

## **TRABAJO ESPECIAL**

# **UN SISTEMA INTEGRAL DE ENSEÑANZA, EVALUACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS PARA UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE EN VENEZUELA**

**Rodolfo Delgado\* y Evelyn Cabrera de Bisbal\***

## **RESUMEN**

El desarrollo de tecnologías sustentables (TS) es un elemento fundamental en el logro de una agricultura sustentable (AS), en la cual el objetivo fundamental es la obtención de una condición en donde el productor-agricultor pueda cubrir, mediante la actividad agrícola, las necesidades básicas actuales, y expectativas futuras, de su núcleo familiar, mientras se mantiene un medio ambiente sano, hospitalario y productivo que garantice la preservación de esta condición para las generaciones futuras. El desarrollo de TS debe considerar tanto las capacidades económicas y características socio-culturales de los productores, así como las características bio-físicas y condiciones agro climáticas específicas de las unidades de producción. En este artículo se presenta una propuesta-modelo para el desarrollo de un sistema integral de evaluación, transferencia, y enseñanza de TS en Venezuela, en el cual se integran los aspectos de 1) investigación; 2) sistemas modernos de información; 3) modelos bio-físicos de simulación interactivos del sistema suelo-cultivo-clima y efecto de prácticas de manejo; 4) índices de sustentabilidad. Con este sistema se podría evaluar, entre otros aspectos, el desempeño ex-ante de sistemas de producción para condiciones particulares a nivel de finca de producción, detectar necesidades de investigación, para contribuir a la enseñanza y formación tanto de los productores como de los agentes de extensión e investigadores.

**Palabras Clave:** Sustentabilidad; agricultura sustentable; tecnologías amigables; enseñanza; Venezuela.

## **INTRODUCCIÓN**

De acuerdo a las definiciones más comunes de sustentabilidad (Swift y Woomer, 1993), los sistemas sustentables deben considerar la capacidad

---

\* Investigadores. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Apdo. 4653. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela.

RECIBIDO: junio 09, 2005

del sistema de proveer, cubrir, o satisfacer las necesidades humanas, mientras preserve o mejora el medioambiente, conserva los recursos naturales, y es económicamente rentable. Otros aspectos como la aceptación social y soporte político, deben ser considerados en la evaluación de la sustentabilidad de tecnologías agrícolas.

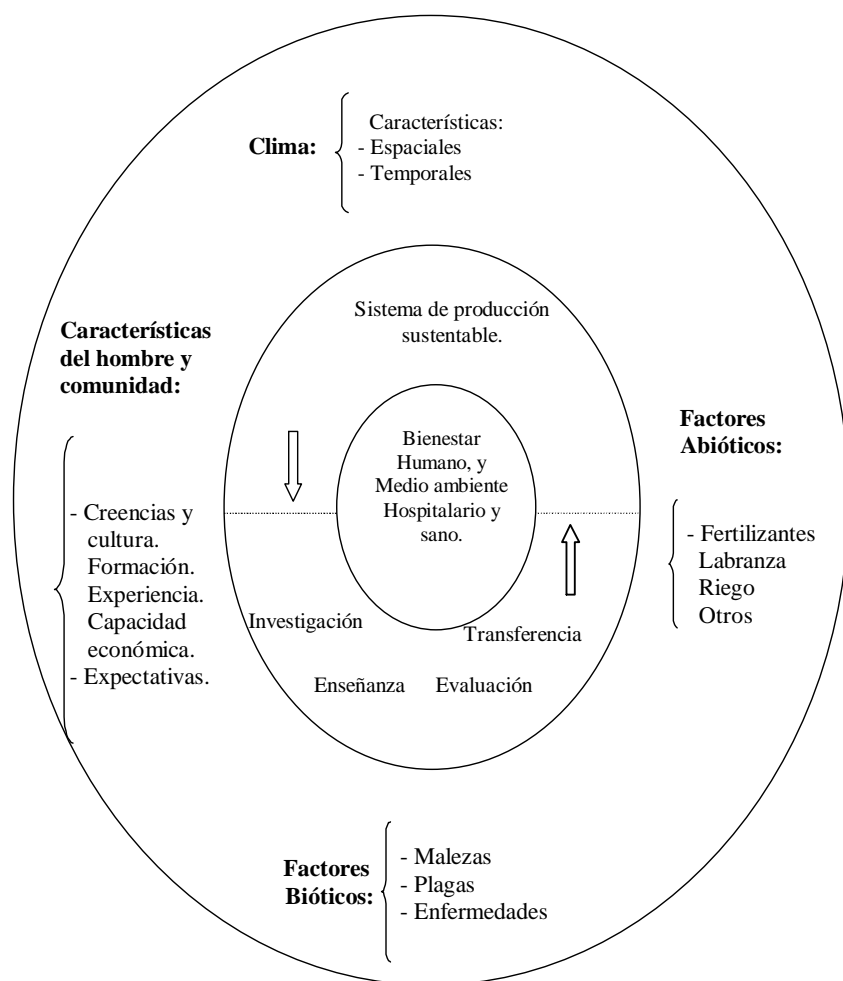
La agricultura en Venezuela se desarrolla en una amplia diversidad de condiciones edafo-climáticas, empleando diversos sistemas de producción y de manejo de los sistemas agrícolas, y donde existen pequeños, medianos, y grandes productores con amplias diferencias en formación, capacidades económicas y de adopción de tecnologías. Más aún, desde el punto de vista de disponibilidad de información, las áreas agrícolas del país han sido caracterizadas, con diferente intensidad y/o nivel de detalle: aunque el 95% del país está caracterizado a una escala 1:250 000, sólo algunas áreas agrícolas están caracterizadas a niveles de detalle mayores a 1:50 000, lo cual dificulta la evaluación y transferencia de tecnologías, así como los resultados de investigación, lo cual se basa principalmente en la utilización de las denominadas áreas análogas (mapas).

