

## **Uso e implementación de composta como técnica de biorremediación de suelos**

FRAIRE-VÁZQUEZ, Azucena del Rosario

A. Fraire

Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco  
azucena.fraire@campus.itsc.edu.mx

J. Agüero, B. Torres, (eds.) Educación Ambiental desde la Innovación, la Transdisciplinariedad e Interculturalidad, Tópicos Selectos de Educación Ambiental-©ECORFAN-Veracruz, 2015.

## Introducción

La necesidad de resolver los problemas de residuos, derivados del crecimiento de las ciudades y asentamientos urbanos y de las nuevas actividades productivas, obligan a desarrollar sistemas de recolección, ubicación, reutilización y reciclaje de residuos domiciliarios e industriales, tanto en las áreas urbanas como en el sector rural, que sean compatibles con el medio ambiente y eficientes en costo. (Ozores-Hampton Et al.,2003). Aunado a esto se tienen registros que la cantidad de residuos sólidos generados en México es de 42,102.75 toneladas, de las cuales el estado de Tabasco se estima produce 748.25 mil toneladas al año, y estas se encuentran compuestas por residuos de comida, jardinería y materiales orgánicos similares que son fácilmente compostables (SEMARNAT, 2002). Debido a estas necesidades se considera una buena opción la elaboración de composta para ayudar al proceso de recuperación de suelos que han sido sobre explotados o contaminados, porque el producto final, la composta, mejora la calidad del suelo al adicionarse al mismo como abono orgánico (Craft y Nelson, 1996).

El compostaje es considerado como la descomposición biológica aerobia en donde parte de la materia orgánica es transformada a sustancias estables parecidas a los ácidos húmicos (Farrell y Jones, 2009) y como una herramienta biotecnológica en la transformación de los residuos sólidos orgánicos en productos agrícolas apropiados (Baffi et al., 2007).

Cabe destacar que a los dos o tres días del inicio el compostaje, el autocalentamiento normalmente eleva la temperatura de la composta a 55-60°C o más. Después de algunos días a temperatura máxima, hay un descenso gradual de ésta que conduce a temperaturas mesofílicas; durante este periodo, estas poblaciones microbianas son reemplazadas por las mesofílicas que sobrevivieron al proceso termofílico. De manera que hay una sucesión de ambientes, debido principalmente a la modificación de sustratos y temperaturas, y a una serie correspondiente de poblaciones microbianas, pues el incremento de la temperatura durante el compostaje tiene como consecuencia el rápido rompimiento de los compuestos orgánicos por microorganismos termofílicos, por lo que la materia orgánica comienza a ser más estable (Raut et al., 2008).

La FAO (1984 y 1997) ha señalado que la solución del problema de la producción de alimentos dependerá del aumento de la productividad de las tierras y considera que los fertilizantes juegan un importante papel dentro de la producción de insumos. Por tal motivo, la producción mundial de fertilizantes minerales se incrementó sostenidamente entre los años 1985-1989 (de 139,6 a 158,3 millones de toneladas) y se observó cierta disminución entre los años 1990-1994 (de 152,9 a 131,5 millones de toneladas), debido al elevado consumo de energía fósil para su producción, el aumento de los precios y la toma de conciencia a nivel mundial sobre la necesidad de proteger el medio ambiente; no obstante, existió una recuperación de la producción de estos insumos a partir de 1995, motivado ello fundamentalmente por la reducción de los precios de los fertilizantes. (Sueiro-Garra et al., 2011).

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es originario de América y representa un aporte proteico de un 15-30%, calórico de 340 calorías en 100g de granos secos, por lo que se considera uno de los alimentos básicos para los seres humanos. Se cultiva con un rendimiento promedio de 0.683t/ha (FAO, 2002) destacándose en Asia (India), América Latina (Brasil, México, Argentina y Chile) y el Caribe (Nicaragua) teniendo una superficie total cosechada de 26 836 860 ha y niveles de producción de 18 334 318 toneladas.

En los países de Centroamérica se cultivan aproximadamente 500 mil hectáreas y en el Caribe, particularmente Cuba, República Dominicana y Haití, la cifra asciende a 250 mil hectáreas mientras que su producción en América tropical y subtropical asciende a más de cuatro millones de toneladas al año, con Brasil y México como mayores productores. Es evidente, si se considera que el frijol común se ubica como promedio entre los cinco cultivos con mayor superficie dedicada a la agricultura en todos los países latinoamericanos (Peña Cabriales, 2002).

