

ÍNDICE DE SUSTENTABILIDAD ALIMENTARIA GLOBAL: TASA DE CRECIMIENTO ALIMENTARIA CONTRA TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL

F. J. Zamudio-Sánchez¹; J. L. Romo-Lozano²;
N. Espinosa-García³

¹Departamento de Estadística, Matemática y Cómputo. División de Ciencias Forestales.
Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco.
Chapingo, Estado de México, C. P. 56230.

Correo-e: fjzams@yahoo.com (¹Responsable)

²Departamento de Manejo. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo.
Km. 36.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230,
Correo-e: lblunt54@yahoo.com.mx

³Subdirección de Integración de Subsistemas e Indicadores Sociodemográficos.
Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Avenida Patriotismo Núm. 711,
Torre A, 2° Piso. México, D. F. C. P. 03730. Correo-e: nohemi.espinosa@inegi.gob.mx.

RESUMEN

La sustentabilidad del sistema alimentario global (SAG) es de importancia capital y se debe medir objetivamente. Para este fin se construyó el índice de sustentabilidad alimentaria global (ISAG) y un modelo apropiado, con hipótesis actuales, que explique el sistema global producción-consumo de alimentos para monitorearlo y determinar si se mantiene, en un horizonte de 50 años, sobre su tendencia histórica. El ISAG compara las tasas de crecimiento de la producción de los principales alimentos humanos y de la población mundial. Usando los límites de confianza, que consideran la variación intrínseca del fenómeno, se utiliza el inferior como referencia para monitorear la sustentabilidad del SAG. Los resultados del período de información 1961-1998 indican que, en general, el SAG se ubicó fuera de la zona de no sustentabilidad. Hubo dos ocasiones, 1976-1977 y 1993-1994, donde estuvo cerca de la no sustentabilidad, ambos asociados con sucesos políticos y socioeconómicos. El ISAG de 1999 a 2002 se conservó arriba del límite inferior de predicción calculado con la información inicial, confirmando que el SAG no cayó a una condición no sustentable. La información de esos cuatro años se agregó a la inicial para validar la estabilidad del modelo. La idea propuesta permite tener un referente sencillo, pero fundamentado en hipótesis plausibles, que mida las posibilidades de que el SAG se mantenga fuera de un estado crítico hasta el año 2050.

PALABRAS CLAVE: monitoreo, población mundial, producción mundial de alimentos, sistema alimentario, tasa de crecimiento, variación intrínseca.

GLOBALFOODSUSTAINABILITYINDEX: GROWTHRATEOFFOODSAGAINSTPOPULATION

SUMMARY

The global food system's sustainability is of crucial importance and must be measured objectively. For this purpose it was built the global food sustainability index (GFSI) and a suitable model, with present hypotheses, which explains the global system production-consumption of foods to monitor it and determine if it keeps, the next 50 years, on its historical trend. The GFSI compare the rates of growth of main human foods' production and world population. Using confidence limits, which take into account the phenomenon's intrinsic variation, the lower one is used as a reference for the system's sustainability. Results from the information period 1961-1998 show that, in general, the food system stayed out of no sustainable. There were two intervals, 1976-1977 and 1993-1994, where it was close to a non sustainable condition, both related with political and socioeconomic accomplishments. During 1999 to 2002 the GFSI was above the prediction lower limit calculated with the original information, showing up that the system kept it away from a non

sustainable condition. The information of those four years was added to the initial one to validate the model's stability. The proposed idea allows having a simple reference, but with a plausible background, that measures the food production system likelihood to stay out of a critical state until year 2050.

KEY WORDS: monitoring, world population, world food production, food system, growth rate, intrinsic variation.

INTRODUCCIÓN

La sustentabilidad es la capacidad de un sistema para mantener su producción en un nivel aproximadamente igual o mayor que su promedio histórico, aproximación determinada por su nivel histórico (Leynam y Herdt, 1989). Es decir, el sistema debe satisfacer las necesidades del presente sin afectar las oportunidades de bienestar y calidad de vida de las futuras generaciones. Involucra tres aspectos: espacio, tiempo y dimensión (biológica, económica y social) (Leynam y Herdt, 1992). Su evaluación puede basarse en el análisis simultáneo del sistema de manejo de referencia y de un sistema alternativo, o en el análisis de un mismo sistema en el tiempo (Maser *et al.*, 1999).