Los aspectos indicados anteriormente deben ser considerados al momento del desarrollo de mecanismos de evaluación y transferencia de tecnologías, y de investigación que permitan dar respuesta a la demanda de tecnologías adecuadas y sustentables, esto último como base de una agricultura sustentable (AS) en condiciones tropicales.

La diversidad de condiciones en las cuales se realiza actividades agrícolas, y de las condiciones socio-económicas de los productores, amerita un sistema de desarrollo, evaluación, transferencia de tecnologías, y enseñanza que considere las principales características del sistema suelo-cultivo-clima-manejo-factores (bióticos y abióticos), igualmente los aspectos socio-económicos de los productores, como garantía, de la apropiabilidad de las tecnologías desarrolladas y su adopción, y de preservación de las mismas. Esto último, sugiere la activa participación del productor desde el momento inicial en la selección de los sistemas o tecnologías a evaluar y en el proceso de evaluación, e inspira la formación del productor como elemento fundamental para garantizar la sustentabilidad de la agricultura.

En la Figura 1 se indica los principales componentes a considerar en el desarrollo de una AS. Se destaca en el mismo el componente de ense-

ñanza y formación, el cual contribuye, además de la adopción de tecnologías sustentables (TS), a la preservación de la sustentabilidad integral de la agricultura mediante la formación integral de productores, científicos, extensionistas, empresarios, y ciudadanos.



**FIGURA 1.** Principales componentes a considerar para el desarrollo de una agricultura sustentable

El enfoque integral sugerido, contrasta con la visión ampliamente difundida de desarrollo de tecnologías universales y de generalización inductiva (MacRae *et al.*, 1989), los cuales, aunque han contribuido al diseño de estrategias de manejo de sistemas agrícolas y difusión de las mismas, no permite prescribir prácticas de manejo específicas para cada condición donde se realizan actividades agrícolas. Algunas consideraciones sobre el desarrollo de una AS han sido señaladas por Rivera (1991), quien indica que el desarrollo de una AS debe estar basado en transferencia y extensión de tecnologías que se hayan desarrollado considerando la conservación de aguas, suelo y ambiente como eje central de la misma.

El desarrollo de una AS en el país requiere, además de mecanismos que garanticen la apropiabilidad y adopción de las tecnologías generadas, de una revisión continua de los aspectos relevantes a investigar, la integración de los resultados de investigación en un sistema funcional y efectivo, y un programa continuo de enseñanza a nivel de productores agropecuarios, técnicos, extensionistas e investigadores como base para la construcción de un sistema de desarrollo-enseñanza-difusión de AS.

#### **Propuesta de un “Sistema integral de evaluación, transferencia, y enseñanza para una agricultura sustentable en Venezuela”**

De lo antes señalado, se destaca la necesidad del desarrollo de sistemas integrales de evaluación y transferencia de TS, en cuanto a enseñanza se refiere, con suficiente sensibilidad para que sea aplicable en diferentes condiciones agro ecológicas en un amplio rango de condiciones socio-económicas de los productores. Dicho sistema integral debería estar fundamentado en:

1. la integración cuantitativa e interactiva de los principales factores y procesos biofísicos y bióticos que afectan el desempeño de los sistemas de producción; así como la consideración del impacto de estos sistemas de producción en las principales características del sistema suelo-ambiente en el corto, mediano, y largo plazo,
2. la consideración de los principales atributos de suelo y clima que reflejan o caracterizan la variación natural espacio-temporal dentro y entre unidades de producción,
3. sistemas de información geográfica de características espacio temporal relevantes e impactantes de suelo, clima, y manejo de los sistemas agrícolas,

4. índices integrales de evaluación de sustentabilidad de los sistemas de producción,
5. capacidad de adopción de tecnologías y capacidades económicas de los productores y
6. Tecnologías modernas de información y comunicación.

