

**PROYECTO
PROSPECTIVA TECNOLÓGICA
PARA
AMÉRICA LATINA**

DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LA
PRODUCTIVIDAD PRIMARIA NETA
EN LOS PRINCIPALES
ECOSISTEMAS LATINOAMERICANOS

Isabel A. Gomez
Gilberto C. Gallopín

TEXTOS PARA DISCUSION

Fundación Bariloche/10

Septiembre 1986

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

DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LA
PRODUCTIVIDAD PRIMARIA NETA
EN LOS PRINCIPALES
ECOSISTEMAS LATINOAMERICANOS

Isabel A. Gomez
Gilberto C. Gallopín

TEXTOS PARA DISCUSION

Fundación Bariloche/10

Septiembre 1986

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

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

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS	
N. CHAMADA	<u>301248</u>
	<u>G586d</u>
V.	EX
NUMERO	<u>1136402</u>
PROC.	<u>16 P.00063/2022</u>
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	<u>R\$ 28,00</u>
DATA	<u>13/12/2022</u>
CÓD. TIT.	<u>124 4573</u>
PROT.	<u>123626</u>

AREA: MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

Coordinador: Gilberto C. Gallopín

Distribución Geográfica de la
Productividad Primaria Neta
en los Principales
Ecosistemas Latinoamericanos

Isabel A. Gomez *
Gilberto C. Gallopín *

Septiembre 1986

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

El Proyecto Prospectiva Tecnológica en América Latina parte del supuesto que una precondición 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.

Coordinador del Proyecto : AMILCAR HERRERA. Núcleo de Política Científica e Tecnológica. UNICAMP. Campinas. Brasil.

Responsables de Areas

Tendencias de Desarrollo de Ciencia y Tecnología : RENATO DAGNINO. Núcleo de Política Científica e Tecnológica. UNICAMP. Campinas. Brasil.

Dinámica Socioeconómica : PAUL SINGER y ANDRE FURTADO. CEBRAP rúa de Matéus 615, 04015 Sao Paulo, S.P. Brasil; JOSE AGUSTIN SILVA y RAFAEL DE la CRUZ. CENDES. Apartado 6622. Caracas 1041-A. Venezuela.

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, DEPFE. 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 CARDOZO; LEONEL CORONA; CELSO FURTADO; GILBERTO CARLOS GALLOPIN; AMILCAR O. HERRERA; JOSE AGUSTIN SILVA MICHELENA.

I N D I C E

	Pag.
I. INTRODUCCION	1
II. LOS MODELOS DE LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA NETA	2
III. LA INFORMACION CARTOGRAFICA	4
IV. DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LA PRODUCTIVIDAD AEREA	5
V. DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL	9
VI. CONCLUSIONES	12

I. INTRODUCCION

El proyecto de prospectiva ecológica intenta evaluar el efecto que los cambios tecnológicos impondrán a los principales ecosistemas de América Latina. El análisis causal de los impactos de esos cambios hace necesario tener en cuenta los atributos y procesos ecológicos dominantes que determinarán la intensidad y el sentido de las transformaciones. La productividad primaria neta (PPN) se puede considerar como un indicador generalizado del potencial ecológico. En ese contexto, el estudio de su distribución geográfica permitirá la identificación de áreas con distintos grados de uso potencial sostenible, una estimación de la oferta ecológica y los tipos de restricciones que operan en los grandes ecosistemas de la región, y su posible evolución como consecuencia de los cambios tecnológicos.

Los mapas existentes (Lieth, 1975) ofrecen la distribución de la PPN total estimada a partir de variables climáticas. El presente es un primer intento que incorpora otros factores adicionales de reconocida influencia en la PPN a nivel regional, como son las características vegetacionales y las condiciones edáficas.

La estimación de la PPN se basa en modelos de regresión múltiples implementados para el proyecto Prospectiva Ecológica de América Latina (Gómez et al. 1985). Superponiendo mapas de las variables independientes se obtienen áreas con determinadas características climáticas edáficas y vegetacionales, a las que se le asignan valores de la PPN, calculados a partir de los modelos.

Se presentan mapas de la PPN aérea y de la PPN total, originalmente elaborados a escala 1:20.000.000.

II. LOS MODELOS DE LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA NETA

Gómez et al. (1985) recopilaron aproximadamente 150 datos de la productividad primaria neta (área y total) de ecosistemas terrestres con mínima intervención humana, distribuidos en unos 40 países, acompañados por valores de las variables climáticas (precipitación, evapotranspiración, temperatura y longitud de la estación del crecimiento, según sus medias anuales) categorizados en tres tipos de capacidad productiva de los suelos y cuatro tipos de ecosistemas.

En base a dicha recopilación se exploraron y compararon los ajustes de modelos de regresión lineales y no lineales, simples y múltiples de la productividad primaria aérea (por encima de la superficie del suelo) y total (incluyendo las subterráneas).