Un sistema es sustentable cuando existe un equilibrio entre entradas (producción de bienes) y salidas (necesidades de la población). La población mundial crece y es importante conocer si la cantidad producida de alimentos satisface la demanda de la población. La producción de alimentos y recursos naturales debe aumentar lo necesario para hacer frente al crecimiento demográfico de forma sostenible, al menos hasta el 2050, fecha en la que se prevé una estabilización de la población mundial (FAO, 1996).

Los suministros de alimentos del planeta se han duplicado durante los últimos 40 años y con ello aumentaron los alimentos promedio *per cápita* en calorías. Este aumento no es indicador de una igualdad en la distribución de los alimentos (FAO, 1995). Así, el objetivo de este estudio es explicar, vía un modelo, el desarrollo histórico del sistema producción-consumo de alimentos. De mantener una tendencia positiva, proyectar su conducta futura para monitorear, hasta el año 2050, dicho sistema y ver si la conserva o, de modo contrario, señala un estado de alerta en el SAG.

MATERIALES Y MÉTODOS

Datos

Se consideraron datos anuales de la producción de alimentos para consumo humano en kilocalorías (kcal) y de la población mundial de 1961 a 2002. Esta información se tomó de la FAO (2004). Los datos son los que contienen el número de kcal-persona⁻¹·d⁻¹ por producto básico alimenticio y la población mundial. Los alimentos incluidos son: bebidas (café, cacao, té); azúcar y dulcificantes; frutas (banano, manzana, uva); frutas tropicales (piña); cítricos (naranjas y mandarinas); cereales (arroz, trigo, maíz);

tubérculos (camote, papas, yuca mandioca); hortalizas (tomate); leguminosas (frijol, guisantes); oleaginosas (semilla de girasol, maní, soja); productos pecuarios (carne de aves de corral, carne de cerdo, carne de vacuno, carne de ovino y caprino); leche y productos lácteos (leche entera, mantequilla regular y clarificada, queso); huevo; productos pesqueros (pescado de mar) (FAO, 1995; FAO, 1999).

Características del estudio

Se considera una escala mundial, lo cual oculta muchos factores que afectan al SAG, a cambio se tiene una mayor integración y se evita la dificultad de las importaciones y exportaciones en el caso de un país determinado. El ISAG se modeló con la serie de 1961 a 1998; los cuatro siguientes (1999-2002) se compararon con las predicciones calculadas como parte del monitoreo. La serie original permite determinar el comportamiento y la variabilidad del fenómeno y éstos se pueden usar para determinar continuidades o cambios del SAG en el futuro.

El ISAG considera dos dimensiones, la biológica y la económica. La biológica está implícita en la producción total mundial de la canasta básica considerada de bienes. La dimensión económica se expresa en la capacidad del SAG de satisfacer, a través del tiempo, las necesidades de la población. El ISAG es integrador, robusto y sencillo de entender; permite medir cambios en el sistema; tiene un objetivo práctico y, existe información disponible de los elementos que lo componen (Torquebiau, 1989; Bakkes *et al.*, 1994; Dumanski, 1994).

Definición del ISAG

El ISAG, I_p , es la comparación acumulada a escala mundial de las tasas anuales de crecimiento de la producción en kcal y la población mundial, es decir:

$$I_t = \frac{\prod_{j=0}^t (1 + i_{t-j}^*)}{\prod_{j=0}^t (1 + i_{t-j})} = \frac{\text{Producto de tasas de crecimiento de kcal total anual}}{\text{Producto de tasas de crecimiento de la población total anual}}$$

$$\text{donde: } i_t = \frac{P_{t+1} - P_t}{P_t}, \quad i_t^* = \frac{K_{t+1}^* - K_t^*}{K_t^*} \quad \text{con } t = 0, 1, 2, \dots, n,$$

$t = 0$ es el año de inicio del estudio (1961), y $t = n$ es el fin del período de estudio; en Espinosa (2001)*, $n = 36$ (1998), y en la segunda parte del estudio, $n = 40$ (2002),

I_t : valor del ISAG en el tiempo t ,

i_t : tasa de crecimiento de la población de t a $t + 1$,

i_t^* : tasa de crecimiento del total anual de kcal de t a $t + 1$,

P_t : población total en t ,

K_t^* : total anual de kcal en el tiempo t .

