

# LA ROTACION DE CULTIVOS: UNA ALTERNATIVA ECONOMICA Y ECOLOGICA PARA LA PRODUCCION AGRICOLA EN COLOMBIA

LEON DARIO VELEZ VARGAS<sup>1</sup>

Se analizará el caso de los cultivos de maíz, sorgo, arroz, algodón y soya, bajo el sistema de manejo agrotecnológico avanzado mecanizado o empresarial, y cuyo agrupamiento obedece a:

- excepto el maíz, las demás especies se cultivan en las zonas de clima cálido, correspondiente al piso basal tropical, en donde ocupan un importante porcentaje del área cultivada y constituyen los principales cultivos semestrales<sup>2</sup>,
- estos cultivos tienen algunos requerimientos y prácticas de manejo comunes: manejo de suelos, manejo de malezas y plagas, manejo del agua, entre otras,
- estos cultivos pueden constituir un arreglo productivo o patrón de cultivo de ROTACIÓN o SECUENCIAL, sin embargo,

dependiendo de factores como los precios en el mercado y otros que más adelante se discutirán, también puede presentarse el arreglo productivo de monocultivo. La rotación de cultivos se refiere a la siembra continua del mismo terreno con especies diferentes en una secuencia definida.

El concepto básico del Arreglo Productivo de Rotación, es que si bien el agricultor maneja solo un cultivo a un tiempo (unicultivo), la experiencia de los cultivos de una misma especie de manera continua en el tiempo (monocultivos), no es completamente aplicable al arreglo de rotación debido a la influencia del cultivo anterior en las propiedades físico-químicas del suelo y en su fertilidad, en aspectos fitosanitarios, etc.. En la Estación Experimental Agrícola de Rothamsted-Inglaterra y en la de Morrow, Illinois-EUA, se ha investigado por más de cien años sobre estos aspectos. ( Summer, 1982, citado por Altieri, 1994); en Colombia se reportan resultados de investigaciones en rotaciones desde la primera mitad de la década de los años sesenta.

## EL ARREGLO PRODUCTIVO DE ROTACION EN COLOMBIA

En Colombia el arreglo de rotación está determinado por varios factores tales como el precio en el mercado o la expectativa del precio de la cosecha al momento de la siembra; la disponibilidad oportuna de semilla, insumos, maquinaria y equipo para la preparación del suelo y la siembra; la distribución de lluvias y aspectos fitosanitarios entre otros.

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo, Profesor Asistente, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Apartado 568.

<sup>2</sup> El desarrollo tecnológico de estos cultivos despegó en los años 50, cuando se inicia un incremento sostenido en el área y los rendimientos principalmente del algodón y maíz, en la década de los años 60 sucede con el arroz, el sorgo incrementa significativamente el área cultivada en la década de los 70 y la soya se extiende por las zonas diferentes al Valle del Cauca sólo en los años 80. Sobre el desarrollo de estos cultivos en el país se recomienda consultar: Kalmanovitz, 1976; Rojas, 1983; Balcazar, 1986; Ocampo et al., 1994.



Para el cultivo del algodón la rotación es una obligación, el cual por ley solo puede sembrarse una vez por año debido a aspectos fitosanitarios. En el interior del país, Valle del Cauca y Valle del Alto Magdalena ( Huila, Tolima, Girardot ), el algodón se siembra en el primer semestre, y en el litoral caribe y los Llanos Orientales, se siembra en el segundo semestre.

En el caso del sorgo muchas veces su establecimiento se debe a retrasos en la siembra del cultivo que se había seleccionado, el cual se verá sometido a riesgos por falta de agua; en tal situación se prefiere sembrar sorgo que es mas tolerante a la sequía y de periodo vegetativo más corto.

En consecuencia, la determinación del cultivo que le sigue al anterior, esto es, la secuencia de los cultivos, es relativamente incierta y es común observar como el agricultor prepara el suelo y hace las demás labores previas a la siembra sin tomar la decisión del cultivo que va a establecer; sólo en el último momento y dependiendo de los factores anotados, principalmente de la expectativa de los precios en el mercado y de las políticas del gobierno, así como la autorización de importaciones, toma esa decisión. Sin embargo se puede hacer una tipología de este arreglo por regiones.

En el Valle del Cauca predominan las rotaciones con base en el algodón, maíz, sorgo y soya; el arroz es marginal debido principalmente al alto costo del agua para riego y al costo de la adecuación del predio.

