener la total; **: igual, en el presente trabajo. En bosques y selvas de zonas tropicales *: dato calculado por Murphy (1975) a partir de mediciones de hojarasca, esto representa un tercio de la productividad total.

CPS: capacidad productiva de los suelos; 3: buena; 2: regular y 1: baja.

Referencias bibliográficas: (1): Murphy, 1975. (2): UNESCO, 1979. (3): Singh y Joshi, 1979. (4): De Angelis et al., 1981. (5): UNESCO, 1978, Cap. 10. (6): Lieth, 1975. (7): Cannell, 1982. (8): Sims y Coupland, 1979.

Tabla 2: Valores medios de la productividad primaria neta medida en diversos tipos de ecosistemas.

Grupos de ecosistemas	Productividad g/m ² /año									
	Total					Aérea				
	n	Media	Máximo	Mínimo	Error standard	n	Media	Máximo	Mínimo	Error standard
Todos	127	1103	3275	70	62,55	129	593	1820	42	39,06
Tropicales	66	1263	3275	70	103,20	53	613	1820	42	65,07
1) Pastizales, sabanas, semi-desiertos y desiertos	41	849	2619	70	107,11	41	459	1392	42	54,39
2) Selvas y bosques	25	1872	3275	930	136,48	12	1141	1820	340	137,48
Templados y fríos	61	959	1981	92	61,71	76	579	1670	87	48,64
1) Pastizales, sabanas y semidesiertos	21	782	1425	225	70,03	34	232	532	45	22,19
2) Bosques y arbustales	40	1052	1981	92	83,49	42	860	1670	87	56,77

Tabla 3: Valores medios de la productividad primaria neta según la capacidad productiva de los suelos medida en diversos ecosistemas.

Grupo de ecosistemas	Capacidad productiva de los suelos	Productividad g/m2/año									
		Total					Aérea				
		n	Media	Máximo	Mínimo	Error standard	n	Media	Máximo	Mínimo	Error standard
Todos	buena	52	1358	3580	318	111,37	71	754	2132	82	58,88
	regular	40	1090	2660	145	106,44	52	614	1630	87	52,88
	baja	15	550	1740	70	106,89	19	404	1540	42	76,75
Tropicales	buena	22	1737	3580	517	217,80	18	1081	2132	310	130,60
	regular	24	1348	2660	145	138,75	21	738	1630	87	92,76
	baja	10	623	1740	70	149,65	10	448	1540	42	136,46
1) Pastizales, sabanas, semidesiertos y desiertos tropicales	buena	17	1749	3580	517	271,52	16	1062	2132	310	142,99
	regular	17	1173	2240	145	164,82	17	586	1020	87	71,96
	baja	9	499	895	70	93,52	9	327	705	42	69,99
2) Bosques y selvas tropicales	buena	5	1696 ⁽¹⁾	2460	930	304,35	2 ⁽²⁾	665	794	537	128,50
	regular	7	1773	2660	1260	186,05	4	1382	1630	1110	111,91
	baja	1	1740	--	--	--	1	1540	--	--	--
Templados y fríos	buena	30	1080	1900	318	79,50	53	664	1670	82	61,22
	regular	16	703	1448	159	112,79	31	521	1304	111	63,60
	baja	5	403	645	92	105,26	9	354	537	51	96,06
1) Pastizales, semidesiertos y desiertos	buena	18	806	1283	318	57,82	27	278	483	82	24,80
	regular	5	622	1425	225	224,62	12	252	449	125	35,76
	baja	0	--	--	--	--	2	326	532	120	206,00
2) Bosques y arbustales	buena	12	1490	1900	1000	91,77	26	1065	1670	562	51,11
	regular	11	739	1484	159	134,74	19	691	1394	111	79,74
	baja	5	403	645	92	105,26	7	362	537	51	70,48

(1) $\bar{X}$ aumenta a 2400 g/m2/año si se promedian sólo los valores correspondientes a selvas tropicales.