Modelo seleccionado para ajustar los datos

Considerando la hipótesis de la FAO sobre la estabilidad de la población para el año 2050 (FAO, 1996) y el crecimiento del volumen de alimentos por encima del crecimiento poblacional, se construyeron modelos para el ISAG consistentes con estas hipótesis.

Al ISAG se ajustó, utilizando el método Marquardt del procedimiento NLIN (SAS, 1989), la función monótona creciente (como históricamente lo exhibe el ISAG), seleccionada de seis ensayadas con características análogas, asintótica a un valor finito (de acuerdo a la estabilidad esperada de la población mundial):

$$I_t = a + be^{-c/t^d}, \text{ donde } a > 0. \quad (1)$$

Según las hipótesis, la población no crecerá indefinidamente y por ende la producción. Es decir, si $d > 0$, como debe ser para la conducta asintótica:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} I_t = \lim_{t \rightarrow \infty} \left[a + be^{-c/t^d} \right] = a + b$$

Además, se debe tener $a > 0$, $b > 0$, y $c > 0$ para que sea creciente.

Límites de confianza y de predicción del ISAG

Su cálculo difiere porque la varianza de las estimaciones y predicciones difiere.

Primera etapa, límites de confianza (LC)

Estos LC se calculan como en cualquier modelo lineal, según la siguiente expresión:

$$\hat{I}_t \pm \sqrt{V_{I_t}} \cdot t_{n-4}^\alpha, \text{ donde,}$$

\hat{I}_t valor estimado del ISAG, para $t = 0, 1, \dots, n$

$\sqrt{V_{I_t}}$: error estándar de los valores residuales del modelo

t_{n-4}^α : Valor 100 α % superior de la distribución t -Student con $n-4$ grados de libertad (g).

Segunda etapa, límites de predicción (LP)

Se calcula la varianza para cada predicción, y los LP son, según Bard (1974):

$$\hat{I}_t \pm \sqrt{V_{\hat{I}_t}} \cdot t_{n-4}^\alpha, \text{ para } t = n + 1, \dots, 88, \text{ donde,}$$

\hat{I}_t : valor pronosticado del ISAG, para $t = n + 1, \dots, 88$ ($t=88$ representa el año 2050),

$\sqrt{V_{\hat{I}_t}}$: desviación estándar del valor pronosticado del ISAG, en t ,

$$V_{\hat{I}_t} = \left[\frac{\partial \varphi(\theta)}{\partial \theta} \right]' V_\theta \left[\frac{\partial \varphi(\theta)}{\partial \theta} \right] + V_n, \text{ donde: } \theta' = (a, b, c, d);$$

$\varphi(\theta) = a + be^{-c/t^d}$; $V_\theta = DV^*D$, con $D = \text{diag}(s_a, s_b, s_c, s_d)$, la matriz diagonal compuesta por los errores estándares de los estimadores de los parámetros a , b , c y d ; V^* , su matriz de correlaciones; y V_n es el cuadrado medio del error del modelo.

Criterio de decisión

El criterio para determinar si el SAG se encuentra en una condición de no sustentabilidad en el tiempo t es si el valor del ISAG, I_t , es menor que el límite inferior de confianza o predicción, LI_t , según sea el caso. Un estado de no sustentabilidad ocurrirá si el índice muestra una caída más allá de su variación intrínseca histórica, y se presentará si la tasa de crecimiento alimentaria es menor a la poblacional, ya sea por una menor producción, una caída en la productividad o un crecimiento inesperado de la población. En la interpretación del criterio debe tenerse el cuidado de no pensar que el modelo predice la sustentabilidad del sistema producción-consumo, eso no lo puede hacer ningún modelo. Lo que hace es ofrecer, hasta el 2050, una predicción del ISAG y su LI_t , para comparar, cada año, este último con el valor real del ISAG y, de ser menor éste, alertar sobre una condición de no sustentabilidad, alerta muy importante.