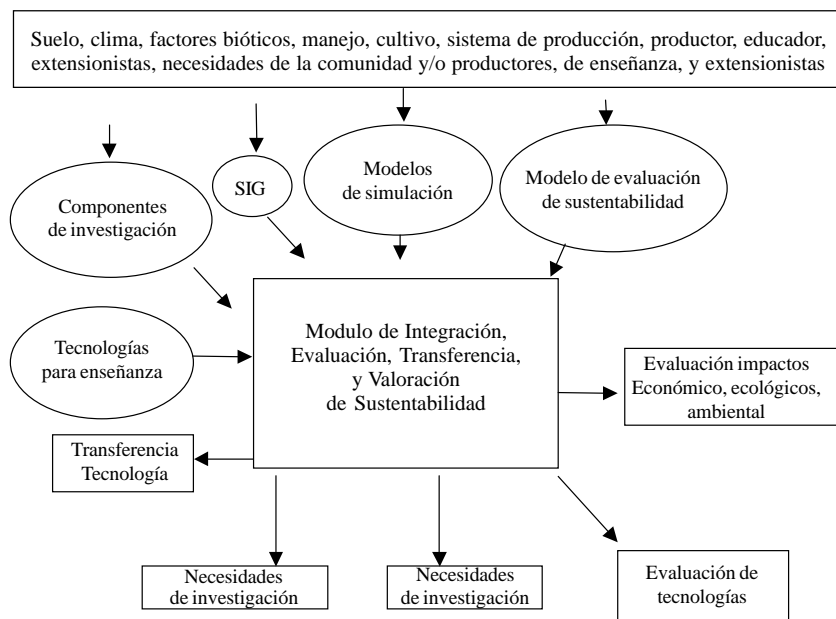
En la Figura 2 se indican algunos de los componentes y factores que los afectan, los cuales podrían considerar para el desarrollo de un “Sistema integral de evaluación de agricultura sustentable”, como algunos de los aspectos de utilidad del mismo.

**En el Sistema de evaluación de agricultura sustentable propuesto (Figura 2) se destacan los componentes relacionados a:**

1. generación de información necesaria sobre procesos claves en el sistema suelo-cultivo-clima-manejo-factores-bióticos (componente de investigación),
2. integración efectiva de los componentes (modelos de simulación),
3. integración de información espacio-temporal de suelo, clima, manejo (sistema de información geográfico-SIG).
4. evaluación de sustentabilidad de sistemas agrícolas (modelo de evaluación de sustentabilidad).

La implementación de un sistema de la naturaleza propuesta permitirá contribuir, entre otros aspectos, a la:

- 1) evaluación y transferencia de sistemas de producción y/o prácticas sustentables,
- 2) detección de necesidades y/o vacíos importantes de información,
- 3) elaboración de estudios de impactos ecológicos, económicos, ambientales y evaluación de riesgos climáticos,
- 4) enseñanza y/o educación de productores, técnicos, extensionistas e investigadores.



**FIGURA 2.** Sistema integral de evaluación, transferencia y enseñanza de una agricultura sustentable

### Descripción y análisis de los componentes del sistema propuesto:

**Investigación:** El desarrollo de una AS requiere, y debe estar basado, en una estrategia de investigación que oriente 1) los aspectos relevantes a investigar dentro de los componentes suelo, planta, clima, prácticas de manejo y factores económicos, sociales y políticos, 2) el establecimiento de mecanismos que garanticen la complementariedad e integración efectiva de los procesos dentro de los diferentes componentes y los procesos que permiten la integración entre componentes, 3) el nivel de detalle espacial y escala temporal adecuados o para evaluación y extrapolación de tecnologías a nivel de finca de producción, y que permita evaluaciones durante el ciclo de crecimiento o desarrollo del o los cultivos, y 4) desarrollo de nuevos métodos de diagnóstico, apropiados para evaluación en condiciones de sistemas sustentables, de métodos, e índices de evaluación de sustentabilidad de las sistemas agrícolas.

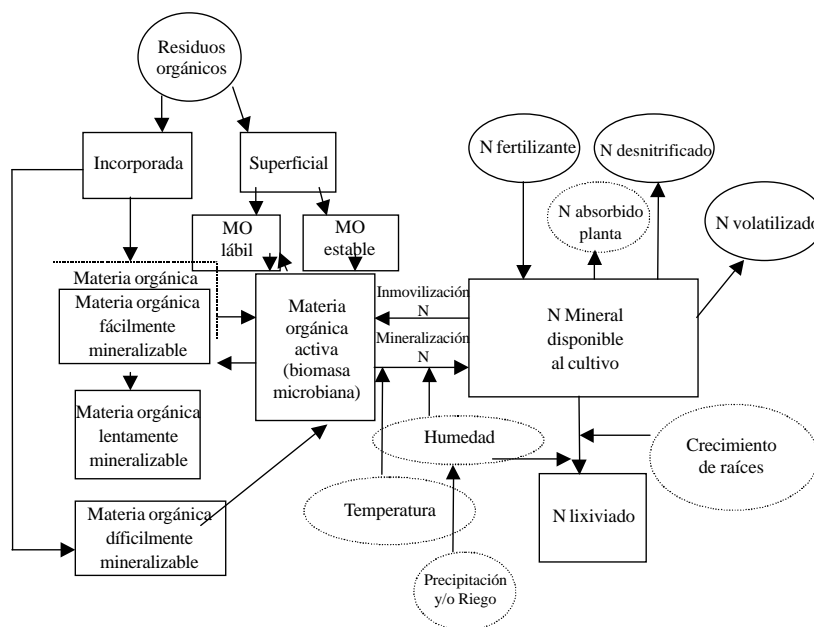
La selección de las variables y procesos claves que se deben estudiar, referentes a las variables que impulsan estos procesos en el sistema de cultivo, se debe basar, entre otros aspectos, en:

- 1) la intensidad con la cual la acción de las variables y/o procesos (ejemplo: pérdida de suelo por erosión, agregación del suelo, compactación del suelo, N y P disponibles en el suelo; efecto de plagas, enfermedades, y malezas, entre otros, afectan el desempeño de los cultivos que componen los sistemas de producción, y la calidad o productividad del suelo del ambiente, la producción y calidad de los productos;
- 2) el período de tiempo necesario (corto, mediano, y/o largo plazo) para la evaluación del impacto de los sistemas de producción, y prácticas de manejo en el desempeño de los cultivos y propiedades importantes de suelo, y ambiente, y para la evaluación de riesgo de prácticas de manejo (principalmente químico) para la calidad de vida o salud pública;
- 3) la escala temporal de ocurrencia de procesos importantes de la planta durante el ciclo del cultivo;
- 4) la intensidad y duración de procesos importantes del suelo que impactan tanto el desempeño de cultivos en períodos tan cortos como su ciclo de crecimiento (por ejemplo: capacidad de suplencia de nutrientes), hasta en períodos más prolongados (ejemplo: pérdida de suelo por erosión que afecta productividad del suelo), y procesos en el suelo que perjudican calidad del ambiente (ejemplo: emisión de gases invernadero);
- 5) los procesos y variables importantes del suelo que son afectados por prácticas de manejo de los sistemas agrícolas (ejemplo: porosidad y densidad aparente del suelo, infiltración, entre otros.);
- 6) los procesos y variables que permiten la integración dentro, y entre componentes del sistema suelo-cultivo-clima factores bióticos y el efecto de manejo.

Un ejemplo donde se consideran algunos de los aspectos indicados anteriormente en la selección de variables y procesos dentro de un componente en particular (suelo), y de la relación entre componentes (suelo-planta-clima), ha sido presentado por Delgado y Núñez (2004) en la determinación de N disponible en el suelo.

En el primer caso, selección de variables y procesos dentro de un componente, en la estimación del N disponible en el suelo se considera, entre otros aspectos, los diferentes compartimientos de N orgánico en el suelo y los procesos mineralización e inmovilización, lixiviación, y absorción de N por el cultivo (Figura 3).

En el segundo caso, relación entre componentes suelo-planta-clima, en la estimación diaria de producción de materia seca, se considera la radiación solar diaria, de manera conjuntas con la eficiencia de utilización de esa radiación, los requerimientos de N para la producción de materia seca y el N disponible en el suelo, así como la capacidad de redistribución del N previamente acumulado por el cultivo. Ejemplos de procesos en el suelo y la planta que pueden afectar en el corto plazo, son observados en los trabajos de Delgado (2001; 2002) quien señala tasas de mineralización de N en el suelo desde 3,7 a 5,2 kg N ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> entre los 15 y 60 días, y las tasas de absorción de N por el maíz de hasta 8 kg N ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.



**FIGURA 3.** Factores y procesos considerados en la determinación de N disponible en el suelo (Fuente: Delgado y Núñez, 2004).



En la estimación del N disponible (Figura 3) se consideró, además de los procesos de corta duración, el N proveniente de residuos de plantas incorporados en el suelo, donde la cantidad de residuos incorporada depende del tipo de labranza, donde se afecta la cantidad de N en los diferentes compartimientos orgánicos del elemento. El proceso de alteración de la capacidad de suministro de N, debido a la incorporación de diferentes cantidades y calidad de los residuos orgánicos incorporados, podría ocurrir en el corto plazo (semanas), dependiendo de la cantidad de residuos de rápida mineralización (Kuo y Sainju, 1998), hasta en períodos más prolongados (años) como lo sugiere Maskina *et al.* (1993), dependiendo de la cantidad de residuos más recalcitrantes de más lenta mineralización.

La incidencia de malezas, insectos y enfermedades son los factores biológicos a considerar en el desarrollo de sistemas sustentables, por: 1) afectar el desempeño de los cultivos (producción) al competir por nutrimentos, agua y en la utilización de la radiación solar; 2) afectan directamente las plantas (Ejemplo: consumen la parte aérea, follaje o grano), y con ello la producción, o la calidad de los productos; 3) efecto indirecto debido al control físico o químico que se realiza para contrarrestar su efecto, en la calidad del suelo, el aire, y las aguas de drenaje o escorrentía, y en el equilibrio de las relaciones tróficas en el suelo y el agro ecosistema.

