UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO-ADMINISTRATIVAS

UN MODELO PARA ANALIZAR EL DESARROLLO AGRÍCOLA SUSTENTABLE

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO
DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

DISERTACIÓN

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

C.3

DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

PRESENTA:

MA. DE LOS ANGELES VELÁZQUEZ HERNÁNDEZ

Julio de 1999
Chapingo Estado de México

UN MODELO PARA ANALIZAR EL DESARROLLO SUSTENTABLE AGRÍCOLA

Ma.de los Angeles Velázquez Hernández.

RESUMEN

El presente trabajo tiene el objetivo principal de establecer criterios para cuantificar económicamente el uso y manejo de los recursos naturales. Lo anterior se hace mediante indicadores relacionados con la degradación de los recursos naturales, al tiempo que se proponen, si proceden, medidas correctivas que den lugar a su rehabilitación o conservación.
Los indicadores corresponden a la rentabilidad medida por la tasa de descuento (**r**), introducido por De Janvry *et al*, en 1993 y el índice de sustenibilidad o resilencia (**s**) que constituye el posible aporte de este trabajo. De hecho **s** puede ser considerado un indicador del nivel de sustenibilidad de un ecosistema o sistema productivo que mide, estima o puede interpretarse como un indicador del riesgo sobre el uso de los recursos naturales en una localidad. En consecuencia la magnitud de **s** afecta la productividad y el correspondiente valor monetario de cualesquiera que sea la actividad económica que se esté realizando en el lugar bajo análisis. En el trabajo se analizan diferentes modelos utilizando datos reales de costos y beneficios mediante los que se estima s y a partir de ahí, considerando que las condiciones del entorno permanecen constantes, se calculan ingresos esperados en un horizonte de 20 años.

ABSTRACT

The main objective of this work is the establishment of criteria to economically evaluate the utilization and management of natural resources. This is obtained through the use of indicators related with natural resources degradation. Consequently, corrective measures addressed to its rehabilitation or conservation are proposed.

The indicators are the discount rate (**r**), introduced by De Janvry *et al* in 1993 and the sustainability index or resilience (**s**) which represents the contribution of this work. As a matter of fact, **s** may be considered an indicator of the sustainability present in ecosystem or productive system that measures, estimates or may be interpreted as a risk indicator on the natural resoruces utilization in a site. Consecuently its magnitude affects the productivity and the corresponding monetary value of any economic activity developed in the location under analysis.
Different models are analyzed in this work making use of real costs and benefits data. Estimates of **s** are made and projected income is simulated, for a period of 20 years, given that constant conditions prevailing on site.

UN MODELO PARA ANALIZAR EL DESARROLLO AGRÍCOLA SUSTENTABLE

Disertación realizada por **Ma. de los Angeles Velázquez Hernández,** bajo la dirección del Comité Asesor, aprobada por el mismo y aceptada como requisíto parcial para obtener el grado de

DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

DIRECTOR: _____
Dr. Santos Martínez Tenorio

ASESOR: _____
Dr. Eduardo Casas Díaz

ASESOR: _____
Dr. Arturo Hernández Sierra

LECTOR EXTERNO: _____
Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez

35434

UN MODELO PARA ANALIZAR EL DESARROLLO AGRÍCOLA SUSTENTABLE

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **Ma. de los Angeles Velázquez Hernández** autor de la presente disertación del Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola estuvo constituido por:

PRESIDENTE: _____
Dr. Santos Martínez Tenorio

ASESOR: _____
Dr. Eduardo Casas Díaz

ASESOR: _____
Dr. Arturo Hernández Sierra

LECTOR EXTERNO: _____
Dr.Juan Antonio Leos Rodríguez

DEDICATORIA

A la memoria de mis padres: Julián y Anas.

A la madre naturaleza

A mis hermanos

A mi amado hijo por el tiempo compartido

A mis maestros por sus enseñanzas

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados por aceptarme en su programa de formación de profesores y permitirme hacer el presente trabajo.

A la Universidad Autónoma Chapingo por haberme abierto sus puertas una vez mas y con ello permitirme culminar esta segunda etapa de mis estudios postprofesionales.