(2) $\bar{X}$ corresponde sólo a bosques de baja pluviosidad.

Tabla 4: Coeficientes de determinación y desviaciones medias de los modelos de la productividad primaria neta.

Variable independiente	Función	Productividad total				Productividad aérea			
		n	r ²	$\sqrt{DM}$	$\sqrt{DM/\bar{Y}}$	n	r ²	$\sqrt{DM}$	$\sqrt{DM/\bar{Y}}$
Precipitación	Exponencial	127	0,57	462	0,42	129	0,50	313	0,53
	Exponencial*	67	0,69	415	0,32	60	0,71	237	0,34
	Lineal simple	127	0,55	474	0,43	129	0,46	328	0,55
	Lineal simple*	67*	0,56	433	0,35	60*	0,64	263	0,38
Evapotranspiración	Exponencial	79	0,50	473	0,44	97	0,36	367	0,58
	Exponencial*	40	0,64	411	0,38	41	0,65	275	0,41
	Lineal simple	79	0,47	483	0,45	97	0,34	372	0,59
	Lineal simple*	40*	0,63	415	0,37	41*	0,64	276	0,41
Precipitación y tipo de ecosistema	Lineal (1)	127	0,60	459	0,42	129	0,64	273	0,46
	Lineal (1)*	95*	0,63	454	0,39	90*	0,71	250	0,42
Evapotranspiración y tipo de ecosistema	Lineal (1)	79	0,61	434	0,40	97	0,72	249	0,39
	Lineal (1)*	57	0,69	416	0,38	60	0,83	196	0,31
	Lineal (2)	79	0,59	435	0,40	97	0,72	247	0,39
	Lineal (2)*	53*	0,65	426	0,39	54*	0,83	200	0,31
Precipitación y capacidad productiva	Lineal (3)	72	0,52	448	0,39	84	0,47	329	0,53
	Lineal (3)*	57*	0,54	455	0,39	61*	0,58	287	0,44
Evapotranspiración y capacidad productiva	Lineal (4)	66	0,60	409	0,35	89	0,40	349	0,53
	Lineal (4)*	44*	0,70	377	0,33	57*	0,58	272	0,42

n = número de muestras; r^2 = coeficiente de determinación = $1 - \frac{SS \text{ residual}}{SS \text{ total}}$; todos son significativos, $P < 0,01$. $\sqrt{DM}$ = desviación media. $\sqrt{DM/\bar{Y}}$ = coeficiente de variación.

Ecuaciones:

Lineal simple: $y = a + b x$; Exponencial: $y = a (1 - e^{-b x})$

Lineal (1) $y = a + b x_1 + c x_2 + d x_3 + e E_{(1)} + f E_{(2)} + g E_{(3)} + h E_{(4)}$

Tabla 4 (continuación)

$$\text{Lineal (2)} \quad y = a + b X_1 + c X_2 + d E_{(1)} + e E_{(2)} + f E_{(3)}$$

$$\text{Lineal (3)} \quad y = a + b X_{(1)} + c X_{(2)} + d E_{(1)} + e E_{(2)} + f E_{(3)}$$

$$\text{Lineal (4)} \quad y = a + b E_{(1)} + c E_{(2)} + d E_{(3)}$$

Su explicación detallada se describe en la sección Material y Métodos.

* Datos de productividad promediados dentro de rangos de 25 mm de la variable climática.

Tabla 5: Parámetros de las ecuaciones de la productividad primaria neta total.