En la Conferencia Mundial sobre la Educación Superior (1998) en la sede de la UNESCO se expresó que es necesario propiciar el aprendizaje permanente y la construcción de las competencias adecuadas para contribuir al desarrollo cultural, social y económico de la sociedad. Asimismo, se señaló que las principales tareas de la educación superior han estado y seguirán estando ligadas a cuatro de sus funciones principales:

- Una generación con nuevos conocimientos.
- El entrenamiento de personas altamente calificadas.
- Proporcionar servicios a la sociedad.
- La crítica social. (UNESCO 1998)

Expuesto lo anterior y debido a la falta de conocimiento de la técnica en la región, como parte de los trabajos realizados en la materia “Microbiología” y de las exigencias en la educación actual se presenta la elaboración de composta como proyecto integrador para los alumnos de Ingeniería Ambiental de 4to semestre del Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco con la intención de que haya mayor difusión de esta en el estado.

## **Objetivos**

Aplicar la técnica mediante un proyecto integrador como una forma de aprender la naturaleza del proceso de compostaje y la importancia de producir abonos orgánicos desde el punto de vista microbiológico.

Instruir a los jóvenes estudiantes de ingeniería ambiental en el uso del manejo de tecnologías de reciclaje de residuos orgánicos.

Implementar el uso de abono de composta como una alternativa de biorremediación de suelos y control de la erosión mediante bioensayos germinativos con plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*)

## **Metodología**

Para la realización de este proyecto se siguió la metodología propuesta en la norma NADF-020-AMBT-2011 con modificaciones en la técnica. El proyecto fue desarrollado en tres etapas fundamentales las cuales se detallan a continuación.

Etapa 1. Elaboración del abono. Se diseñaron 8 pilas de compostaje de 10kg c/u, las cuales contenían restos de vegetales, rastrojos de poda, estiércol bovino, aserrín y hongos saprófitos, para ayudar a la rápida descomposición de los materiales, los vegetales se cortaron en fracciones pequeñas. Todos los materiales se acomodaron en capas subsecuentes y al final se le agregó aserrín para evitar los malos olores. Una vez elaboradas las pilas, se introdujo un porta objetos con la finalidad de obtener una biopelícula de microorganismos para su posterior observación.

Las pilas también se monitorearon de manera periódica para tener un registro de las temperaturas. Se realizaron volteos periódicos para promover la oxigenación y el control de la temperatura.

Una vez alcanzada la etapa de madurez de la composta se procedió a tamizar el abono obtenido con la finalidad de retirar todo material que no alcanzó a degradarse y se pesó.

Etapa 2. Evaluación microbiológica. Para descartar la posible presencia de microorganismos patógenos se tomaron muestras de cada una de las pilas de compostaje y se evaluaron conforme a la norma NOM-SSA-112-1994 para conocer el Número más probable de Coliformes totales y fecales. Adicionalmente con el portaobjetos insertado se procedió dar inicio al cultivo de microorganismos para identificar la morfología de estos mediante tinciones, para lo cual fue necesario inocular tubos de ensaye con caldo nutritivo por 24 hrs a 35°C. Posteriormente se realizó la siembra de los mismos en agar cuenta estándar por el método de agotamiento de estrías, las cajas se incubaron a 35°C con observación a las 24 y 48 hrs. De las colonias obtenidas se tomaron inóculos para la elaboración del frotis, tinción simple y tinción de Gram, la observación al microscopio se realizó con el quipo Carl Zeiss a 4x, 10x, 40x y 100x, este último con ayuda de aceite de inmersión.