Los modelos estadísticos de mejor ajuste se resumen como sigue:

a. El modelo de la productividad primaria neta aérea (PA)

El modelo lineal múltiple en función de la evapotranspiración (ETR) y el tipo de ecosistema es el que mejor predice la variación de la productividad área, ($r^2 = 0,72$ y el error standard de la estimación, e.s. = $247 \text{ g/m}^2/\text{año}$), cuya expresión general es:

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

Donde X_1 y X_2 son variables artificiales con valores 1 ó 0, cuyas combinaciones específicas definen las intercepciones de las rectas correspondientes a cada tipo de ecosistema; ETR, el valor de la evapotranspiración real, define las pendientes, tal que:

(1) Pastizales: $\chi_1 = 1$ y $\chi_2 = 0$.; $ETR_{(1)} = ETR$; $ETR_{(2)} = ETR_{(3)} = 0$

(2) Bosques y selvas de zonas tropicales:

$\chi_1 = 0$ y $\chi_2 = 1$; $ETR_{(2)} = ETR$; $ETR_{(1)} = ETR_{(3)} = 0$

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

$\chi_1 = 1$ y $\chi_2 = 1$; $ETR_{(3)} = ETR$, $ETR_{(1)} = ETR_{(2)} = 0$

b. El modelo de la productividad neta total (PT)

El modelo múltiple en función de la evapotranspiración y el tipo de ecosistema explica adecuadamente la variación de la productividad total ($r^2 = 0,60$; e.s. = 435 g/m²/año). Su expresión general es:

$$PT = 1055 - 882 \chi_1 + 30 \chi_2 + 1,071 ETR_{(1)} + 0,620 ETR_{(2)} + \quad (2)$$

$$+ 1,831 ETR_{(3)}$$

Lamentablemente no existen datos en número suficiente (en los bosques y selvas de zonas tropicales y en los de pastizales y semidesiertos de zonas templadas y frías) para ensayar modelos que incluyan simultáneamente la evapotranspiración, el tipo de ecosistema y la capacidad productiva de los suelos. Objetivo razonable si se tiene en cuenta que los residuales de las ecuaciones (1 ó 2) se ordenan según los valores crecientes de la capacidad productiva de los suelos; por otra parte las regresiones en función de la evapotranspiración y la capacidad productiva de los suelos son estadísticamente significativas, aunque no superan el valor predictivo de las ecuaciones 1 y 2.

Por el momento y como es práctica corriente en los modelos agroecológicos se corrigen los resultados de las ecuaciones 1 y 2 por un factor de corrección multiplicativo que contempla la influencia del tipo de los suelos en la productividad. Dicho factor varía entre 0,7 y 1,3 para los suelos con capacidad productiva baja y muy buena respectivamente. Los valores asignados a cada gran unidad de suelo de América Latina fueron corroborados en consulta con expertos en el tema y son razonablemente coincidentes con los utilizados en Buringh et al. (1975).

El factor de corrección 1,3 se aplica en las zonas correspondientes a la unidad de suelo A9 en América del Sur y sur de América Central y en algunas zonas aisladas y relativamente pequeñas selvas tropicales y de manglares no indicadas en los mapas de suelos. El factor 1,2 se aplica a los siguientes grandes tipos de suelos: A8, A10 y B10; el factor 0,8 a B1, B2, B5 y A7 y el factor 0,7 a B7 en América del Sur y A1c en México. (La nomenclatura corresponde a la descrita en FAO, 1971 y 1976). A esta escala de trabajo, el resto de las grandes unidades de suelos no afecta las estimaciones de la productividad.

III. LA INFORMACION CARTOGRAFICA

Para expresar la PPN en forma espacial, se requieren mapas de las variables independientes, de modo que a través de los modelos se pueda estimar la productividad de las distintas regiones. Se ha trabajado con los siguientes mapas:

1. Mapa de evapotranspiración media anual de América del Sur y de América Central y México, en escala 1:20.000.000 (Budyko, 1963). Presenta isolíneas en rangos de 100 mm hasta los 600 mm y en rangos de 200 mm hasta el valor máximo de 1250 mm. El mapa de evapotranspiración presentado en Lieth (1975) se utilizó para extender el rango de los valores máximos, llegando a los 1500 mm en el centro-norte de América del Sur.

2. Mapa mundial de suelos. Volumen III, Méjico y América Central, (FAO, 1976) y Volumen IV, América del Sur (FAO, 1971) ambos a escala 1: 5.000.000. Se trabajó a nivel de las grandes unidades de suelo.

3. Mapa de los grandes ecosistemas de Sud-América, en escala 1:5.000.000 (Morello, 1985) y mapas de vegetación de América Central y Méjico (FAO, 1976 y Rzedowski, 1983). Los grandes ecosistemas fueron agrupados según los tres tipos de ecosistemas utilizados en los modelos estadísticos.

Se unificaron sus escalas a 1: 20.000.000 y por superposición manual de los tres mapas se obtuvieron áreas con determinados valores de las variables de las variables independientes.

IV. DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LA PRODUCTIVIDAD AEREA (Tablas 1-2; mapas 1 y 2).

La denominación de los ecosistemas mencionados en esta sección y la siguiente corresponden a las descripciones de Morello, (1985); FAO (1971 y 1976); y Rzedowski, (1983). En muy pocas áreas de América del Sur las condiciones climáticas y edáficas se potencian de modo tal que la productividad aérea estimada alcance y sobrepase los 2000 g/m²/año. Esto ocurre en áreas importantes de los Grandes deltas tropicales y manglares y en superficies reducidas del sistema Amazónico-Pacífico-Darién, donde aparecen suelos de bajo contenido de sales y alta fertilidad junto a los valores máximos de evapotranspiración.