Variable independiente	Función	Parámetros							
		a	b	c	d	e	f	g	h
Precipitación	Exponencial	2626	0,000650						
	Exponencial*	2747	0,000609						
	Lineal simple	441	0,678						
	Lineal simple*	487	0,647						
Evapotranspiración	Exponencial	2575	0,000899						
	Exponencial*	3187	0,000666						
	Lineal simple	271	1,216						
	Lineal simple*	218	1,284						
Precipitación y tipo de ecosistema	Lineal (1)	173	-76	610	324	0,947	0,561	0,424	0,577
	Lineal (1)*	141	-43	667	393	0,967	0,546	0,379	0,530
Evapotranspiración y tipo de ecosistema	Lineal (1)	864	-882	222	-564	1,212	0,620	1,831	1,203
	Lineal (1)*	1072	-1134	140	-754	1,295	0,558	1,847	1,063
	Lineal (2)	1055	-882	30	1,071	0,620	1,831		
	Lineal (2)*	1305	-1134	-93	1,145	0,558	1,847		
Precipitación y capacidad productiva	Lineal (3)	-446	615	651	0,427	0,822	0,532		
	Lineal (3)*	-429	566	706	0,439	0,775	0,498		
Evapotranspiración y capacidad productiva	Lineal (4)	143	0,811	1,270	1,866				
	Lineal (4)*	133	0,822	1,345	1,902				

Notas: Igual que en Tabla 4.

Tabla 6: Parámetros de las ecuaciones de la productividad neta aérea.

Variable independiente	Función	Parámetros							
		a	b	c	d	e	f	g	h
Precipitación	Exponencial	1538	0,000675						
	Exponencial*	1534	0,000699						
	Lineal simple	187	0,485						
	Lineal simple*	226	0,448						
Evapotranspiración	Exponencial	1686	0,000878						
	Exponencial*	3460	0,000343						
	Lineal simple	132	0,861						
	Lineal simple*	65	0,925						
Precipitación y tipo de ecosistema	Lineal (1)	-71	123	596	154	0,513	0,350	0,226	0,340
	Lineal (1)*	23	29	595	79	0,539	0,312	0,223	0,311
Evapotranspiración y tipo de ecosistema	Lineal (1)	-350	361	407	415	0,631	1,071	0,903	0,441
	Lineal (1)*	-251	238	309	313	0,677	1,071	0,992	0,473
	Lineal (2)	-352	361	410	0,614	1,071	0,903		
	Lineal (2)*	-247	238	304	0,659	1,071	0,992		
Precipitación y capacidad productiva	Lineal (3)	-185	280	234	0,365	0,569	0,445		
	Lineal (3)*	-210	285	287	0,381	0,561	0,398		
Evapotranspiración y capacidad productiva	Lineal (4)	75	0,674	0,810	1,185				
	Lineal (4)*	65	0,685	0,858	1,156				

Notas: Igual que en Tabla 4.