En el Valle del Alto Magdalena predominan las rotaciones con base en el arroz, algodón, maíz, sorgo y soya.

En el Litoral Caribe, durante el primer semestre, los cultivos predominantes son el de maíz y arroz de secano. Los cultivos de algodón, soya y sorgo son sembrados en el segundo semestre; durante este periodo, el área sembrada en algodón ha llegado a representar más del 70% del área sembrada en el país y su producción más del 50%. Parte considerable del área sembrada en este segundo semestre no es sembrada en el primero y las socas de los cultivos

sirven para alimentar el ganado dentro de un sistema de explotación ganadero extensivo.

En el Meta<sup>3</sup>, en el primer semestre, caracterizado por la concentración de las lluvias (marzo a noviembre), predominan los cultivos de maíz y arroz de secano (en Colombia, el 67% del área anual en arroz se siembra en el primer semestre). En el segundo semestre se concentra la siembra de los cultivos de sorgo, algodón, soya y el arroz de riego (el 45% del área que se siembra en arroz es con riego; respecto a la soya el 80% del área anual se siembra en el segundo semestre); el maíz tiene serios limitantes debido a las altas infestaciones de *Diatrea* sp que causa pérdidas hasta del 98% en grano. (Cano, 1990).

## EL ARREGLO PRODUCTIVO DE ROTACIÓN

Como se anotó anteriormente, el concepto básico del Arreglo Productivo de Rotación (APR), hace referencia a las interacciones que se establecen entre los cultivos o procesos productivos a través del suelo, del agua, de la disponibilidad de nutrientes, de los efectos del rastrojo del cultivo precedente y de los aspectos fitosanitarios, entre otros; en consecuencia, las prácticas de manejo del suelo y del cultivo deben dirigirse hacia la secuencia de cultivos (interacciones), más que a los cultivos individuales. El tipo y grado de estas interacciones dependen de los cultivos que componen la secuencia.

En las rotaciones se producen en el suelo modificaciones de sus condiciones físicas, químicas y en su biota que se manifiestan en el mantenimiento, depresión o incremento de los rendimientos de los cultivos. Así por ejemplo, se ha determinado que el cultivo continuado de una especie en el mismo terreno deprime los rendimientos en comparación con los rendimientos de esta especie en rotación con el cultivo de otras especies compatibles o sinérgicas; algunas de las causas de esta situación se relacionan a continuación:

<sup>3</sup> El área agrícola del Dpto. del Meta y en general de la Orinoquia, corresponde al pie de monte de la cordillera oriental, 500 mil hectáreas aproximadamente, y las vegas y wegones de los ríos de origen andino.

1. Efectos del cultivo anterior sobre la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Ramírez, 1979; y Gómez, 1968; reportan los resultados de la investigación realizada en el Centro Nacional de Investigaciones (CNI) Palmira por nueve años, 1958 -1967, en rotación de cultivos. Los cultivos considerados fueron maíz, soya y alfalfa. A continuación se anotan algunas de las conclusiones:

- el maíz en monocultivo, m(o) , disminuye sus rendimientos debido a una merma de nitrógeno (N) en el suelo,
- la cosecha de maíz, inmediatamente después de la de soya o alfalfa, m-s o m-a, conserva altos los rendimientos, prácticamente iguales a los del m(o) fertilizado con N,
- en la segunda cosecha de maíz después de soya, s-m-m , los rendimientos son similares a los de m(o) sin fertilización con N,
- el efecto de la alfalfa se extiende hasta la segunda cosecha del maíz, a-m-m,
- la soya fija 58 kg N/cosecha/ha. y la alfalfa fija 194 kg N/cosecha/ha y su sistema radical es más abundante y profundiza más,
- la aplicación de N al maíz que sigue a la leguminosa, incrementa los rendimientos pero inhibe o disminuye la capacidad de las leguminosas para fijar N,
- con relación a los demás nutrientes, tanto el m(o) como la -m , al tener mayores rendimientos hacen una mayor extracción; en el caso del fósforo, el m(o) fertilizado con N extrae anualmente 24 kg de P más que el m(o) sin fertilización (55 kg vs 31

kg ); en la rotación m-s se extraen solo 11 kgs. más (47 kg. vs 31 kg), debido a que el grano de la soya extrae menos P que el de maíz. La alfalfa en monocultivo, a(o), extrae 50% más P que la s(o) (38 kg. vs. 25 kg anuales), y es similar al del m(o) fertilizado con N (55 kg) y a la de maíz después de alfalfa (52 kg).