Los grandes ecosistemas boscosos tropicales más productivos del continente se ubican en rangos de 1000 - 2000 g/m²/año. Entre ellos amplias superficies de los Grandes deltas tropicales y manglares (1400-2200 g/m²/año), y la mayor parte del sistema Amazónico-Pacífico Darién (1100 - 1700 g/m²/año), en áreas de evapotranspiración alta y sin fuertes limitantes edáficas; ambos ecosistemas exhiben zonas de superficies relativamente pequeñas con productividades aéreas mínimas de 800 - 900 g/m²/año por reducción en los valores de la evapotranspiración (mínima 800 mm) y en el segundo caso también por la presencia de suelos de baja capacidad productiva (tipo de suelo B1 y B2).

Se ubican en el mismo rango el sistema Fluvio-lacustre tropical (1100 - 1400 g/m²/año), los Deltas estuarios y lagunas costeras subtropicales y templadas (1100 - 1700 g/m²/año) con áreas de fluvisoles de alta fertilidad (tipo de suelo A10) y el sistema Preamazónico y Alisió (1100 - 1400 g/m²/año) donde aparecen áreas considerables de suelos con baja capacidad productiva (tipo de suelo B2 que disminuye su productividad en algunos lugares hasta valores mínimos de 800 g/m²/año).

Productividades aéreas de alrededor de 1000 g/m²/año se dan en las Sierras Pampeanas (1000 - 1300 g/m²/año), bajo el supuesto de estar asentadas sobre suelos muy buenos (tipo de suelo A10); el sistema Austrobrasileño (900 - 1200 g/m²/año) el Caribe (900 - 1100 g/m²/año en su mayor extensión aunque en parte alcanza los 1300 g/m²/año) asentados sobre suelos sin fuertes limitaciones, el Andino basal (900 - 1100 g/m²/año) limitado en su productividad en sus áreas de suelos pobres (tipo de suelo B1), el Gran Chaco (700 - 1200 g/m²/año en su mayor extensión, con extremos que cubren relativamente poca superficie de 600 hasta 1300 g/m²/año) con un fuerte gradiente climático y en su mayor parte sobre suelos buenos (tipo de suelo A10) y en pequeñas superficies con suelos que limitan su productividad (tipo de suelo B2 y A7); y la Selva Valdiviana (800-1100 g/m²/año) con valores intermedios de evapotranspiración.

Entre los 700 y 1000 g/m²/año aproximadamente se ubican los sistemas boscosos menos productivos. Estos son los Bosques mixtos (700 - 1000 g/m²/año) la Caatinga (700 - 900 g/m²/año con valores mínimos de 500 - 700 g/m²/año en zonas de suelos pobres, tipo de suelo B7; y áreas reducidas de hasta 1300 g/m²/año en lugares con valores más altos de evapotranspiración), y el Atlántico Serrano (700 - 900 g/m²/año) asentado sobre suelos pobres (tipo de suelo B5) en su mayor extensión.

Valores de productividad aérea entre los 400 - 800 g/m²/año se dan en el Espinar de Chile (600 - 800 g/m²/año), en el Andino fresco (400 - 700 g/m²/año); en las Pampas (400 - 800 g/m²/año), por lo general sustentadas por suelos excelentes (tipo de suelo A9) donde alcanza valores de productividad aérea de 850 g/m²/año, aunque en áreas reducidas se dan condiciones edáficas limitantes (tipo de suelo A7). En los Cerrados y Llanos colombo-venezolanos (400 - 800 g/m²/año); áreas pequeñas de los Llanos exhiben limitantes edáficas (tipo de suelo B1). En el Gran Pantanal (500 - 600 g/m²/año) con limitaciones edáficas (tipo de suelo A7), los Llanos de Mamoré (500 - 700 g/m²/año), y las Sábanas de los "tepui" (500 - 600 g/m²/año), sustentada por suelos de baja capacidad productiva (tipo de suelo B1).

Productividades aéreas bajas, entre los 200 y 500 g/m²/año, se dan en el Páramo y en los Pastizales de los bosques mixtos.

Limitaciones principalmente climáticas determinan una productividad aérea no mayor de 200 g/m²/año en los siguientes grandes ecosistemas: El Pre desierto y desierto costero chileno-peruano que no sobrepasa los 100 g/m²/año; la Puna, el Monte, el Altoandino de latitudes templadas, la Patagonia extraandina y el Altoandino patagónico, aunque en superficies pequeñas pueden alcanzar los 300 - 400 g/m²/año.

En América Central y Méjico los valores máximos de evapotranspiración son algo menores a los correspondientes a América del Sur, de modo que los máximos de la productividad aérea resultan también menores. Además la calidad productiva de los suelos afecta los valores de la productividad en menor medida que en América del Sur ya que sólo se señalan suelos muy pobres en el N-0 (tipo de suelo Acl) y excelentes (tipo de suelo A9) en el sur de América Central.

Los valores estimados de la productividad aérea más elevados, entre los 1000 y 1500 g/m²/año, se observan en las extensiones más importantes de los Manglares (1000 - 1700 g/m²/año), en prácticamente toda la extensión de la Selva alta (1100 - 1300 g/m²/año) y de la Selva mediana (1100 - 1500 g/m²/año) sustentada en parte por suelos excelentes (tipo de suelo A9), y en los Bosques templados (900 - 1300 g/m²/año). La Selva baja (600 - 1100 g/m²/año) alcanza los valores inferiores del rango en áreas importantes de su distribución.