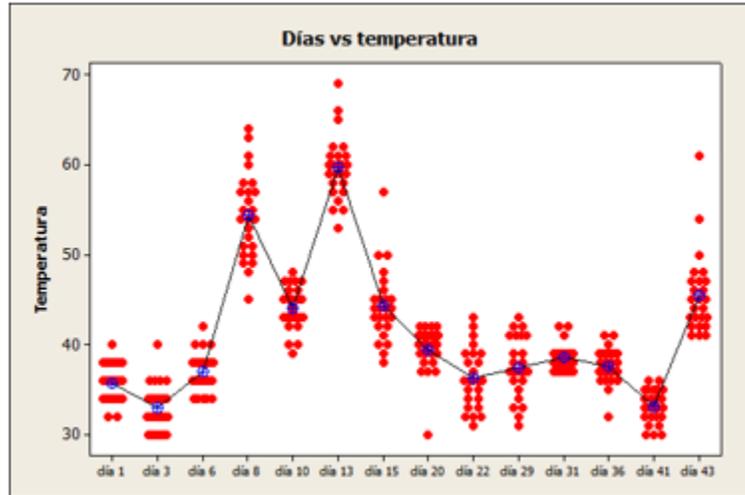
Etapa 3. Elaboración del bioensayo germinativo. En esta etapa de la elaboración de bioensayos, se realizaron las pruebas respectivas para analizar la efectividad del abono. Lo primero que se realizó fue la prueba germinativa la cual tenía como objetivo probar si las semillas son viables para la siembra. Para ello se utilizó 1kg de frijol (*Phaseolus vulgaris*) del cual se tomaron 400 semillas de forma aleatoria y se colocaron en grupos de 50 en tiras de papel periódico, se humectaron y colocaron a incubación a 25 °C durante 4 días. Y mediante una regla de tres simple se obtuvo el porcentaje de germinación de estas. Una vez comprobada la efectividad de las semillas se prosiguió a realizar la siembra de las mismas, para lo cual se utilizó tierra roja tamizada, una balanza y el abono orgánico siguiendo las siguientes proporciones:

- 20% de composta: 100g de composta y 400g de tierra roja.
- 50% de composta: 250g de composta y 250g de tierra roja.
- 70% de composta: 350g de composta y 150g de tierra roja.
- Prueba blanco: 500g de tierra roja.

Se procedió a preparar las combinaciones suelo y composta con tres réplicas de cada una. A fin de estudiar el aporte de esta a las plantas se tomaron como respuestas de salida las alturas de las plantas y su crecimiento en los primeros 20 días.

## **Resultados y discusión**

Durante el periodo de monitoreo de las temperaturas obtuvimos que estas se encontraban en rangos adecuados, las pilas de compostaje se situaron entre los 50 y 60°C. En la parte donde se observan los puntos más altos se tuvo mayor cuidado para realizar los volteos y controlar adecuadamente las temperaturas.

**Grafica 1** Temperaturas alcanzadas durante el proceso de compostaje.

Al finalizar el proceso de compostaje se pesó la masa final obteniendo los siguientes datos:

**Tabla 1** Masa inicial vs masa final.

Número de pila	Masa inicial (kg)	Masa final (kg)
1	10	5
2	10	2.5
3	10	6
4	10	5
5	10	3.5
6	10	5
7	10	4
8	10	4

En el proceso de compostaje dependiendo las características de la materia orgánica se encontró que el porcentaje de degradación de esta varió entre el 50 y el 25% eso depende fundamentalmente del tamaño de partícula que posee la materia y la cantidad de agua presente en ella.

En los cambios físicos de esta encontramos que al paso de las semanas la materia orgánica va tornándose de un color un más oscuro, los malos olores comienzan a desaparecer, al realizar la prueba de humedad encontramos que algunas pilas tienen exceso de líquidos, por tanto es necesario disminuir la hidratación de estas.

Una vez realizado el tamizaje y la operación de pesaje se procedió a la evaluación microbiológica donde se descartó o corroboró la presencia de Coliformes totales y fecales.