De lo antes indicado se sugiere la necesidad de asociar el volumen y patrón de exploración del suelo por el cultivo, y el patrón de acumulación de nutrimentos, materia seca y utilización de agua del suelo por malezas, con la real disponibilidad de nutrimentos y agua para el cultivo. Evaluaciones de esta naturaleza permitirían efectivamente determinar el impacto de la incidencia de determinado tipo de malezas en la producción de los cultivos del sistema de producción, y determinar la real necesidad y el grado de control requerido, y con ello racionalizar el uso de herbicidas y el uso de control biológico. Con ello se promueve una disminución de los riesgos de contaminación del suelo y aguas, así como del deterioro físico del suelo promoviendo el uso más eficiente. Sobre esta base algunos ejemplos en cuanto a la importancia que representan las malezas como sumidero de N y algunos elementos que de su manejo para incrementar la eficiencia de uso de N por el cultivo ha sido señalado por Crozier *et al.* (1994) y Cabrera-Bisbal *et al.* (2001).

Por otra parte, para poder predecir la incidencia de las plagas y enfermedades en el tiempo, y establecer sistemas de manejo apropiadas para su

control, es necesario la caracterización cuantitativa del patrón de incidencia y variables que la impulsan; la determinación de los mecanismo de acción en la alteración del desempeño del cultivo, y la determinación de los umbrales sobre los cuales es necesario ejercer acciones para su control. Ejemplos de la importancia en la implementación de prácticas de manejo, como rotación de cultivos, en el control de plagas y malezas han sido destacados por Flint y Roberts (1988).

Algunos aspectos a ser abordados por la investigación, para el desarrollo de una AS, pueden estar enmarcados dentro de las siguientes áreas:

1. Desarrollo de índices integrales para evaluación de sustentabilidad.
2. Caracterización funcional de los principales procesos en el suelo, impulsados por las variables más importantes de suelo y clima que reflejen la variación espacial a nivel de finca, alterables o no por prácticas de manejo, que afectan características o propiedades del suelo asociadas con el crecimiento de las plantas, y calidad del suelo.
3. Identificación del impacto de sistemas de producción y prácticas de manejo, en propiedades de suelo y ambiente, y del efecto interactivo de estos cambios en la productividad de los sistemas de producción en el corto, mediano y largo plazo.
4. Caracterización funcional de procesos importantes de cultivo, impulsados por variables de clima, suelo, y planta que permitan la evaluación del desempeño de nuevos híbridos o variedades (con diferentes patrones de crecimiento, eficiencia de uso de agua, nutrimentos, radiación, entre otros, y el efecto de variaciones climáticas (ejemplo: variación en temperatura del aire, patrón de precipitación y concentración de CO<sub>2</sub>) en el desempeño de los cultivos.
5. Identificación y caracterización funcional de la incidencia de factores bióticos (ejemplo: plagas, enfermedades, malezas, entre otros), en procesos y variables de los componentes suelo y cultivo, que afectan el desempeño de los sistemas de producción y calidad de los recursos.
6. Desarrollo de procedimientos para la estimación de variables climáticas a nivel de fincas o de unidades de producción, mediante el desarrollo de funciones espacio-temporales que utilicen data histórica de estaciones climáticas, características de paisaje de terreno, y SIG de clima, y suelo.

7. Desarrollo de métodos de levantamiento de información relevante de suelo y manejo a nivel de finca, en explotaciones agrícolas de diferentes características y dimensiones.
8. Desarrollo de SIG con módulo de procesamiento impulsado por variables o funciones para predecir nuevas variables requeridas en la evaluación de la sustentabilidad de sistemas de producción: información de incidencia de plagas, enfermedades (impulsadas por condiciones climáticas y el tiempo), información sobre pérdidas de suelo e incidencia en variables de suelo asociadas a disponibilidad de agua y nutrientes en el tiempo.

**Modelos de simulación: como medio de integración de resultados de investigación, y diagnóstico de comportamiento de sistemas de producción:**

Debe estimularse el desarrollo de modelos de simulación integrales que consideren los principales factores (suelo, clima, cultivo, factores bióticos) que afectan el desarrollo de cultivos, y de manera interactivo el efecto de estos cultivos en propiedades importantes de los factores considerados. Los modelos son considerados como herramientas útiles para la evaluación de la sustentabilidad de sistemas de producción y prácticas de manejo en diferentes escenarios de suelo y clima, bajo diferentes prácticas de manejo, en el corto, mediano y largo plazo.

Monteith (1990) destaca la posibilidad de utilizar modelos de simulación basados en procesos, de manera conjunta con el uso de sensores remotos, para la evaluación temprana de la sustentabilidad de sistemas agrícolas.

A su vez, Paustian (1994) destaca la modelización de los procesos biológicos y bioquímicos en la investigación en AS. Los modelos de simulación se pueden emplear para la evaluación a distintas escalas temporales del impacto de diferentes factores, ejemplo es la simulación del efecto de la aplicación de materia orgánica de diferente calidad y de fertilizantes nitrogenados en la dinámica de la materia orgánica del suelo en largos períodos de tiempo (Paustian *et al.*, 1992), hasta la evaluación de procesos como inmovilización de N en cortos períodos de tiempo (Hadas *et al.*, 1992).