En zonas considerables de estos ecosistemas y por disminución de la evapotranspiración la productividad aérea es menor (alcanza mínimos de 900 g/m²/año en la Selva alta y mediana, de 600 g/m²/año en la Selva baja y de 500 g/m²/año en los Manglares). En áreas muy reducidas de su distribución se observan valores aun menores (700, 600 y 300 g/m²/año en la Selva alta, mediana y baja respectivamente y hasta un mínimo de 400 g/m²/año en los Bosques templados).

Las Sabanas, poco representadas, producen entre 400 y 600 g/m²/año.

El resto de las grandes ecosistemas en Méjico y América Central exhiben productividades bajas determinadas casi siempre por valores de la evapotranspiración. El Mezquital, el Chaparral submontano, el Matorral de-

sértico rosetófilo y el Zacatal varían entre los 200 y 400 g/m²/año, aunque en el primero puede alcanzar hasta los 600 g/m²/año, y en el último disminuye hasta 100 g/m²/año. El Matorral desértico micrófilo (100 - 200 g/m²/año) exhibe las productividades más bajas alcanzando sólo en áreas reducidas los 300 g/m²/año.

V. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL

(Tablas 1-2 y mapas 3 y 4)

La ordenación de los grandes ecosistemas de América del Sur según su productividad total estimada es muy semejante a la descripta para la productividad aérea.

Los ecosistemas boscosos tropicales más productivos alcanzan en parte los 2600 g/m²/año. Son los Grandes deltas tropicales y manglares (1900-2600 g/m²/año), los Deltas, estuarios y lagunas costeras subtropicales y templados (1900 - 2600 g/m²/año) y áreas reducidas del sistema Amazónico-Pacífico Darién (2400 - 2600 g/m²/año), en los que se conjugan valores altos de evapotranspiración y suelos de alta capacidad productiva.

La mayor parte de los ecosistemas boscosos tropicales se ubican en rangos de 1500 - 2000 g/m²/año de productividad total. En su mayor extensión el sistema Amazónico-Pacífico Darién (1700 - 2000 g/m²/año), en áreas de suelos limitantes (tipo de suelo B1 y B2) disminuye su productividad (hasta los 1400 g/m²/año). El sistema Fluvio-Lacustre tropical (1700 - 2000 g/m²/año) asentado sobre suelos buenos (tipo de suelo A10). El Preamazónico y Alisio (1700 - 1900 g/m²/año) en parte limitada por condiciones edáficas (1400 - 1500 g/m²/año en áreas con tipo de suelo B2). El Gran Chaco (1700 - 2000 g/m²/año) con un fuerte gradiente climático y asentado en su mayor parte sobre suelos buenos (tipo de suelo A10), aunque en áreas

reducidas con evapotranspiración relativamente baja y en zonas de suelos poco productivos (tipo de suelo A7 y B2) reduce su productividad (1300 - 1600 g/m²/año). El sistema Austrobrasileño (1600 - 1800 g/m²/año) sin fuertes limitaciones edáficas, la Caatinga y el Caribe (1500-1800 g/m²/año), el primero con áreas de suelo fuertemente limitantes (tipo de suelo B7) reduce su productividad (1000 - 1200 g/m²/año). El Atlántico Serrano y el Andino basal se ubican en los límites inferiores del rango (1300 - 1700 g/m²/año) afectados por suelos de baja capacidad productiva (el primero en su mayor extensión sobre tipo de suelo B5, el segundo en parte sobre tipo de suelo B1).

Los Bosques de zonas templadas y Las Pampas se ubican en rangos de aproximadamente 1000 - 1500 g/m²/año. Las Sierras pampeanas, bajo el supuesto de estar asentadas sobre suelos buenos (tipo de suelo A10) exhiben valores altos de productividad (1300 - 1800 g/m²/año). La Selva valdiviana (900 - 1600 g/m²/año), y Las Pampas (900 - 1600 g/m²/año) donde aparecen los mejores suelos del continente (tipo de suelo A9 y A10), en zonas reducidas aparecen también suelos de baja capacidad productiva (tipo de suelo A7) que conforman los extremos inferiores de su productividad.

Las grandes sabanas sudamericanas producen entre los 800 - 1500 g/m²/año. Los Cerrados y Llanos colombo-venezolanos se ubican en este rango, con valores mínimos (600 g/m²/año) en el primer ecosistema en sus áreas de suelos pobres (tipo de suelo B7); y en las áreas de evapotranspiración alta, pero en superficies relativamente pequeñas alcanzan el valor superior del rango. Los Llanos son más productivos (hasta 1800 g/m²/año). El Gran pantanal (900 - 1200 g/m²/año) de suelos pobres en prácticamente toda su extensión (tipo de suelo A7), los Llanos de Mamoré (1000 - 1400 g/m²/año), las Sabanas de los Tepuis (~ a 1000 g/m²/año) donde aparecen suelos de baja capacidad productiva en toda su extensión (tipo de suelo B1) y los Bosques mixtos (800-1300 g/m²/año) en zonas de evapotranspiración relativamente baja, se ubican en la misma categoría.