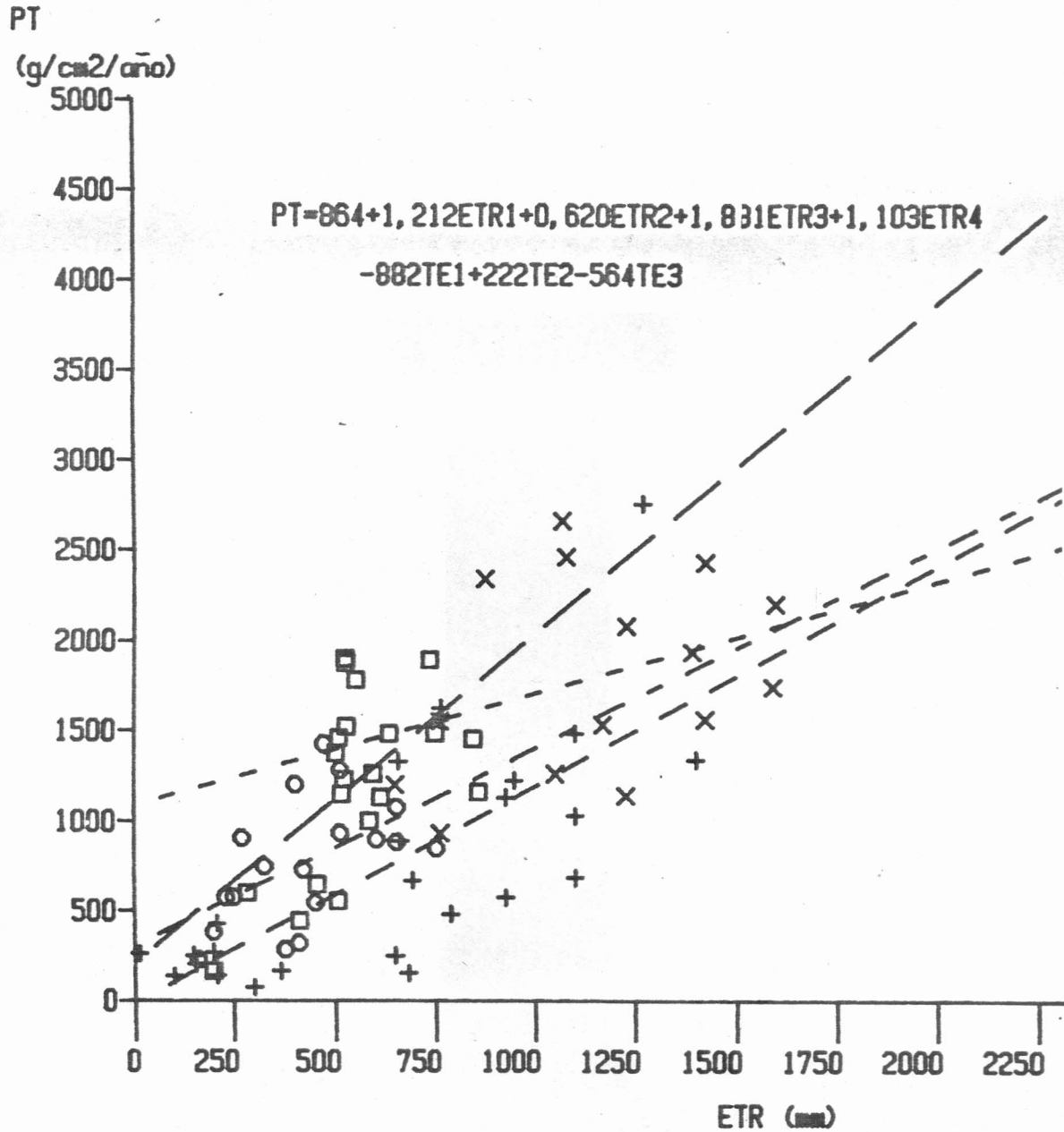


FIGURA 1: Productividad primaria neta total en relación a la evapotranspiración media anual y al tipo de ecosistemas. Modelo lineal múltiple.

- + Pastizales, semidesiertos y desiertos de zonas tropicales.
- x Bosques y selvas de zonas tropicales
- Bosques y arbustales de zonas templadas y frías.
- o Pastizales y semidesiertos de zonas templadas y frías.