La importancia de los modelos de simulación, con las características indicadas anteriormente, en la evaluación de sustentabilidad de sistemas agrícolas, y como ayuda en la toma de decisiones oportunas y apropiadas,

se fundamenta en: 1) su condición de elemento integrador, e interactivo de los diferentes componentes y procesos que ocurren en los agro ecosistemas; 2) por la incorporación de procesos en escalas de tiempo tan cortos o más cortos que el ciclo de vida de los cultivos (días) y períodos suficientemente largos para permitir la evaluación de procesos menos dinámicos (ejemplo: erosión de suelos); 3) considerar las propiedades más importantes de suelo y clima, como variables que impulsan procesos, que reflejan la variabilidad espacial y temporal en la cual se desarrollan actividades agrícolas.

Los modelos de simulación, con las características indicadas anteriormente, pueden ser considerados una aproximación holística de los agro ecosistemas, y de allí la posibilidad de ser empleados en la evaluación de la sustentabilidad de sistemas de producción y prácticas de manejo.

Un aspecto importante a tomar en cuenta en el desarrollo y aplicación de modelos de simulación es la consideración efectiva de los elementos o aspectos incluidos en la conceptualización de sustentabilidad, previamente señalados, y el establecimiento de los límites y alcance de los modelos apropiados para la evaluación de sustentabilidad a nivel de finca de productores, los cuales, y como se ha indicado previamente, se distribuyen en una amplia diversidad de condiciones agro ecológicas.

Más aún, debido a que se desea modelar el efecto de los sistemas de producción, y las prácticas de manejo en el ambiente físico y en la productividad del suelo, así como el efecto de los componentes del medio ambiente y prácticas de manejo en la producción de un cultivo o sistema de producción, los modelos deben ser capaces de predecir procesos y efectos desde el corto plazo (ejemplo: base diaria para evaluación del patrón de absorción de nutrientes por el cultivo), hasta el mediano, y largo plazo (ejemplo: base anual para evaluación de la agregación del suelo y capacidad de suministro de N por el suelo).

Por consiguiente algunas consideraciones en el desarrollo de los modelos de simulación que determinan el alcance, y límite de los mismos, lo cual está asociado al objetivo para lo cual se desarrolla el modelo, para predecir el desempeño del sistema de producción, a nivel de finca se dan a continuación:

- 1) Predicción de disponibilidad de nutrientes y agua en el suelo en una base de horizonte por horizonte;

- 2) determinar de parámetros o procesos del sistema suelo-cultivo afectados en el corto, mediano, y/o largo plazo (días, años, décadas);
- 3) establecer el efecto de las propiedades físicas y químicas de suelo, a nivel de horizonte, en el desarrollo radical de los cultivos;
- 4) incorporar características de los cultivos que expresen adaptabilidad a diferentes condiciones de suelo y clima, de igual manera, las características de crecimiento y requerimientos nutricionales de los diferentes cultivos integrantes de los sistemas de producción;
- 5) considerar las variables importantes de suelo y clima que expresen la variabilidad espacial de esos componentes y permiten que el modelo sea sensible a cambios espaciales y temporales de estos componentes;
- 6) incorporar variables impulsoras de los principales procesos en el suelo que sean alterables por condiciones de manejo;
- 7) considerar los efectos de prácticas de manejo o tecnologías y de utilización de insumos con potencialidad de adopción de acuerdo a las posibilidades socio-económicas de los productores;
- 8) considerar el efecto interactivo de las características de suelo y clima en el desempeño de un sistema de producción, así como el impacto de este en las principales propiedades y características del suelo, y del medio ambiente (ejemplo: agua y atmósfera);
- 9) considerar el efecto de factores bióticos sobre procesos, y variables del suelo, y cultivo que alteran el desempeño de los sistemas de producción.

Debido a la necesidad de evaluar diversos sistemas de producción, los cuales pueden variar desde cultivos anuales continuo (ejemplo: cereal-cereal) hasta cultivos asociados (ejemplo: Leguminosa-cereal), los modelos deben incluir aspectos fundamentales de los cultivos que permita la evaluación de la competencia o el uso paralelo de recursos del suelo como agua o nutrimentos, de radiación solar, y aspectos particulares de cada cultivo como la fijación de elementos como N (en el caso de las leguminosas), y /o desarrollo diferencial del sistema radical.

**Sistemas de información geográfico (SIG), y características orientadas de unidades de producción:**

Debido al alcance y características del sistema de evaluación y transferencia de tecnología que se desea implementar, en el cual se considera interactivamente sistemas de producción:

1. el desempeño de los efectos en el medio ambiente biofísico a nivel de finca de producción,
2. las capacidades y características socio-económicas de los productores, y
3. el uso de modelos de simulación impulsados por materiales de suelo y clima en una base diaria y horizonte por horizonte, se hace necesario contar con sistemas de información geográfica con la capacidad de suministrar, y procesar información en una base diaria y detallada (horizonte por horizonte del perfil del suelo), y con técnicas de levantamiento o captura de información a nivel de finca.

El uso de modelos de simulación asociado a sistemas de información geográfico ha sido destacado por Thornton en 1992 (en la evaluación de aspectos de sustentabilidad y calidad ambiental, bajo diferentes condiciones de manejo, dosis de la fertilización, sistemas de producción).