Entre los 500 - 1000 g/m²/año se ubican cuatro grandes ecosistemas:

El Andino fresco (800 - 1200 g/m²/año); el Páramo (800 - 1000 g/m²/año); el Espinar de Chile (600 - 900 g/m²/año) y los Pastizales de los bosques mixtos (500 - 800 g/m²/año).

Seis grandes ecosistemas sudamericanos no superan los 600 g/m²/año:

El Altoandino patagónico (400 - 600 g/m²/año), el Monte y el Altoandino de latitudes templadas (300 - 500 g/m²/año) y la Patagonia extra-andina (300 - 600 g/m²/año); la Puna (300 - 600 g/m²/año) y el Desierto y pre-desierto costero chileno-peruano (300 - 400 g/m²/año).

En Méjico y América Central la productividad total más elevada, entre los 1500 y 2000 g/m²/año, se observa en los manglares, selvas y bosques:

Los Manglares (1900 - 2300 g/m²/año), la Selva mediana (1700 - 2200 g/m²/año) donde aparecen los suelos de capacidad productiva más alta de la región, La Selva alta (1700 - 1800 g/m²/año) y la Selva baja (1400 - 1700 g/m²/año). En áreas reducidas de estos ecosistemas los valores de la productividad disminuye, en las Selvas alta y mediana hasta los 1400 - 1500 g/m²/año y en la Selva baja y Manglares hasta 1200 - 1300 g/m²/año. Los Bosques templados (1100 - 2000 g/m²/año) que en áreas de menor evapotranspiración puede alcanzar hasta la mitad. Las sabanas exhiben valores intermedios (900 - 1200 g/m²/año) y el resto de los grandes ecosistemas, distribuidos en zonas semidesérticas y desérticas, no alcanzan los 1000 g/m²/año: El Mezquital (600 - 900 g/m²/año aunque puede alcanzar valores mínimos de 400 y máximos de 1200 en áreas relativamente importantes), El Chaparral submontano (600 - 900 g/m²/año), el Zacatal (400 - 900 g/m²/año) y el Matorral desértico rosetófilo (500 - 800 g/m²/año). El Matorral desértico micrófilo (300 - 600 g/m²/año) y el Matorral desértico crasicale (200 - 700 g/m²/año) son los menos productivos, aunque en superficies reducidas de su distribución alcanzan los 700 - 900 g/m²/año.

VI. CONCLUSIONES

Los ambientes desérticos y semidesérticos limitan la capacidad productiva natural en un 15-20 % de la superficie de América del Sur y un 35 - 40% del territorio de América Central y Méjico (FAO, 1984). Los suelos de capacidad productiva regular a baja ocupan aproximadamente la mitad de América del Sur. Entre ellos los más fuertemente limitantes (grandes unidades de suelo A7, B1, B5 y B7) cubren un 20% en áreas tropicales y subtropicales, mientras que los suelos de alta capacidad productiva, distribuídos en zonas subtropicales y templadas (grandes unidades de suelo A9, A10, A8 y B10) alcanzan el 10% de su superficie. En América Central y Méjico los suelos no son problemáticos, excepto en el noroeste de Méjico (gran unidad de suelo Acl); la mayoría de los suelos son mediano-buenos y aparecen suelos excelentes (gran unidad de suelo A9) en el sur de América Central.

Según sus características vegetacionales, climáticas y edáficas América Latina puede dividirse en áreas de distinta capacidad productiva natural:

1. Se dan productividades bajas (PPNA no sobrepasa los 100-200 g/m²/año y PPNT no sobrepasa los 300 - 600 g/m²/año) en la mayor parte del Pre desierto y desierto costero chileno-peruano, Puna, Patagonia extraandina, Altoandino patagónico, Monte y Altoandino de latitudes templadas, que comprenden aproximadamente un 15% del territorio sudamericano. En América Central comprenden amplias extensiones de Mezquital, zacatal y chaparrales.
2. Las sabanas sudamericanas (Gran pantanal y Llanos de Mamoré, Cerrados y Llanos colombo-venezolanos y las Sabanas de los "tepui") y las escasas sabanas centroamericanas exhiben en su mayor extensión

valores de productividad intermedios (PPNA 400 - 700 g/m²/año y PPNT 800 - 1500 g/m²/año) en algunos casos fuertemente limitados por la baja capacidad productiva de los suelos (Gran pantanal y Sabanas de los "tepuis" y parte de los Llanos). En áreas relativamente pequeñas se dan valores aún menores (PPNA 300 - 400 g/m²/año y PPNT 600 - 800 g/m²/año en zonas de los Cerrados con fuertes limitaciones edáficas), y en otras alcanzan valores relativamente altos (PPNA 800 - 900 g/m²/año y 1500 - 1800 g/m²/año, en parte de los Llanos venezolanos).

El Páramo y el Andino fresco en América del Sur y áreas considerables de los Matorrales, el Chaparral submontano y el Mezquital mejicano también exhiben productividades intermedias.

La Pampa donde aparecen suelos excelentes y muy buenos, exhibe valores intermedios a altos (PPNA 500 - 800 g/m²/año y PPNT 900 - 1600 g/m²/año).