Proyecciones hacia el año 2050

La FAO ha hecho proyecciones de la población del 2000 al 2050, y aquí se hacen proyecciones del ISAG, con

ambas series se puede predecir el total de kcal disponibles para consumo humano en este período. Éstas son predicciones y deberán compararse, en su momento, con las observadas para saber si el SAG mantiene su tendencia o hay evidencias de un estado no sustentable.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados del ISAG con datos de 1961 a 1998

El valor del ISAG ha crecido de 1961 a 1998, esto indica que el crecimiento de las kcal totales por año de los bienes considerados ha sido mayor que el de la población; en 37 años el excedente es aproximadamente 25 % (Figura 1).

De 1945 a 2000 los suelos tuvieron una pérdida de productividad acumulada de 17 % como consecuencia de la degradación (IFPRI, 2002) y entre 1960-2000 la población mundial se duplicó. Sin embargo, los niveles de nutrición mejoraron porque, en parte, los precios de arroz, trigo y maíz disminuyeron aproximadamente en 60 %. Esta reducción indica que aumentó la oferta de los alimentos en comparación con la demanda (FAO, 2002a). Por tanto, ha habido factores compensatorios a la caída en la productividad de los suelos y al crecimiento de la población, como puede ser la incorporación de tierras de cultivo, la hidroponía, el mejoramiento vegetal, la manipulación genética, la hibridación, el mejor manejo de los nutrientes del suelo, el mejor control de las malas hierbas, y otros (Wikipedia, 2006).

Resultados del ajuste del modelo

En el Cuadro 1 se muestran los resultados del modelo ajustado.

Note la suma de cuadrados del error y la significancia de los parámetros *a*, *b* y *d*.

Límites de confianza y predicción del ISAG

En la Figura 1 se presentan los valores del ISAG, sus estimaciones y los límites superior e inferior de confianza y predicción del índice.

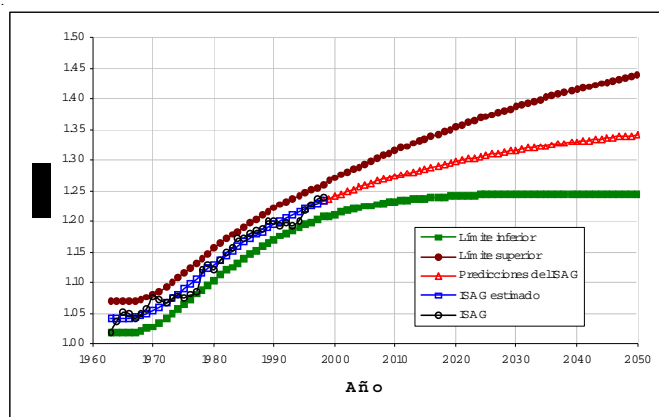


FIGURA 1. ISAG observado y estimado, límites de confianza y predicción Espinosa (2001).

El ISAG estimado, de 1962 a 1998, sigue muy de cerca al observado y en general cae dentro de los LC. Sin embargo, en 1963, lo cual era un síntoma crítico de no sustentabilidad para el SAG. Un acontecimiento, que contribuyó a esta situación fue el rompimiento, en 1961, de las relaciones diplomáticas entre EE. UU. y Cuba, lo que provocó una confrontación directa entre EE. UU. y la Unión Soviética, y en 1962 colocó al mundo al borde de una guerra nuclear. Además, en 1961 la construcción del muro de Berlín afectó considerablemente la situación económica en Europa.

El suministro de alimentos *per cápita* en el mundo, al inicio de la década 1960-1970 era de 2,300 kcal·d⁻¹, con una distribución muy desigual: 3,030 kcal para los países desarrollados, y 1,960 kcal para los países en desarrollo, donde sólo 100 millones de personas (5 % de la población de estos países) tenían un suministro superior a 2,500 kcal·d⁻¹. El 75 % de la población de los países en desarrollo vivía con sólo 1,835 kcal, ligeramente superior a 1,550 kcal, que define la desnutrición crónica.