Aún sobre los requerimientos del sistema de evaluación propuesto, el sistema debe ser capaz de integrar información propia del sitio de estudio (finca del productor) con información generada de sistemas de información geográfica del área de estudio (ejemplo: información climática precipitación, radiación, temperatura de aire y suelo), información de suelo (erosión), e información de incidencia de plagas y enfermedades, entre otros.

El procedimiento para la caracterización de áreas homogéneas a nivel de finca de productor, debido a la notable diversidad entre unidades de producción, debe ser suficientemente flexible para que pueda ser utilizado en diversas condiciones. Sobre todo, la caracterización estaría basada en un conjunto mínimo de propiedades o características a evaluar, las cuales obviamente serían relevantes, tanto individual o asociadas a otras, en el desarrollo o crecimiento de los cultivos.

Las metodologías, y parámetros de suelo de gran importancia e impacto que podrían ser considerados en estudios de caracterización de fincas han sido señalados por Buol y Smith (1992), quienes dan especial atención al desarrollo de procedimientos para la evaluación de la potencialidad de campos de productores, y de parámetros o propiedades asociadas a la fertilidad del suelo, especialmente de la capa de suelo que es soporte primario y de exploración del sistema radical.

#### **Sistema de evaluación de sustentabilidad de sistemas agrícolas:**

La determinación de sustentabilidad de un sistema de producción, práctica de manejo o tecnología agrícola, debe estar basada en la evaluación del efecto de la misma en el mejoramiento o mantenimiento de las características deseables del sistema suelo-ambiente, conservación de los recursos naturales y mejoramiento o mantenimiento de la condición socio-económica de los productores agrícolas.

La evaluación de sustentabilidad de sistemas de producción y de las condiciones socio-económicas de los productores, lo cual perfectamente puede invocarse en un sentido más amplio como AS, a diferencia de la evaluación de sustentabilidad de componentes individuales del sistema, como por ejemplo, el suelo en el cual el contenido de materia orgánica ha sido destacado como un buen índice de sustentabilidad (Swift y Woome, 1993), requiere del desarrollo de índices que realmente reflejen la sustentabilidad integral del sistema.

La evaluación del impacto de una tecnología o sistema de producción en el ambiente físico, requiere tanto de la valoración o cuantificación de los cambios en propiedades importantes del suelo, así como el efecto de esas variaciones en la productividad del sistema. Así mismo, es necesaria la valoración del efecto de los sistemas de producción en la contaminación de fuentes de agua y atmósfera, y los costos asociados a la recuperación y/o saneamiento de los mismos.

Finalmente, otro de los componentes a considerar en la evaluación integral de sustentabilidad lo constituye el balance de egresos e ingresos asociados a la producción agrícola, y lo cual podría establecer el ingreso neto disponible por el productor o núcleo familiar para cubrir las necesidades mínimas para su desempeño. En la evaluación de la sustentabilidad económica, es necesario el desarrollo de nuevos índices que integren los aspectos de eficiencia de utilización de nutrimentos, productividad y producción de cosechas con las expectativas del productor para cubrir las necesidades del núcleo familiar.

**Enseñanza y sustentabilidad:**

Como el elemento fundamental que podría garantizar la adopción y/o aplicación de prácticas o sistemas sustentable, es la concientización de los productores de las bondades del mismo (Figura 1). Esto podría lograrse mediante; 1) la incorporación de productores aun desde el inicio de planificación de proyectos de investigación y transferencia, y mediante; 2) el proceso de enseñanza de manera formal a nivel de escuelas de primaria, secundaria, técnico, y universitaria, y/o talleres días de campo, etc. El proceso de formación podría utilizar desde las herramientas tradicionales de enseñanza, hasta técnicas más modernas que utilicen los nuevos tecnologías de información y comunicación (ejemplo: educación dirigida a distancia, uso de la Internet).

Lo antes señalado sugiere que el proceso de generación de sistemas de producción sustentables, o AS, en su concepción más amplia, debe ir a la par con el mejoramiento de las condiciones de educación, servicios, salud, seguridad, y esparcimiento y actividades culturales, como garantía del mantenimiento del sistema rural sustentable, y del mantenimiento o mejoramiento de la calidad de vida de los productores. Esta última consideración, obviamente, sugiere una articulación de los diferentes componentes de la sociedad, pero sólo así se podría garantizar el desarrollo armónico y sustentable de una comunidad agrícola. Corresponde a otras instancias, posiblemente, el liderazgo de un proyecto integral de esta naturaleza, pero, a nosotros nos corresponde la responsabilidad de hacer consideraciones e identificar los puntos de integración de nuestro componente con los de otras áreas para facilitar y garantizar la integración.