3. Los sistemas boscosos menos productivos (PPNA 600 - 1000 g/m²/año y PPNT 900 - 1700 g/m²/año) exhiben tanto limitaciones edáficas fuertes (Atlántico Serrano y Andino basal) como climáticas (Caatinga, Espinar de Chile y en parte los Bosques mixtos en América del Sur, y la Selva baja en América Central).
4. El resto de los ecosistemas de América Latina exhiben productividades altas (PPNA 1000 - 1500 g/m²/año y PPNT 1500 - 2000 g/m²/año) y sólo dos casos superan por lo menos en parte los valores superiores de estos rangos (Grandes deltas tropicales y Manglares Amazónico-Pacífico Darién).

Estos resultados son comparables con la estimación de la productividad total climática presentada en Lieth (1975), quien a partir de la evapotranspiración real calcula rangos de 1500-2000 g/m²/año para las grandes extensiones tropicales húmedas de América Latina. Los rangos aquí presentados para las mismas áreas son más amplios, entre 900 y 2600 g/m²/año, y se corresponden en su amplitud tanto a la variación de la evapotranspiración como a los distintos tipos de vegetación y tipos de suelos existentes en dicha región. Para las áreas desérticas y semi-desérticas, en las que el clima es la variable preponderante, ambas estimaciones arrojan resultados similares.

Los rangos de la productividad total para los grandes ecosistemas del mundo, presentados en Whittaker y Likens (1975) son más amplios que los aquí estimados para los ecosistemas latinoamericanos; los valores medios de la productividad total para cada gran ecosistema son en cambio similares.

La comparación del potencial productivo natural con el agrícola permite la detección de áreas con amplias diferencias entre ambos parámetros, las que podrían considerarse al evaluar los posibles usos alternativos de las tierras cultivables de la región.

La comparación se hace en principio entre la productividad natural aérea, estimada con menor error que la productividad total, y el rendimiento económicamente aprovechable de los principales cultivos del mundo calculado para tres niveles de insumos (FAO, 1982, La metodología y los resultados se detallan en el informe "Potencial agrícola de América Latina, en preparación).

Los valores de ambas productividades se obtuvieron de 100 lugares distribuidos al azar (estratificando por los principales ecosistemas), sobre

sus mapas respectivos. El cociente entre la productividad aérea natural y el rendimiento agrícola para insumos altos y cultivando toda la tierra potencialmente cultivable, da una medida relativa de las diferencias entre ambos potenciales productivos en los grandes ecosistemas.

Los grandes ecosistemas boscosos tropicales y subtropicales de América Latina (que ocupan un 50-60% de su superficie) producen entre el 0,80-2,80 de su rendimiento agrícola estimado para un nivel de insumos alto. Las diferencias más grandes se dan en las áreas con estación de crecimiento de 365 días; donde el exceso de humedad y el aumento de riesgo a las enfermedades y patógenos hace disminuir el potencial agrícola (en superficie representan un 15-20% de la extensión total de los bosques tropicales y subtropicales en América del Sur). También se da una proporción alta en zonas con estación del crecimiento cortas, entre 90 - 210 días, con déficit en la disponibilidad del agua causante de la disminución rápida del rendimiento agrícola, como son las de baja evapotranspiración en el Gran Chaco y la Caatinga.

En las zonas templadas de los bosques andinopatagónicos la proporción de PPN aérea a rendimiento agrícola se hace aún mayor, pues el potencial agrícola se reduce drásticamente por el tipo de clima, la corta duración de la estación de crecimiento y el tipo de suelos.

Las grandes sabanas tropicales y subtropicales y las Pampas (que cubren aproximadamente un 15% del territorio) exhiben valores de la productividad aérea natural sistemáticamente menores que la agrícola; la relación varía entre 0,50 y 0,70. Las proporciones menores se dan en las áreas de períodos del crecimiento de 150-330 días, en las cuales el potencial agrícola va aumentando hasta alcanzar su máximo; la proporción es mayor

en las áreas de crecimiento de menor duración, en particular porque se da una disminución más rápida del rendimiento agrícola que la de la productividad natural al disminuir el período del crecimiento.

Por esta misma razón la productividad natural de las áreas semidesérticas y desérticas (que ocupan aproximadamente un 20% de la superficie de América del Sur y el 35% de América Central y Méjico) es por lo general mayor que la agrícola. Estas comparaciones preliminares serán ajustadas a través del análisis más detallado de la variación de la producción agrícola estimada por FAO.

También resta por analizar una modificación realizada al modelo de la productividad aérea natural, pues si de éste se excluyen los datos de productividad que no estaban acompañados de valores originales de evapotranspiración (la cual fue entonces estimada aproximadamente por los autores de este trabajo), la correlación aumenta ($r^2 = 0.80$).

La comparación preliminar de los resultados de ambos modelos no parece cambiar sustantivamente los valores de la productividad aquí presentados.