2. En Colombia y en otras partes del mundo, numerosas investigaciones han demostrado como la producción continua de arroz ha disminuido los rendimientos e incrementado la competencia de malezas principalmente del arroz rojo *Oryza sativa*. En Arkansas, EU, niveles de interferencia de 40 plantas de arroz rojo por m<sup>2</sup>, redujeron el rendimiento del arroz comercial en un 61%; en el distrito de riego del río Saldaña las pérdidas estimadas han alcanzado los 18.6 kg/ha por cada panícula de arroz rojo por m<sup>2</sup> y se han reportado infestaciones con arroz rojo del 75-80% (Montealegre, 1990).

En una investigación realizada en el Municipio de Saldaña durante 1984-1986, se demostró los efectos negativos de la siembra continua del arroz y los beneficios de las rotaciones tanto en los rendimientos como en el control de malezas. Los arreglos productivos evaluados fueron arroz en monocultivo, a(o); y las rotaciones arroz-soya-arroz (a-s-a), y arroz-soya-soya-soya-arroz (a-s-s-s-a). Los resultados más importantes fueron los siguientes: (Montealegre, 1990).

- la rotación a-s-a, aumentó 1 ton/ha., llegando los rendimientos a 6 ton/ha, y la población de arroz rojo disminuyó drásticamente situándose a niveles inferiores al 4%. La rotación a-s-s-s-a, tuvo efectos similares. Antes de iniciar el ciclo de rotaciones los rendimientos eran de 4 ton/ha. y las infestaciones con arroz rojo del 50%,

- la rotación también redujo significativamente la infestación con la maleza liendre de puerco,
- igualmente el cultivo de la soya incrementó sus rendimientos al pasar de 1.5 a 1.9 ton/ha.

Sánchez, 1981, también reporta investigaciones con resultados similares realizadas en varias partes del mundo en suelos diferentes.

3. Vanegas y Siau, 1994, anotan que la disminución de los rendimientos de la producción en monocultivo en comparación con los rendimientos obtenidos en las rotaciones no está necesariamente relacionados con problemas de fertilidad o pestes y reportan a otros autores<sup>4</sup> quienes analizan otras causas fundamentadas en los cambios de la biota del suelo. A continuación se presenta una síntesis de estos análisis.

- Algunos autores sugieren como una explicación, el efecto de toxinas alelopáticas, derivadas de los procesos de descomposición de los residuos vegetales de los monocultivos; se han encontrado bacterias del género *Pseudomonas* que llevarían a una pérdida del vigor de las plantas debido a una reducción del tamaño de sus raíces y a un incremento en la susceptibilidad a las enfermedades fungosas.

Turco *et al.*, 1980, citados por Vanegas y Siau, 1994, realizaron un estudio en el que a partir de la siembra de maíz germinado en diferentes tipos de suelos,

<sup>4</sup> Breakwell y Turco, 1990; McG *et al.*, 1986; Fredrikson y Elliot, 1985; Dick, 1984; Martinuk y Wagner, 1978; Khan, 1970, citados por Vanegas y Siau, 1994.

aislaron 130 tipos de bacterias, las cuales se probaron en bioensayos para conocer sus efectos depresores sobre las raíces de maíz. Se encontró que cerca del 22% inhibían el crecimiento de las raíces y de estas el 72% fueron aisladas de monocultivos de maíz, concluyéndose que el monocultivo promueve el desarrollo de bacterias con efectos depresores.

Sánchez, 1981, reporta los resultados de investigaciones realizadas en fincas de agricultores en Filipinas, en donde se comprobó el efecto depresivo del frijol mungo en el rendimiento de maíz y caupí cuando eran sembrados inmediatamente después del frijol mungo, especialmente con niveles bajos de N; la causa aparente es la secreción de ciertas toxinas por el frijol mungo, las cuales hasta ese momento no habían sido identificadas.

- En las rotaciones se ha encontrado que se producen y mantienen en el suelo mayores niveles de biomasa microbial, especialmente de bacterias, y actividad enzimática. En el caso de poblaciones fungosas la relación se invierte, siendo menores en las rotaciones que en los cultivos fertilizados con estiércol o NPK; en esta situación se observa un descenso en el género *Fusarium*, posiblemente porque las rotaciones soportan una mayor biodiversidad, lo que aparentemente lleva a la supresión de este hongo.