**SUMMARY**

Development of sustainable technologies (ST) are fundamental to achieve a sustainable agriculture (SA), where the actual and futures needs of the farmer are meet, while the environment is healthful, hospitable, and productive as a warranty to maintain this condition for future generations. To obtain ST the economical and social-cultural characteristics of the farmers must be taken in account, as well as the specific bio-physical and agro climatic conditions in the farm. In this paper we present a proposal-model to develop an integral system to evaluate, and to transfer ST, and to teach sustainable issues, where the 1) research, 2) moderns system of information, 3) interactive bio-physical models of the soil-crop-



climate, and management practices effects, and 4) sustainable indices, are taken in account. An approach like this, could allow, in addition to others aspects, to evaluate in advance technologies for specific conditions of a farm, to detect needs to be investigated, and to contribute to teach farmers, as well as agents of extension, and researchers.

**Key Words:** Sustainability; sustainable agriculture; friendly technologies.

## BIBLIOGRAFÍA

BUOL S., W. and C. W. SMITH. 1992. Data collection and presentation for improving interpretations for agriculture. Proceedings of the International Interactive Workshop on Soil Resources: their inventory, analysis and interpretation for use in the 1990's. Minneapolis, MI. USA.

CABRERA de BISBAL, E., M. ESPAÑA and B. RODRÍQUEZ. 2001. Nitrogen Use and 15N-fertilizer fate in maize under conservation tillage systems in a tropical semiarid region of Venezuela 11 th Nitrogen Workshop. Reims, France. 9-12. pp. 281-282.

CROZIER, C. R., L. D. KING and G. D. HOYT. 1994. Tracing nitrogen movement in corn production systems in the north Caroline piedmont: Analysis of nitrogen pool size. *Agron. J.* 86:642-649.

DELGADO, R. 2001. Evaluación de la mineralización del N orgánico en un Mollisol del estado Aragua mediante el método de incubación *in situ* y el N absorbido por el cultivo. *Agronomía Trop.* 51:421-437.

DELGADO, R. 2002. Evaluación de crecimiento del maíz y absorción de nitrógeno bajo diversas condiciones de disponibilidad del elemento en un Mollisol de Venezuela. *Agronomía Trop.* 52:5-22.

DELGADO, R. y M. C. NUÑEZ U. 2004. La modelización interactiva en la evaluación de sustentabilidad de sistemas de producción y practicas de manejo, y en la transferencia de tecnología. CENIAP Hoy. Revista Digital CENIAP HOY # 6, Maracay, Aragua, Venezuela. URL: [www.ceniap.gov.ve/eniaphoy/articulos/n6/art/delgado\\_r/arti/delgado\\_r.htm](http://www.ceniap.gov.ve/eniaphoy/articulos/n6/art/delgado_r/arti/delgado_r.htm).

FLINT, M. L. and P. A. ROBERTS. 1988. Using crop diversity to manage pest problems: Some California examples. *American J. of Alternative Agriculture*. 3(4):163-167.

HADAS, A., J. A. E. MOLINA, S. FEIGENBAUM and C. E. CLAPP. 1992. Factors affecting nitrogen immobilization in soil as estimated by simulation models. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56:1 481-1 486.

KUO, S. and U. M. SAINJU. 1998. Nitrogen mineralization and availability of mixed leguminous and non-leguminous cover crop residues in soil. *Biol. fertil. Soils*. 26:346-353.

MacRAE, R. J., S. B. HILL, J. HENNING and G. R. MEHUY. 1989. Agricultural science and sustainable agriculture: a review of the existing scientific barriers to sustainable food production and potential solutions. *Biological agriculture and horticulture* 6:173-219.

MASKINA, M. S., J. F. POWER, J. W. DORAN and W. W. WILHELM. 1993. Residual effects of no-till crop residues on corn yield and nitrogen uptake. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:1 555-1 560.

MONTEITH, J. L. 1990. Can sustainability be quantified?. *Indian Journal of Dryland Agricultural Research and Development*. Vol.5(1-2):1-15.

PAUSTIAN, K. 1994. Modelling soil biology and biochemical processes for sustainable agriculture research. **In:** C.E. Pankhurst, D.M. Doube, V.V.S.R. Gupta, and P. R. Grace (eds.). *Soil Biota: Management in sustainable farming systems*. CSIRO, Australia. p. 182-193.

PAUSTIAN, K., W. J. PARTON and J. PERSSON. 1992. Modeling soil organic matter in organic-amended and nitrogen-fertilized long term plots. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56:476-488.

RIVERA, W. 1991. Sustainable agriculture: a unifying concept for agriculture and a central strategy for extension. **In:** W. Rivera y D. J., Gustafson (eds.) *Agricultural extension: worldwide institutional evolution and forces for change*. Elsevier science publishers. NY. pp. 189-201.

SWIFT, M. J. and P. WOOMER. 1993. Organic matter and the sustainability of agricultural systems: Definition and measurement. **In:** Mulongoy, K. and Merckx, R. (eds.). *Soil organic Matter Dynamics and Sustainability of Tropical Agriculture*. Wiley and Sons Co., New York. p. 3-18.

THORNTON, P. K. 1992. Application of computer modeling to evaluate sustainability. Documents of the "Training program on plant nutrient management for sustainable agriculture". September 14-25, IFDC, Muscle Shoals, Alabama. USA.