BIBLIOGRAFIA

- Budyko, J.J. 1963. Atlas fieplogobo balansa zemnogo shara (Atlas del balance calórico del globo terrestre).
- Buringh, P., H.D.J. van Heemst y G.J. Staring. 1975. Computation of the absolute maximum food production of the world. Wageningen.
- FAO. 1971. Mapa mundial de suelos. FAO/UNESCO. Vol. IV. América del Sur. UNESCO, Paris.
- FAO. 1976. Mapa mundial de suelos FAO/UNESCO. Vol. III. Méjico y América Central. UNESCO. Paris.
- FAO. 1982. Informe del Proyecto de zonas agroecológicas Vol. 3. Metodología y resultados para América del Sur y Central. FAO. Roma.
- FAO, IIASA, 1982. Potential populations supporting capacities of lands in the developing world. FAO/IIASA.
- FAO. 1984. Land food and people. FAO, Rome.
- Gómez, I.A., G.C. Gallopin y M. Gross. 1985. Modelos de la productividad primaria neta. Proyecto Prospectiva Tecnológica para América Latina. Textos para discusión. Fundación Bariloche/09.
- 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.
- Morello, J.A. 1985. Grandes ecosistemas de Sudamérica. Proyecto Prospectiva Tecnológica para América Latina. Fundación Bariloche /03.
- Rzedowski, J. 1983. Vegetación de Méjico. Limusa, Méjico, D.F.
- Whittaker, R.H. y G.E. Likens. 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.

TABLA 1: PRODUCTIVIDAD PRIMARIA NETA EN LOS GRANDES ECOSISTEMAS SUDAMERICANOS

GRAN ECOSISTEMA	E T R (mm)	GRAN UNIDAD DE SUELO (1)	PRODUCTIVIDAD (g/m ² /año)	
			AEREA	TOTAL
1. AMAZONICO-PACIFICO DARIEN	800 - 1000	-	900 - 1100	1600 - 1700
	1000 - 1250	-	1100 - 1400 **	1700 - 1900
	1000 - 1250	B1 y B2	900 - 1100	1400 - 1500
	1250 - 1500	-	1400 - 1700 *	1900 - 2000
	1250 - 1500	B2	1100 - 1400	1500 - 1600
	1250 - 1500	b	1800 - 2200	2400 - 2600
2. PREAMAZONICO Y ALISIO	800 - 1000	-	900 - 1100	1600 - 1700
	900 - 1000	B2	800 - 900	1300 - 1400
	1000 - 1250	-	1100 - 1400 **	1700 - 1900
	1000 - 1250	B2	900 - 1100	1400 - 1500
3. GRANDES DELTAS TROPICALES Y MANGLARES	800 - 1000	-	900 - 1100	1600 - 1700
	800 - 1000	b	1100 - 1500	2100 - 2200
	1000 - 1250	-	1100 - 1400	1700 - 1900
	1000 - 1250	b	1500 - 1800	2200 - 2400
	1250 - 1500	-	1400 - 1700 **	1900 - 2000
	1250 - 1500	b	1800 - 2200 **	2400 - 2600
4. GRAN PANTANAL Y LLANOS DE MAMORE	900 - 1000	A7	500	900 - 1000
	1000 - 1100	A7	500 - 600 **	1000 - 1100
	800 - 1000	-	500 - 600 **	1100 - 1200
5. ATLANTICO SERRANO Y ANDINO BASAL	1000 - 1100	-	600 - 700	1200 - 1400
	800 - 1000	B5	700 - 900 **	1300 - 1400
6. CERRADOS Y LLANOS COLOMBO- VENEZOLANOS	800 - 1000	-	900 - 1100 **	1600 - 1700
	1000 - 1250	B1	900 - 1100 **	1400 - 1500
	600 - 800	-	400 - 500 *	800 - 1000
	600 - 800	B7	300 - 400	600 - 700
	800 - 1000	-	500 - 600 **	1000 - 1200
7. SABANAS DE LOS TEPUIS	1000 - 1200	-	600 - 700 *	1200 - 1500
	1000 - 1200	B1	500 - 600	1000 - 1200
	800 - 1000	-	500 - 600 **	1000 - 1200
8. CAATINGA Y CARIBE (en ambos)	1000 - 1250	B1	500 - 600	1000 - 1200
	800 - 1000	-	800 - 900	1500 - 1800
	600 - 800	-	700 - 900 **	1500 - 1600
CARIBE (en ambos)	600 - 800	B7	500 - 600	1000 - 1100
	800 - 1000	B7	600 - 800	1100 - 1200
CARIBE (en ambos)	800 - 1000	-	900 - 1300 **	1600 - 1700
	1000 - 1200	-	1100 - 1200	1600 - 1800

Tabla 1 (sigue)