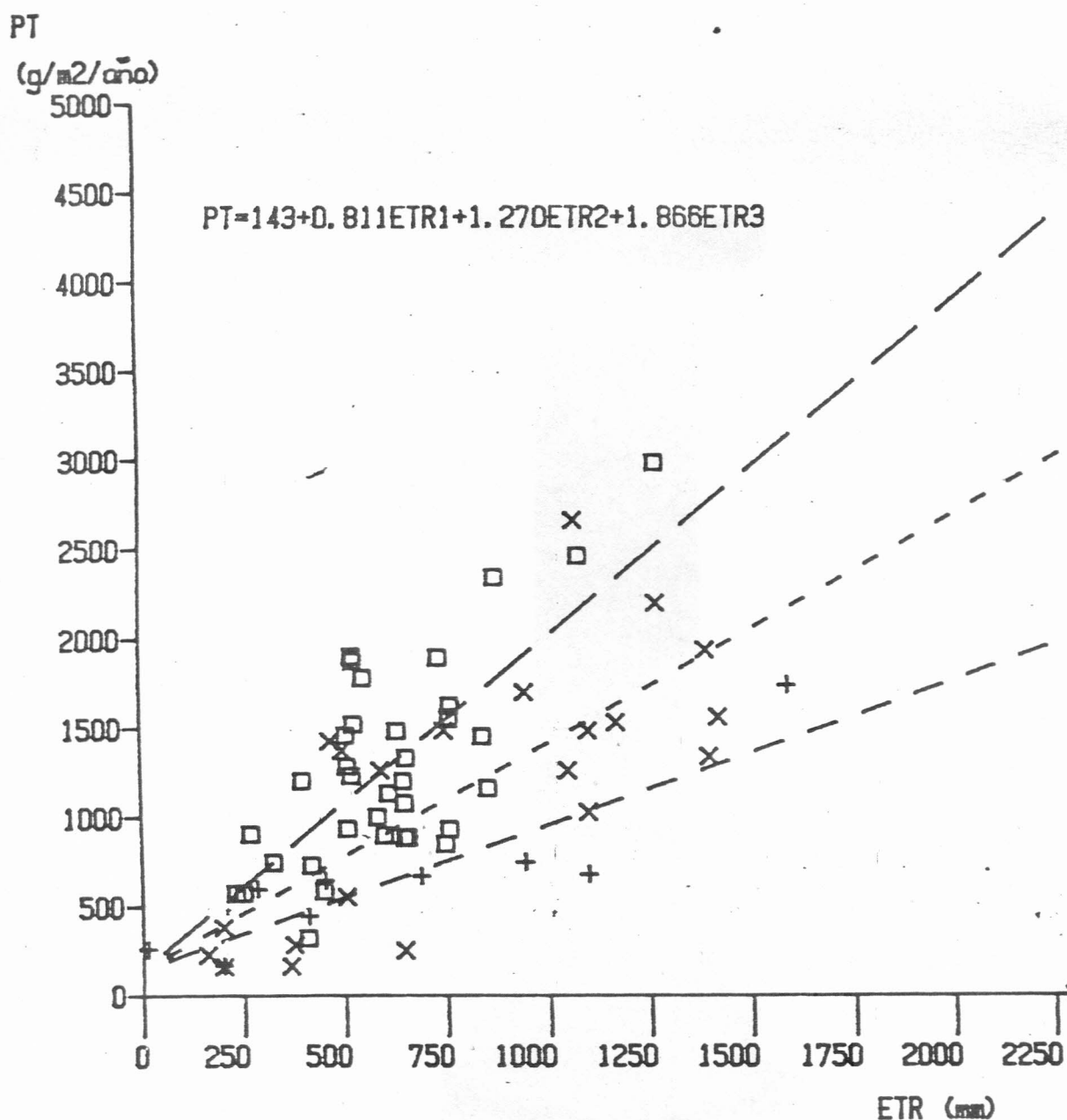


FIGURA 2: Productividad primaria neta total en relación a la evapotranspiración media anual y la capacidad productiva de los suelos. Modelo lineal múltiple.

□ capacidad productiva buena; x regular y + baja.