A mi Comité Asesor por haberme otorgado orientación, estímulo, ideas, apoyo y su valioso tiempo sin los cuales seguramente no hubiese sido posible alcanzar esta anhelada meta. A todos ellos los llevaré siempre en mi mente y en mi saber hasta el último momento de mi existencia.

CONTENIDO Pág.

Indice de cuadros ix

Indice de figuras x

I. Introducción 1

II. Antecedentes 4

III. Marco de referencia 7

3.1.Desarrollo agrícola 7

3.2.Producción sustentable 8

3.3.Limitantes de la producción sustentable 11

3.4.Sobre los indicadores de sustentabilidad 12

3.4.1. Limitaciones del método 14

IV. Marco operativo 26

4.1.Objetivos 26

4.2.Metas 26

4.3.Hipótesis 27

4.4.Instrumentos 27

4.5.Premisas 28

V. Fundamentación (Elementos de Análisis) 29

VI. La economía política del desarrollo rural 33

6.1.La lógica del desarrollo rural 33

6.2.La presencia de externalidades: la necesidad de una contabilidad social. 36

6.3. El desarrollo rural en cuencas hidrográficas 37

VII. Una visión prospectiva general 41

VIII. Propuesta de enfoque 47

IX. Construcción de modelos 53

X. Análisis de la sustentabilidad 56
10.1.Conceptos básicos 56
10.2.Sustentabilidad e impacto ambiental 59
10.3.Sustentabilidad y recursos naturales 60
10.4.Sustentabilidad y escalas espacio-temporales. 61
10.5.Sustentabilidad y tecnología agrícola 63
10.6.Evalución de la sustentabilidad 67
10.7.Dimensiones de la evaluación 67
10.8.Operatividad de la sustentabilidad 68
10.9.Temporalidad de la sustentabilidad 69
XI. Modelo matemático 71
XII. Nuevo modelo propuesto 80
12.1.Análisis, aplicación e interpretación del modelo propuesto 83
12.2.Prueba del modelo (datos simulados) 85
12.3. Ajuste del modelo (datos reales) 91
XIII. Discusión de resultados 95
XIV. Conclusiones y recomendaciones 98
XV. Referencias 101
XVI. Bibliografía 106
XVII. Anexos 107

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Datos a calcular para las actividades realizadas en una cuenca 76

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Principales componentes en un uso sustentable de la de la tierra 58

Fig. 2 Ingreso derivado del uso de la tierra 72

I. INTRODUCCIÓN

En el contexto del debate continuo que existe sobre asuntos de desarrollo sostenible o sustentable, la tendencia a incrementar las actividades de investigación, transferencia de tecnología y divulgación al respecto, tiene una creciente influencia ya que éstas se encuentran relacionadas con los sistemas de producción en el medio rural.

Durante la última década, la conciencia pública sobre la relación que existe entre la agricultura, el medio ambiente, los recursos naturales disponibles, la calidad de los alimentos y la creciente desigualdad en la distribución del ingreso, ha aumentado considerablemente. Los recursos naturales se están degradando, en cantidad y calidad, a una velocidad significativa, lo cual hace que su disponibilidad para las generaciones futuras sea irreconciliable.

Por otra parte, los productos de desecho de la actividad humana se están acumulando a niveles que comprometen el uso futuro del medio ambiente. Asimismo, la variabilidad de los sistemas biológicos y, por lo tanto, la estabilidad biológica, se reduce a una velocidad que amenaza no sólo a la vida humana sino también el futuro de la biósfera.

En otro contexto, los arreglos sociales contemporáneos, muchas veces producen problemas relacionados con el exceso de habitantes, como son: la presión sobre la tierra y la contaminación, entre otros. En forma concomitante, los lineamientos de política vigentes y los programas de gobierno no pueden proveer ciertamente los medios suficientes para

proteger el medio ambiente, los recursos naturales y la diversidad biológica o biodiversidad.

En virtud a lo anterior, está claro que es prácticamente imposible lograr, en forma natural, una sustentabilidad satisfactoria por lo que se hace necesario proponer que la agricultura o mejor aún, el desarrollo rural sustentable sea considerado como una meta.