En 1976, 1977, 1993 y 1994 hubieron condiciones comprometedoras para el SAG, el fue ligeramente superior a *a*, mejorando en los años siguientes. La situación en 1976 y 1977 resultó de la crisis alimentaria de 1973 y la del petróleo que provocó una inflación en todo el mundo,

CUADRO 1. Análisis de varianza y estimaciones del modelo (1), 1961-1998.

Fuente	<i>gl</i>	SC	CM	Valor F	Aprox.Pr > F	P ^z	E ^y	EEA ^x	LC Aprox. 95% ^w
Regresión	4	46.189	11.5500	431.72	<0.0001	a	1.042	0.005	1.033 1.052
Error	32	0.004	0.0001			b	0.399	0.133	0.129 0.670
Total no C	36	46.193				c	31.190	19.669	-8.873 71.254
Total C	35	0.159				d	1.044	0.287	0.459 1.628

^zParámetro,

^yEstimación,

^xError estándar aproximado,

^wLímites de confianza aproximados.

acompañada por una recesión económica en los años siguientes. Otros factores fueron las malas cosechas de cereales en EE. UU., Europa y la ex URSS, y un fuerte incremento en la importación de alimentos de esta última. En 1993 hubo una grave crisis en el sistema monetario europeo, por la desintegración de la URSS en 1991, y la constitución de la nueva Europa.

La conducta del ISAG en los primeros cuatro años pronosticados

Los valores del ISAG de 1999 a 2002, pronosticados en 1998, se ubicaron dentro de los límites (Cuadro 2), en condición distante a la no sustentabilidad y muy cerca de los índices pronosticados para esos años (Figura 2). A pesar de ello, en muchos países hubo escasez de alimentos, lo que indica que existen factores importantes que no les permiten el acceso a ellos, aunque la oferta haya aumentado: inestabilidad política y conflictos civiles (en el África subsahariana provocó pérdidas de casi 52,000 millones de dólares en la producción agrícola entre 1970 y 1997, equivalente al 75 % de toda la asistencia oficial para el desarrollo, recibida por los países afectados por conflictos; (FAO, 2002b), condiciones atmosféricas inciertas (en Armenia, Georgia y Tayikistán 4 millones de personas afectadas por la sequía; en Mongolia dos inviernos con temperaturas de hasta 50 °C bajo cero causaron la muerte de 3.6 millones de cabezas de ganado; (FAO, 2001), desastres naturales (en Madagascar, dos ciclones y una tormenta tropical en el 2000 afectaron 1.14 millones de ha de cultivos; (FAO, 2001), enfermedades (el SIDA ha reducido las tasas de crecimiento económico en África 2 a 4 % anual; (FAO, 2003) y la pobreza. Además, de 1995 a 2001, el número de personas con subnutrición aumentó de 790 a 842 millones (FAO, 1999; FAO, 2004a).

El ISAG podría mostrar una tendencia negativa después de 2002. La tasa de crecimiento de la producción agropecuaria mundial cayó entre 2000 a 2002, después del crecimiento en 1999 (FAO, 2004a); esta tendencia es mayor en los países en desarrollo. La África subsahariana es la más afectada pues no ha crecido la producción de alimentos *per cápita* en los tres últimos decenios (FAO, 2004a). Además, el África meridional, en 2002-2003, sufrió una crisis alimentaria por una combinación de sequías recurrentes, políticas económicas fallidas y contiendas civiles, agravada por el SIDA.

CUADRO 2. ISAG y los intervalos de confianza de las predicciones.

AÑO	ISAG	LF	LS'
1999	1.2358	1.2109	1.2719
2000	1.2388	1.2135	1.2759
2001	1.2376	1.2159	1.2798
2002	1.2442	1.2180	1.2837

^aLímite inferior y

^bLímite superior de predicción del ISAG calculado por Espinosa (2001).