Esta mayor biodiversidad promovida por las rotaciones puede ser también la causa de la supresión del efecto deletéreo provocado por rizobacterias que aumentan su población bajo monocultivo.

Heichel (1978), citado por Altieri (1994), demuestra que las rotaciones basadas en el cultivo de maíz e incorporando

leguminosas, reducen la demanda de energía. En comparación con el cultivo continuo, en las rotaciones el consumo de energía fósil se redujo hasta en un 45%.

4. Otros efectos más generales de las rotaciones son: las rotaciones permiten mantener cubierto el suelo la mayor parte del año, disminuyendo las labores de labranza, mejorando la estructura del suelo y su capacidad de almacenamiento de agua; así mismo disminuye el problema ocasionado por las malezas y es un medio eficaz para el manejo de plagas y enfermedades, al explorar diferentes volúmenes de suelo aprovechan más eficientemente la fertilidad y humedad del suelo. Sánchez, 1981; FEDEARROZ, 1991; Altieri, 1994; Vanegas y Siau, 1994; y Suelos Ecuatoriales citan ejemplos específicos, resultados de numerosas investigaciones realizadas en Colombia y en varias partes del mundo, especialmente en el trópico, para cada uno de estos casos.
5. También se pueden presentar interacciones importantes entre los cultivos en secuencia, debido a los efectos de los residuos de cosecha de los cultivos precedentes; por ejemplo, el sorgo afectan negativamente los rendimientos de cualquier cultivo que le siga, mucho más que el maíz o el trigo, lo cual probablemente se explique por el alto contenido de carbohidratos en sus raíces, por lo cual su descomposición estimula la acción microbiana del suelo fijando el N y otros nutrientes, además durante el proceso de descomposición aparecen sustancias tóxicas y dañinas para los cultivos tales como los ácidos P-cúmarico y O-hidroxibenzoico, entre otros (Altieri, 1994; Vanegas y Siau, 1994). Sin embargo, los residuos de sorgo también presentan efectos positivos, tal como ocurre en el caso de suelos alcalinos y salinos en los que el problema lo constituye la baja disponibilidad de los elementos menores

(Hierro, Zinc, Boro y Manganese), lo cual puede ser corregido dejando las socas de sorgo o incrementando la materia orgánica en el suelo, con el fin de mejorar la emergencia de las plántulas (Agudelo 1990).

Villa, 1990, reporta los resultados de las investigaciones realizadas durante cinco años (1981-1986), en rotaciones de cultivos en el litoral caribe colombiano, región de Codazzi, ubicada según el sistema de zonas de vida, en el bosque seco trópico (bs-T), y con suelos de texturas livianas, bajo contenido de materia orgánica (2%), alto fósforo aprovechable, una relación Ca/Mg alta, con presencia de saíes, alto contenido de potasio intercambiable y una fertilidad alta, excepto en nitrógeno. Las rotaciones evaluadas fueron las siguientes: algodón (alg) - sorgo, alg - maíz, alg - soya, alg - ajonjolí, alg - frijol y alg - crotalaria (incorporada como abono verde). Los resultados mostraron que la rotación alg - sorgo fue la mejor alternativa económica y la peor fue la rotación alg - soya, contrario a lo reportado en otras regiones del país como el Valle del Cauca; la rotación alg - frijol es también una buena alternativa favorecida por el corto periodo del frijol que permite siembras oportunas del alg.; y aunque los mayores incrementos en los rendimientos de alg. se obtuvieron en la rotación con crotalaria, económicamente no se justificó ya que se deja de obtener una cosecha con valor económico.