GRAN ECOSISTEMA	E T R (mm)	GRAN UNIDAD DE SUELO (1)	PRODUCTIVIDAD (g/m ² /año)	
			AEREA	TOTAL
9. AUSTROBRASILERO	800 - 1100	-	900 - 1200	1600 - 1800
10. GRAN CHACO	800 - 1000	B2	700 - 900	1300 - 1400
	1000 - 1100	A7	900 - 1000	1400 - 1500
	600 - 800	-	700 - 900	1500 - 1600
	400 - 500	A10	600 - 700	1600 - 1700
	500 - 600	A10	700 - 800 *	1700 - 1800
	600 - 1000	A10	800 - 1300 **	1800 - 2000
11. PUNA	<100 - 400	-	70 - 200 **	300 - 600
	400 - 600 ?	-	200 - 400	600 - 800
12. PARAMO	600 - 800 ?	-	400 - 500	800 - 1000
13. PAMPAS	900 - 1100	A7	500 - 600	900 - 1100
	900 - 1100	-	600 - 700 *	1100 - 1400
	500 - 600	A10	400 - 500 *	900 - 1000
	600 - 1000	A9	500 - 800 **	1100 - 1600
	800 - 1000	A8 y B10	600 - 700 **	1200 - 1500
14. DESIERTO Y PREDE- SIERTO COSTERO CHILENO-PERUANO	<100	-	70 **	300
	100 - 200	-	70 - 100 *	300 - 400
	200 - 600	-	100 - 400	400 - 800
15. ANDINO FRESCO	600 - 1000	-	400 - 600	800 - 1200
	1000 - 1200 ?	-	600 - 700	1200 - 1500
16. ESPINAR DE CHILE Y SIERRAS PAMPEANAS	200 - 400 ?	-	600 - 800	600 - 900
	500 - 700	A10 ?	1000 - 1300	1300 - 1800
17. SELVA VALDIVIANA	400 - 750 ?	-	800 - 1100	900 - 1600
18. BOSQUES MIXTOS	300 - 600	-	700 - 1000	800 - 1300
19. DELTAS ESTUARIOS Y LAGUNAS COSTERAS TEM- PLADAS Y SUBTROPICALES	800 - 1000 ?	A10,b	1400 - 1700	2000 - 2600
	800 - 1000	A8	1100 - 1300	1900 - 2000
20. PATAGONIA EXTRAANDINA	100 - 200	-	100 **	300 - 400
	200 - 400	-	100 - 200 *	400 - 600
21. ALTOANDINO PATAGONICO	200 - 400 ?	-	100 - 200	400 - 600
22. EL MONTE	100 - 200	-	100	300 - 400
	200	-	100 **	400
	200 - 300	-	100 - 200 *	400 - 500
	300 - 400	-	200 - 300	500 - 600

Tabla 1 (sigue)

GRAN ECOSISTEMA	E T R (mm)	GRAN UNIDAD DE SUELO (1)	PRODUCTIVIDAD (g/m ² /año)	
			AEREA	TOTAL
23. FLUVIO LACUSTRE TROPICAL	800 - 1000	A10	1100 - 1300	1900 - 2000
	1000 - 1250	-	1100 - 1400	1700 - 1900
24. ALTOANDINO DE LATI- TUDES TEMPLADAS	100 - 200	-	100 *	300 - 400
	200 - 300	-	100 - 200 **	400 - 500

(1) Se mencionan las grandes unidades que modifican los valores de la productividad.

b: capacidad productiva buena (factor de corrección 1,3)

** : ocupa la mayor extensión del ecosistema.

* : ocupa una extensión considerable.

TABLA 2. PRODUCTIVIDAD PRIMARIA NETA EN LOS GRANDES ECOSISTEMAS MEJICANOS Y CENTROAMERICANOS

GRAN ECOSISTEMA	E T R (mm)	GRAN UNIDAD DE SUELO	PRODUCTIVIDAD (g/m ² /año)	
			AEREA	TOTAL
MANGLARES	400 - 700	-	500 - 800	1300 - 1500
	700 - 1200	-	800 - 1300	1500 - 1800
	700 - 1200	b	1000 - 1700 **	1900 - 2300
SELVA ALTA	600 - 1000	-	700 - 1100	1500 - 1700
	1000 - 1200	-	1100 - 1300 **	1700 - 1800
SELVA MEDIANA	500 - 800	-	600 - 900	1400 - 1600
	1000	-	1100 *	1700
	1000	A9	1500 **	2200
SELVA BAJA	200 - 500	-	300 - 600	1200 - 1400
	500 - 600	-	600 - 700 *	1400 - 1500
	600 - 700	-	700 - 800 **	1500
	700 - 800	-	800 - 900 *	1500 - 1600
	800 - 1000	-	900 - 1100	1600 - 1700
	1000	-	1100 **	1700
BOSQUES TEMPLADOS	200	Ac1	300 ?	400
	200 - 500	-	500 - 900	600 - 1100
	500 - 1000	-	900 - 1300 **	1100 - 2000
	1000	-	1300 *	2000
SABANAS	700 - 1000	-	400 - 600 **	900 - 1200
MEZQUITAL	200 - 400	-	100 - 200	400 - 600
	400 - 500	-	200 - 300 *	600 - 700
	500 - 700	-	300 - 400 **	700 - 900
	700 - 1000	-	400 - 600	900 - 1200
CHAPARRAL SUBMONTANO	400 - 700	-	200 - 400	600 - 900
MATORRAL CRASICAULE	100 - 200	Ac1	100**	200 - 300
	200 - 500	-	100 - 300 *	400 - 700
	600 - 700	-	400	800 - 900
MATORRAL DESERTICO ROSETOFILO	300 - 400	-	200	500 - 600
	600	-	400	800
MATORRAL DESERTICO MICROFILO	100 - 200	Ac1	100	200 - 300
	100 - 200	-	100 *	300 - 400
	200 - 400	-	100 - 200 **	400 - 600
	400 - 500	-	200 - 300	600 - 700
ZACATAL	200 - 300	-	100 - 200	400 - 500
	300 - 700	-	200 - 400 **	500 - 900

Notas: Igual que en Tabla 1.



Mapa 2



Mapa 3



Mapa 4