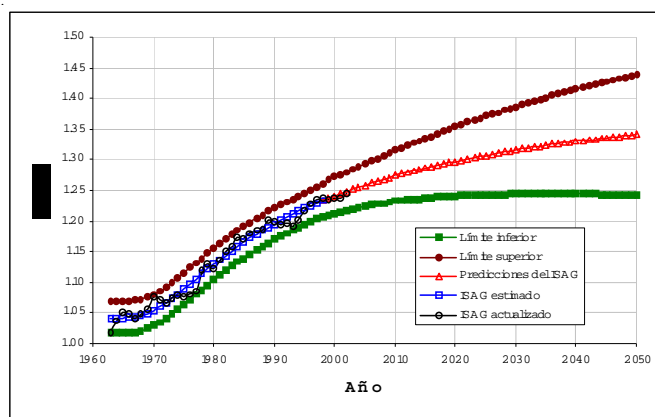


FIGURA 2. Gráfica de las bandas de confianza del modelo (Espinosa, 2001) y del ISAG actualizado (1998-2002).

Resultados del ISAG con datos del período 1961-2002

Con el propósito de observar la estabilidad del modelo (1) se agregó la información de 1999 a 2002, se volvió a ajustar, se obtuvieron las predicciones del ISAG y se calcularon sus límites de confianza y predicción hasta el 2050 (Figura 3). Las estimaciones fueron $a = 1.0446$, $b = 0.3222$, $c = 46.7463$, $d = 1.2378$ e igual CME. Los LC muestran una mejoría en la precisión de las predicciones, manifiesta en la disminución de su ancho, lo cual señala un acercamiento del modelo a la estabilidad.

CONCLUSIONES

El ISAG y su modelo tienen una base matemática sustentada en hipótesis plausibles hasta el momento, por lo que son teóricamente válidos para dar seguimiento al sistema.

Valorar la sustentabilidad usando un modelo para el ISAG y sus LC y LP, garantiza la sensibilidad del método, ellos miden la variación del ISAG y éste la conducta del SAG.

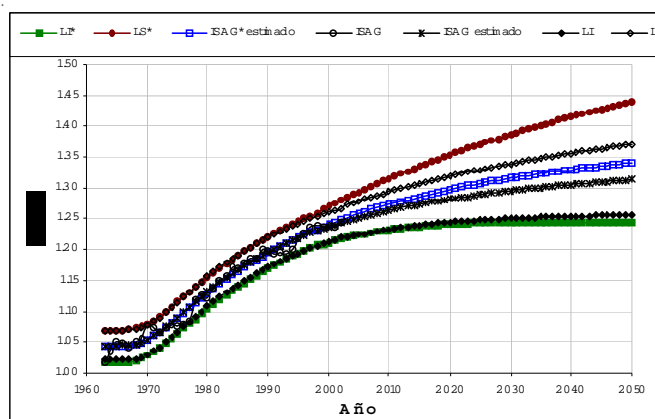


FIGURA 3. Comparación entre los resultados de Espinosa (2001), con asteriscos, y los del segundo ajuste.

El SAG se ha mantenido en una condición de sustentabilidad, y hasta ahora el crecimiento de la producción ha sido mayor al de la población. La pérdida de productividad de los suelos se ha visto compensada por avances tecnológicos en la agricultura, siendo la hidroponía un sustituto importante (UNALM, 2006). Pero, ¿la pérdida de productividad de los suelos se podrá seguir substituyendo con agricultura controlada o sin suelo, al menos, en los próximos cincuenta años? El índice y modelo propuestos sirven para monitorear esta posibilidad y resulta de mucho interés el seguimiento en los próximos lustros por el deterioro visible en los sistemas ecológicos del mundo, consecuencia de la incorporación de tierras a la agricultura y de la conducta consumista de la sociedad. Si el ISAG rompiera su tendencia histórica de los últimos 40 años, periodo donde la agricultura ha tenido grandes avances, habría evidencias significativas de alerta en el SAG que deben diagnosticarse como parte mínima de una estrategia de soberanía alimentaria para fortalecer el campo, ya que, por ahora, la alimentación de nuestro pueblo depende en mucho de las importaciones.

Las veces en que el SAG ha mostrado signos de no sustentabilidad están ligadas a situaciones de carácter socio-político. La hambruna a condiciones atmosféricas, desastres naturales, enfermedades y fundamentalmente a la pobreza, que señala la causa del hambre y apunta a la distribución de la riqueza.