**Tabla 2** Resultado de evaluación microbiológica Número más probable (NMP)

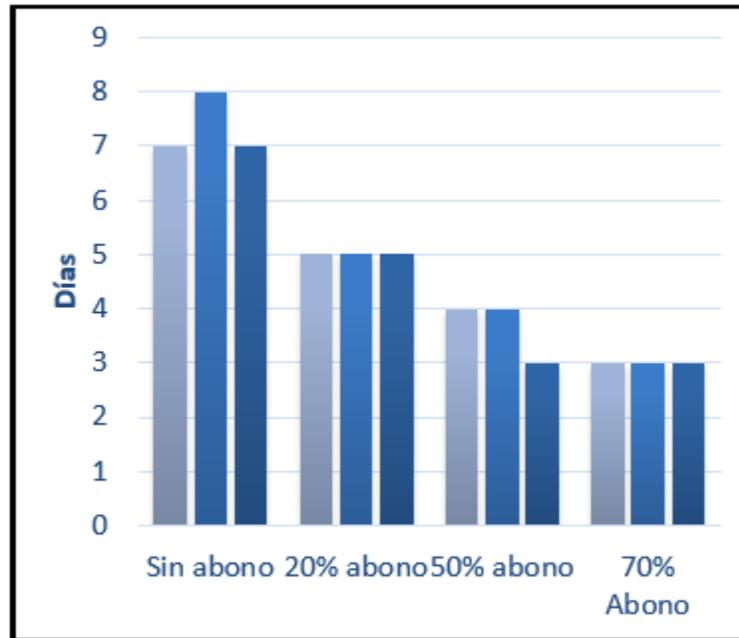
<b>Número de pila</b>	<b>NMP Coliformes totales</b>	<b>NMP Coliformes fecales</b>
<b>1</b>	460g/ml	Negativo
<b>2</b>	240 g/ml	Negativo
<b>3</b>	200 g/ml	Negativo
<b>4</b>	240 g/ml	Negativo
<b>5</b>	240 g/ml	Negativo
<b>6</b>	1100 g/ml	210 g/ml
<b>7</b>	2500 g/ml	240 g/ml
<b>8</b>	200 g/ml	Negativo

En la tabla 2 podemos observar la cantidad de Coliformes Totales y fecales de acuerdo a la NOM-112-SSA-1994, basados también la norma NOM-004-SEMARNAT-2002 que establece que el límite máximo permisible de Coliformes totales debe ser igual o menor que 1000g/ml y el límite máximo permisible de Coliformes fecales debe ser menor que 2000g/ml, la mayoría de las pilas se encuentra por debajo del límite máximo permisible, por lo que podemos decir que existió un buen proceso de control microbiano.

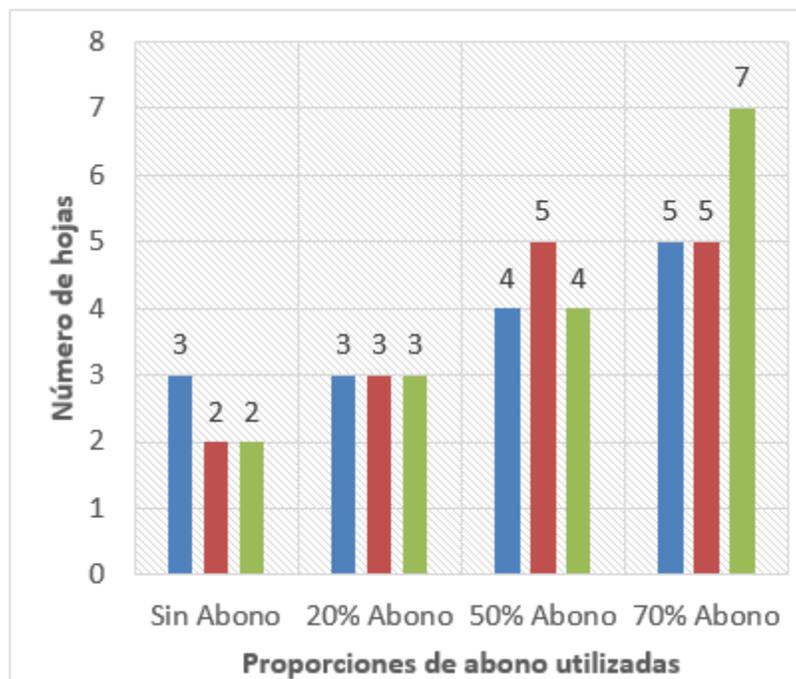
También al realizar el proceso de tinción de observamos una gran abundancia de microorganismos de forma bacilar Gram negativas y algunos cocos Gram negativos.

Para la elaboración de los bioensayos germinativos se realizó primero la prueba de viabilidad de las semillas en las que de 400 granos que se colocaron germinaron adecuadamente 380, es decir se obtuvo un 95% de germinación, de acuerdo a lo establecido en diversas metodologías nacionales para considerar una semilla viable debe obtenerse encima del 80% de germinación.

En la fase del bioensayo germinativo las semillas fueron sembradas aproximadamente a 2 cms de profundidad, obteniendo que la mayoría de las plántulas comenzaron a emerger a partir del día 3.