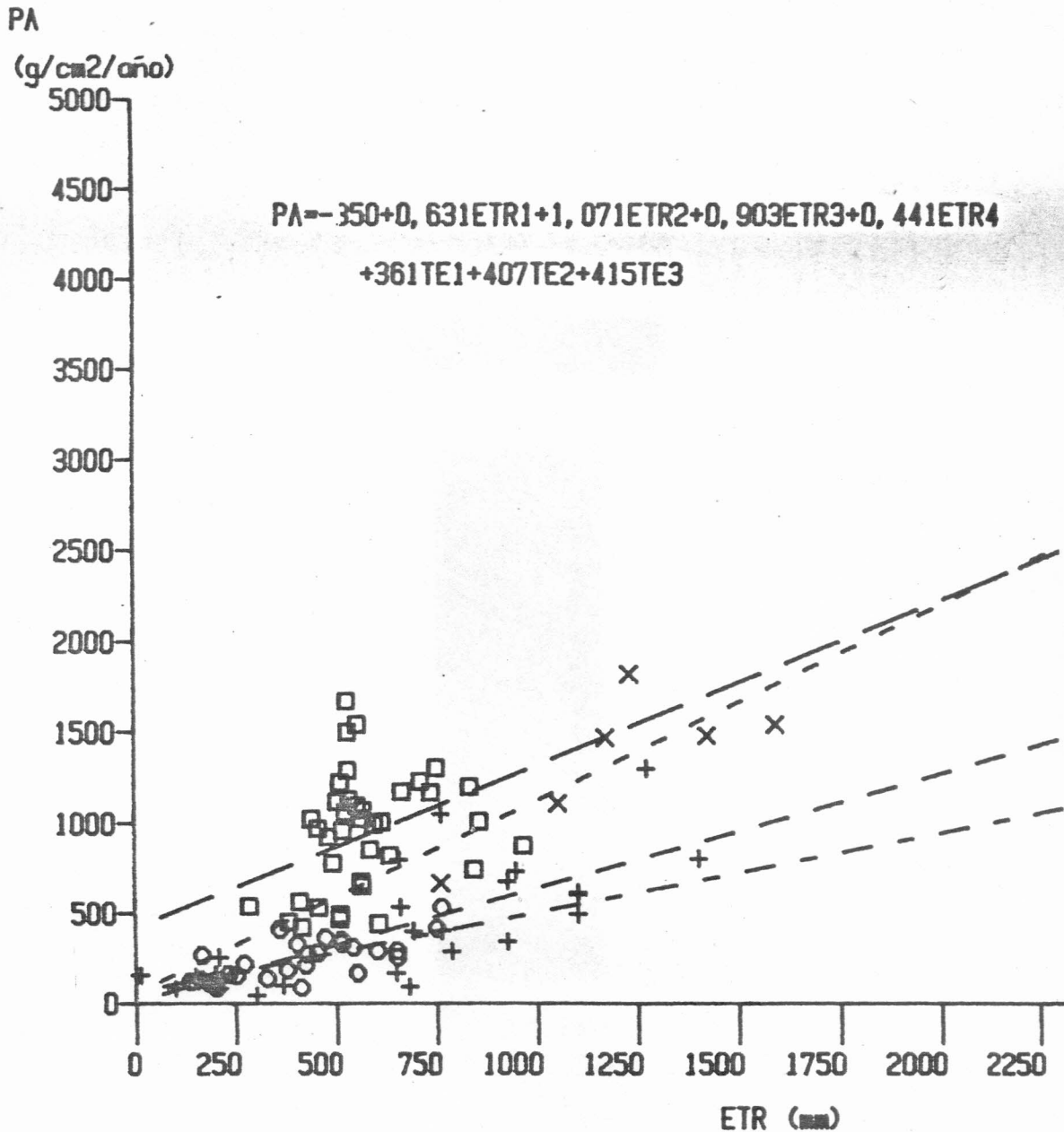


FIGURA 3: Productividad primaria neta aérea en relación a la evapotranspiración media anual y el tipo de ecosistema. Modelo lineal múltiple.

- + Pastizales, semidesiertos y desiertos de zonas tropicales.
- x Bosques y selvas de zonas tropicales.
- Bosques y arbustales de zonas templadas y frías.
- Pastizales y semidesiertos de zonas templadas y frías.