Si en apariencia el SAG ha sido sustentable biológica y económicamente, no lo ha sido socialmente para evitar el hambre. Algunas actividades se realizan en esa dirección (WHI, 2004) para que la disponibilidad de alimentos acompañe a la financiera.

LITERATURA CITADA

- BAKKES, J. A.; VAN DEN BORN, G. J.; HELDER, J. C.; SWART, R. J.; HOPE, C. W.; PARKER, J. D. E. 1994. An overview of environmental indicators: State of the art and perspectives. UNEP Environment Assessment Technical Reports nr. UNEP/EATR. 94-01; RIVM/402001001. UNEP, Nairobi. 123 p.
- BARDELLI, Y. 1974. Non Linear Parameter Estimation. Academic Press, Inc. Cambridge, Massachusetts. 1974. 120 p.
- DUMANSKI, J. 1994. Sustainable land management for the 21st century. International Workshop on Sustainable Land Management for the 21st Century. University of Lethbridge, Canada: Agricultural Institute of Canada. 50 p.
- ESPINOSA-GARCÍA, N. 2001. Índice de sustentabilidad alimentaria global: tasa de crecimiento alimentaria contra tasa de crecimiento poblacional. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. 83 p.
- FAO. 1987. Quinta encuesta alimentaria mundial. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 77 p.
- FAO. 1995. Agricultura Mundial: Hacia el Año 2010. N. Alexandratos (ed). Roma, FAO y Mundi-Prensa Libros. Madrid. 488 p.
- FAO. 1996. Necesidades de alimentos y crecimiento de la población. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Vol. I. Roma. 55 p.
- FAO. 1999. Situación de los mercados de productos básicos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 97p.
- FAO. 2001. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo: 2001. Roma, Italia. 58 p.
- FAO. 2002a. Agricultura mundial hacia los años 2015/2030. Informe resumido. Roma, Italia. 97 p.
- FAO. 2002b. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo: 2002. Roma, Italia. 37 p.
- FAO. 2003. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo: 2003. Roma, Italia. 37 p.
- FAO. 2004. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Agriculture. Consultado el 20 de enero de 2004 en: <http://faostat.fao.org/faostat/collections?version=ext&hasbulk=0&subset=agriculture>
- FAO. 2004a. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. La biotecnología agrícola: ¿Una respuesta a las necesidades de los pobres? Roma, Italia. 227 p.
- IFPRI. 2002. International Food Policy Research Institute. La agenda inconclusa: perspectivas para superar el hambre, la pobreza y la degradación ambiental. Washington, DC. 21: 133-138.
- LEYNAM, J. K.; HERDT, R. W. 1989. Sense and sustainability: sustainability as an objective in international agriculture research. J. Agric. Econ. 3: 381-398.
- LEYNAM, J. K.; HERDT, R. W. 1992. Sustainable development and the changing needs of international agricultural research. In: Assessing the importance of international agricultural research for sustainable Development. Lee, D.R., S. Kearn, and N. Uphoff (eds). Symposium proceedings at Cornell University. pp. 1-14.
- MASERA, O.; ASTIER, M.; LÓPEZ-RIDAURA, S. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. Ed. Mundi-Prensa, GIRA, UNAM, México, D. F. 160 p.
- SAS. 1989. SAS Institute Inc., SAS/STAT® User's Guide, Version 6, Fourth Edition, Volume 2. Cary, NC. 846 p.
- TORQUEBLAU, E. 1989. Sustainability indicators in agroforestry. In: Viewpoints and issues on agroforestry and sustainability. Huxley, P. A. (ed). Nairobi, Kenya: ICRAF. 14p. (irregularmente paginado)
- UNALM, 2006. Universidad Nacional Agraria La Molina, Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Consultado el 10 de diciembre de 2006 en: <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/novedades2006.htm>
- WHI. 2004. Foods resource bank. World Hope International. Consultado el 23 de junio de 2005 en: <http://www.worldhope.org/hopeenterprise/foods.htm>
- WIKIPEDIA, 2006. Agriculture. Consultado el 10 de diciembre de 2006 en: <http://en.wikipedia.org/wiki/Agriculture>