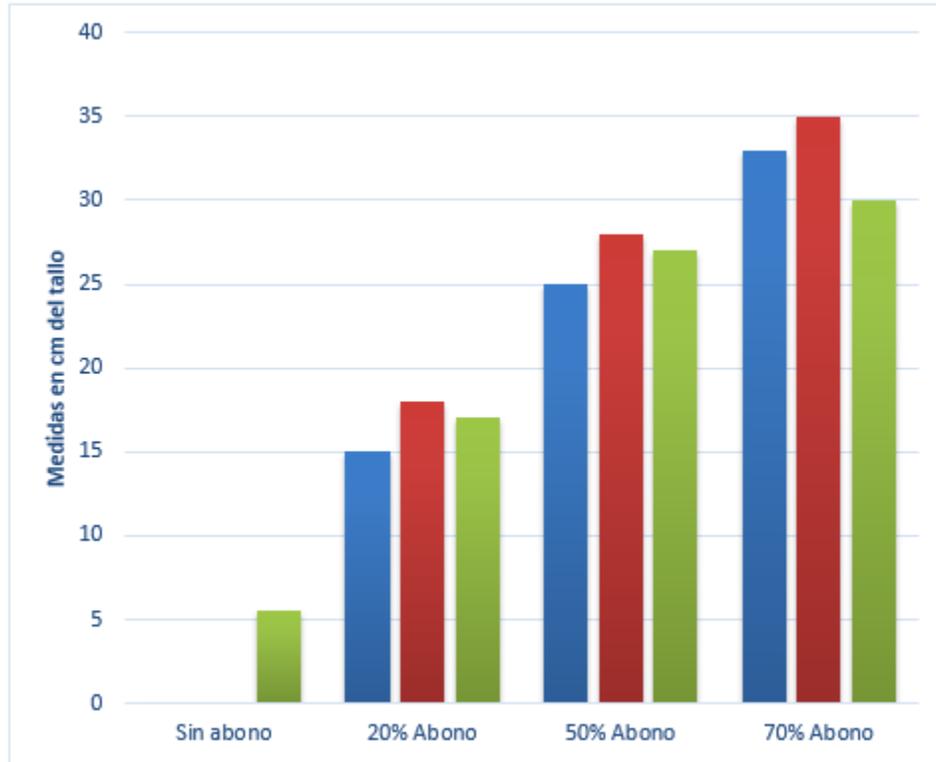
**Grafica 2** Tiempo de emergencia de las plántulas.

La caracterización fisiológica de la emergencia y establecimiento de la planta en dependencia de la profundidad de siembra podría permitir reconocer variabilidad entre cultivares de frijol en caracteres como la velocidad de crecimiento de la plántula, exposición y desarrollo del follaje (Nabi. 2011). Como se muestra en la figura 2 la germinación de las plántulas de frijol se efectuó con mayor rapidez en los tratamientos que poseen mayor cantidad de abono, con lo cual podemos determinar que la cantidad de este combinado con tierra aporta mayor cantidad de nutrientes para que la planta tenga un desarrollo más rápido.

**Grafica 3** Desarrollo foliar de las plantas.

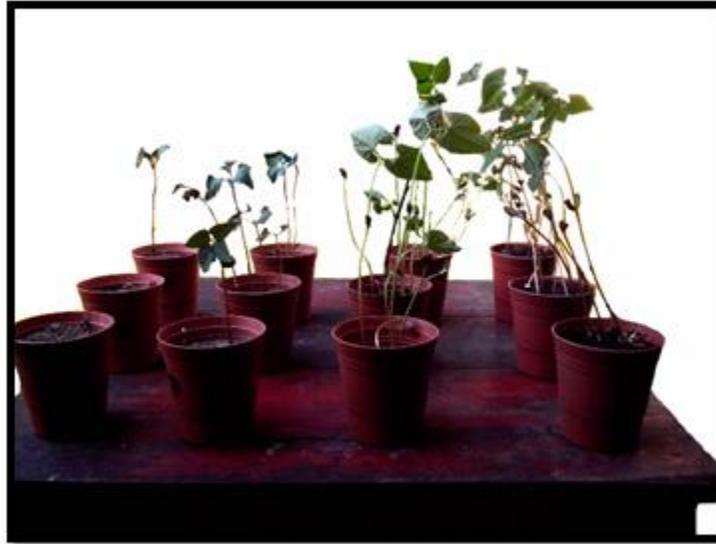
El número de hojas de las plantas en desarrollo también fue considerado un indicador de la efectividad del abono preparado, en la gráfica 3 se puede observar que a mayor cantidad de abono agregado a la preparación tierra-composta mayor es la cantidad de hojas que presentan las plantas con el paso de los días. Las plantas que no se trataron con el abono presentan desarrollo foliar pero este es más lento, las hojas se observan de menor tamaño, con color opaco y con que las de las plantas que se trataron con abono.