Es obvio que las rotaciones per se no garantizan todos los beneficios enunciados e inclusive pueden tener efectos negativos, todo lo cual depende de las condiciones locales de producción en cuanto a suelos, clima, etc., pero fundamentalmente de la secuencia de cultivos que se establezcan. Según la Soil Association, 1989, citada por Vanegas y Siau, 1994, los criterios que se deben considerar para el diseño de las rotaciones son los siguientes:

- equilibrar en el tiempo la extracción de nutrientes que hacen los cultivos con la acumulación de fertilidad,
- incorporar cultivos de leguminosas como un componente indispensable en la rotación,
- incluir cultivos con diferentes sistemas radicales, que sean compatibles y sinérgicas,
- separar en el espacio y/o tiempo los cultivos con enemigos naturales comunes: plagas, enfermedades y malezas,
- emplear cultivos supresores de malezas,
- emplear cultivos de cobertura y para abonos verdes, especialmente cuando por alguna causa no se pueda sembrar cultivos con valor económico inmediato,
- mantener o incrementar los niveles de materia orgánica en el suelo,

En conclusión, el adecuado diseño de un sistema de rotación tendría los siguientes beneficios:

1. Disminuir los costos de producción por la reducción e inclusive sustitución de los fertilizantes nitrogenados, menor aplicación de insecticidas y fungicidas, y la reducción de las labores.
2. Menos riesgo de pérdidas por ataque de plagas y enfermedades.
3. Uso más eficiente de los fertilizantes y agua aplicados al suelo.
4. Mejoramiento progresivo de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

5. Mayor rentabilidad y un aprovechamiento más ecológico del agroecosistema.

A pesar de los beneficios anotados, en Colombia no ha sido posible establecer un adecuado programa de rotación, debido fundamentalmente a las siguientes causas:

- No hay un desarrollo fuerte del sector agroindustrial integrado verticalmente al sector agrícola, que permita una demanda constante de la producción nacional.
- las políticas oscilantes de los gobiernos que autorizan importaciones masivas de materia primas para las agroindustrias de concentrados, harinas, aceites, etc.; por ejemplo para 1994 se permitió la entrada al país de más de 600 mil ton. de maíz, cantidad que casi iguala a la producción nacional para ese año, en tanto que en 1989, año en el que no se permitió importaciones, la producción nacional sobrepasó el millón cien mil tons. (FENALCE, 1994). La mayoría de estas importaciones provienen de países donde sus producción es subsidiada,
- falta de una asistencia técnica integral que atienda la rotación y no solo un cultivo,
- la producción en terrenos arrendados,
- carencia de políticas y programas para fomentar una producción económica, ecológica y socialmente eficiente.

Todo esto conlleva a que el productor no puede planificar su proceso productivo, debe aprovechar la bonanza del momento.

## BIBLIOGRAFÍA

AGUDELO, Orlando. Manejo del cultivo de la soya en el Valle del Cauca. En: ASIAVA. No.35 (1990); p. 86-91.

- ALTIERI, Miguel. Rotación de cultivos y labranza mínima. p. 61-67. En: BASES ECOLOGICAS para el diseño y manejo de agroecosistemas. Curso de educación a distancia, Modulo II. Lima, Perú: CLADES -CIED, 1994.
- ARROZ, ALGODON, SOYA: beneficios de la rotación de cultivos con semilla FEDEARROZ. En: ASIAVA. No. 30 (1990); p. 100.
- BALCAZAR, Alvaro. Cambio técnico en la agricultura. p. 205-223. En: Problemas agrarios colombianos, Bogotá: Siglo XXI, 1986.
- BREAKWELL, D.P. and TURCO, R.F. Nutrient and phytotoxocs contributions of residues to soil in notill continuos corn ecosystems. En: Biol. Fertil. Vol. 8 (1990); p. 328-334. Citados por: VANEGAS, Raul y SIAU, Gustavo. Conceptos, principios y fundamentos para el diseño de sistemas sustentables de producción. En: Agroecología y Desarrollo. No. 7 (ago., 1994); p.23.
- CANO, Gustavo. Arroz: balance de los 80 y lecciones para los 90. En: Agricultura Tropical. Vol. 27, No.1 (mar., 1990); p.39-54.
- DICK, R.P, RASMUSSEN, P.E. and KERLE, E.A. Influence of a long-term residue management on soil enzymes activities in relation to soil chemical properties of wheat fallow system. En: Biol. Fertil. Soil. Vo. 6 (1988); p. 159-164. Citados por: VANEGAS, Raul y SIAU, Gustavo. Conceptos, principios y fundamentos para el diseño de sistemas sustentables de producción. En: Agroecología y Desarrollo. No. 7 (ago., 1994); p.23.
- DICK, W.A. Influence of long-term tillage and crop rotation combinations on soil enzyme activities. En: Soil. Sci. Soc. Am. J. Vol. 48 (1984); p. 159-164. Citado por: VANEGAS, Raul y SIAU, Gustavo. Conceptos, principios y fundamentos para el diseño de sistemas sustentables de producción. En: Agroecología y Desarrollo. No. 7 (ago., 1994); p.23.
- FEDERACION NACIONAL DE ARROCEROS. Boletín Estadístico. Bogotá: FENALCE, (dic., 1994); 10p.
- FRECDIKSON, J.K. and ELLIOT, L.F. Effect on winter wheat seedling growth by toxin producing rhizobacteria. En: Plant Soil. Vol.83 (1985); p. 389-409. Citados por: VANEGAS, Raul y SIAU, Gustavo. Conceptos, principios y fundamentos para el diseño de sistemas sustentables de producción. En: Agroecología y Desarrollo. No. 7 (ago., 1994); p.23.
- GOMEZ, Jairo. Rotación y rendimientos en maíz: informe sobre una rotación con soya o alfalfa en la producción de maíz. En: Revista Agricultura Tropical. Separata. Vol. 24, No. 4 (abr., 1968); p. 205-221.
- HEICHEL, G.H. Stabilizing agricultural energy needs: role of forages, rotations and nitrogen fixation. En: Journal Soil and Water Conservation. (nov.-dic., 1978); p. 31-34. Citado por: ALTIERI, Miguel. Rotación de cultivos y labranza mínima. p. 61-67. En: BASES ECOLOGICAS para el diseño y manejo de agroecosistemas. Curso de educación a distancia, Modulo II. Lima, Perú: CLADES -CIED, 1994.