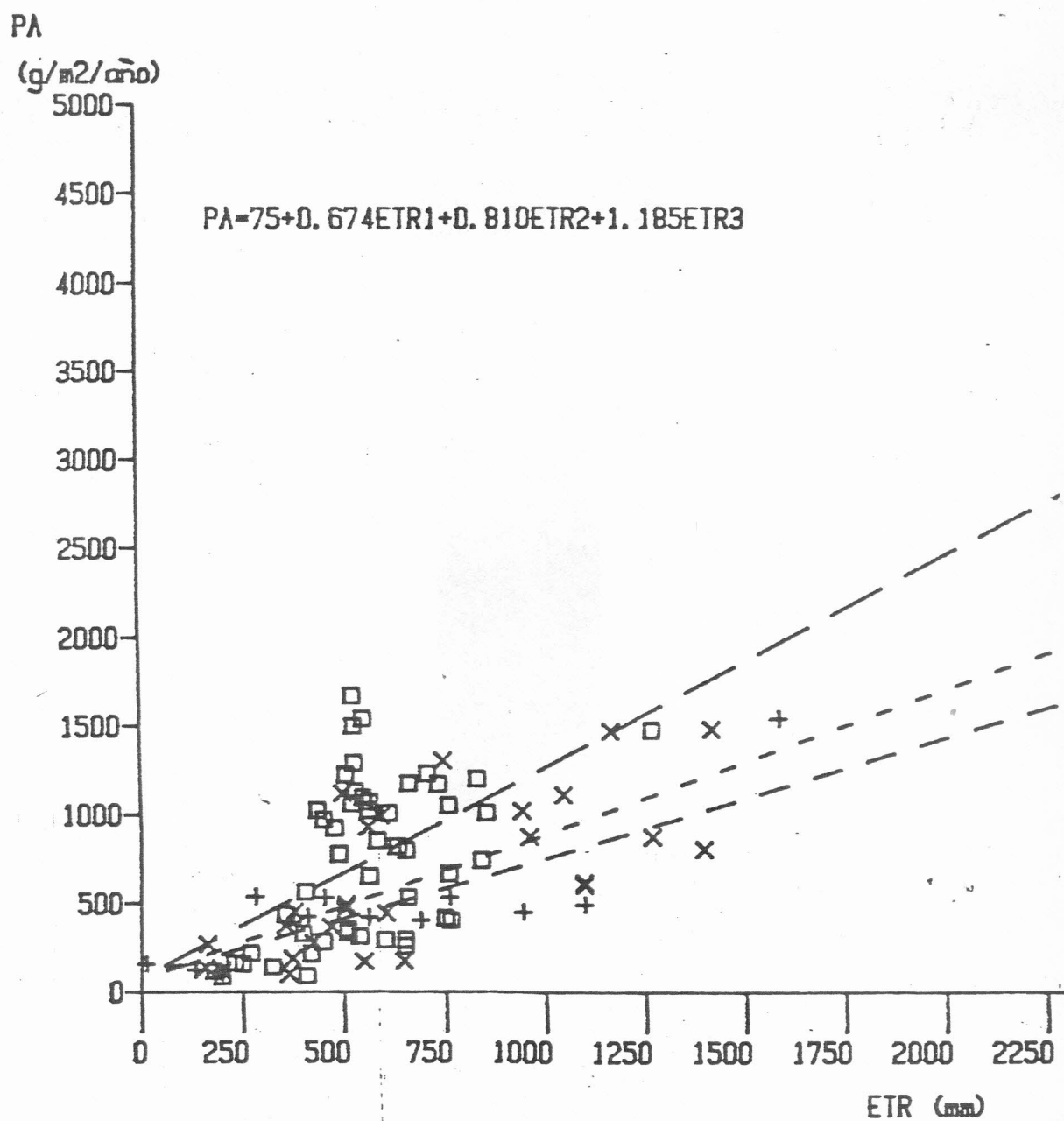


FIGURA 4: Productividad primaria neta aérea en relación a la evapotranspiración media anual y la capacidad productiva de los suelos. Modelo lineal múltiple.

□ capacidad productiva buena; x regular y + baja.