**Grafica 4** Comparación del crecimiento en diferentes proporciones de abono.



En esta gráfica podemos observar que el crecimiento de las patas de frijol es más notable en donde hubo aplicación del abono de composta en mayores proporciones. Las muestras que solo poseen tierra, presentan un crecimiento escaso o nulo.

**Figura 1** Comparación del desarrollo de las plantas



En la Figura 1 se muestra que las plantas tratadas con mayor cantidad de abono de composta presentan de manera evidente mayor número de hojas y con mayor tamaño, así mismo en la longitud de los tallos se puede observar la desigualdad.

### **Conclusiones**

El tratamiento con abono de composta es efectivo para usar en técnicas de biorremediación porque permite a este regresar parte de la fertilidad a suelos que se han visto impactados por la intensa actividad agrícola.

Las plantas se ven favorecidas en el tiempo de germinación, tamaño de los tallos y número de hojas si el suelo donde son sembrados recibe fertilización con abono de composta.

El uso de fertilizantes orgánicos es más económico que los fertilizantes químicos, no es tóxico y promueve la agricultura amigable.

El realizar proyectos integradores de esta índole permitió despertar en los alumnos el interés y el compromiso, permitió también tener una percepción aterrizada a problemáticas reales y la manera de resolverlas poniendo en práctica los conocimientos adquiridos durante su periodo de formación.

### **Referencias**

Baffi, C., M. T. Dell'Abate, A. Nassisi, S. Silva, A. Benedetti, P. L. Genevini, and F. Adani. 2007. Determination of biological stability in compost: A comparison of methodologies. *Soil Biol. Biochem.* 39: 1284-1293

Craft, C. M. and E. B. Nelson. 1996. Microbial properties of composts that suppress damping-off and root rot of creeping bentgrass caused by *Pythium graminicola*. *Appl. Environ. Microbiol.* 62: 1550-1557

Farrel, M. and D. L. Jones. 2009. Critical evaluation of municipal solid waste composting and potential compost markets. *Bioresour. Technol.* 100: 4301-4310.

Nabi, G; Mullins, CE; Montemayor, MB; Akhtar, MS. 2001. Germination and emergence of irrigated cotton in Pakistan in relation to sowing depth and physical properties of the seedbed. *Soil & Tillage Research* 59: 33-44.

Ozores-Hampton, Mónica; Riffo, María Olivia; O’Ryan, Jorge. (2003). curso internacional de compostaje: producción, control de calidad y usos de compost.. *Pharos*, noviembre-diciembre, 129-133.

Peña-Cabriales. J.J. 2002 La fijación de biológica de nitrógeno en A.L. El aporte de las técnicas isotópicas. Ed. IMPROSA, SA.de C.V. Inaguato. México. 120 p

Raut, M. P., S. P. M. Prince, J. Bhattacharyya, T. Chakrabarti, and S. Devotta. 2008. Microbial dynamics and enzyme activities during rapid composting of municipal solid waste. A compost maturity analysis perspective. *Biores. Technol.* 99:6512-6519

SEMARNAT, 2002. “Compendio de Estadísticas Ambientales, 2002”. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Editor). México.

Sueiro Garra; Rodríguez Pequeño y Cruz Martín: "El uso de biofertilizantes en el cultivo del frijol: una alternativa para la agricultura sostenible en Sagua la Grande" en *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, N° 159, noviembre 2011. Texto completo en <http://www.eumed.net/coursecon/ecolat/cu/2011/>

UNESCO, 1998. Conferencia “La educación superior en el siglo XXI Visión y acción”. Organización de las naciones unidas para la educación, la ciencia y la cultura. París, Francia.