- KALMANOVITZ, Salomón. Evolución de la estructura agraria. p. 148-194. En: ARRUBLA, Mario, comp. La Agricultura Colombiana en el Siglo XX. Bogotá: Andes, 1976. (Biblioteca Básica Colombiana).
- MARTINUK, S. and WAGNER, G.H. Quantitative and qualitative examination of soil microbial associated with different management systems. En: Soil. Sci. Vol. 125 (1978); p. 343-350. Citados por: VANEGAS, Raul y SIAU, Gustavo. Conceptos, principios y fundamentos para el diseño de sistemas sustentables de producción. En: Agroecología y Desarrollo. No. 7 (ago., 1994); p.23.
- MONTEALEGRE, Fabio. La soya en rotación con el cultivo de arroz. En: ASIAVA No.35 (1990); p. 107-109.
- OCAMPO, Jesús, et al. La consolidación del capitalismo (1945-1986). p.243-334. En: BEJARANO, JESUS Antonio, comp. Historia Económica de Colombia. 4ed. Bogotá: Tercer Mundo, 1994.
- RAMIREZ, Alonso. Manejo de suelos con relación al cultivo de maíz en el Valle del Cauca. p. 192-230 En: SOCIEDAD COLOMBIANA DE CIENCIAS DEL SUELO. Manejo de suelos de la parte plana del Valle del Cauca: Conferencias. Palmira: La Sociedad, 1979. 320 p.
- ROJAS, Manuel. Empresarios y tecnología en la formación del sector azucarero en Colombia 1860-1980. Bogotá: Editorial 7a., 1986. 212 p. (Sociedad y Economía en el Valle del Cauca, v.5).
- SANCHEZ, Pedro. Suelos del trópico: características y manejo. San José, Costa Rica: IICA, 1981. 660 p.
- SUELOS ECUATORIALES. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Vol. 9, No. 1 (jun., 1978). Bogotá: La Sociedad, 1978. Vol. 9-23. ISSN: 0562-5351.
- TURCO, R.F.; BISCHOFF, Breakwell and GRIFFITH. Contribution of soil borne bacteria to the rotation effect in corn. En: Plant Soil. Vol. 122 (1990); p. 115-120. Citados por VANEGAS, Raul y SIAU, Gustavo. Conceptos, principios y fundamentos para el diseño de sistemas sustentables de producción. En: Agroecología y Desarrollo. No. 7 (ago., 1994); p.23.
- VANEGAS, R. y SIAU, G. Conceptos, principios y fundamentos para el diseño de sistemas sustentables de producción. En: Agroecología y Desarrollo. No.7 (ago., 1994); p. 15-28.
- VILLA, Hernán. Rotaciones y abonos verdes en el cultivo del algodónero (Gossypium hirsutum) en el valle del Cesar. En: Suelos Ecuatoriales. Vol.20, No. 2 (1990); p. 50-55.