La agricultura sustentable por ejemplo, no es un estado fijo de armonía entre la humanidad y la naturaleza, es un proceso de cambios en el cual la explotación de los recursos, la orientación del desarrollo tecnológico y los cambios institucionales deben ser consistentes con el propósito de cubrir las necesidades humanas del presente y del futuro.

Para poder cumplir con el anterior propósito se hace necesario realizar una planificación, lo suficientemente flexible, a fin de poder atender los cambios, necesidades y condiciones que ocurran en el medio rural a través del tiempo. Así mismo, es necesario considerar varios aspectos imprescindibles en el propósito de ordenar una iniciativa de trabajo en esta nueva perspectiva.

En primer lugar, el asunto de jerarquía o escala, esto es algo que inmediatamente surge como necesario de enfatizar, a fin de establecer algunos de los aspectos básicos sobre agricultura sustentable. Es decir, podemos hablar de problemas en diferentes ámbitos: mundial, nacional, regional, ecosistemas, de zona agroecológica y de unidad de producción, por tanto este enfoque se basará principalmente en los conceptos de Sistemas, modelos y procesos de simulación y estará apoyado con datos

reales procedentes de "La Fraylesca", Chiapas y "La Costa de Hermosillo", Sonora.

A cada jerarquía le corresponde un patrón de desarrollo que depende, por una parte, de las tendencias y cambios de la población y, por otra, de la base de recursos disponibles. Los impactos ambientales del crecimiento económico y poblacional ponen en evidencia que la capacidad de carga de los ecosistemas no es ilimitada y que la economía y la ecología en todo grupo social, están estrechamente vinculadas. No hay desarrollo sustentable si no se respeta el ambiente y se utilizan racionalmente los recursos naturales, pero tampoco hay desarrollo sustentable, sin una distribución equitativa del ingreso y la riqueza. De hecho ambas dimensiones, la ecológica y la socio-económica están estrechamente vinculadas (Berdegué, 1990).

Por lo anterior, el desarrollo sustentable no solamente incopora vigorosamente la dimensión ambiental al desarrollo económico, sino que va más allá para incorporar con más fuerza la dimensión social.

De manera tradicional, las políticas macroeconómicas han enfocado sus objetivos en el crecimiento económico, pleno empleo, comercio exterior, y estabilidad de precios. Ahora surge el objetivo medioambiental para medir el comportamiento económico, que antes no estaba considerado dentro de las variables económicas convencionales. Es decir, surge ahora la necesidad de medir el impacto ambiental que resulta del crecimiento económico y en consecuencia, como las posibles restricciones ambientales influyen en el desarrollo económico.

II. ANTECEDENTES

El hombre es la especie biológica más exitosa sobre la faz de la tierra. Su cerebro privilegiado le ha permitido manipular el ambiente natural y utilizarlo para su propio beneficio. Como consecuencia de ello, ha logrado producir cambios en su entorno mucho más rápidamente que los que puede producir un proceso evolutivo natural.

El anterior proceso ha desafiado el ordenamiento de la naturaleza y ha llegado hoy día a amenazar la sustetabilidad de la biósfera, sin darle oportunidad a que ésta establezca un equilibrio compatible con su supervivencia.

Podría decirse que los problemas ambientales de hoy son la consecuencia del éxito del hombre como especie biológica y es precisamente ese éxito el que puede conducirlo a su propia destrucción, pero también el que sin duda habrá que reajustar y en consecuencia el comportamiento humano, para permitir la armonización de su evolución cultural con los procesos físico-biológico naturales (Tarté, 1993).

La preocupación del hombre por la integridad de su entorno y por la ecología no es nueva. Muchas culturas indígenas aprendieron a vivir en armonía con la naturaleza, sin destruir los recursos que necesitaban para su sustento. A la fecha ha sido evidente que la 'capacidad de carga' de la tierra es limitada y que quizá hemos llegado muy lejos en la explotación de los recursos disponibles.

En algunas regiones de la tierra, se ha aprendido que no solamente se está agotando los recursos naturales, sino que también se está contaminando y

deteriorando recursos vitales corno el aire y el agua, contribuyendo, así mismo, a la aparición de cambios climáticos que están alterando drásticamente la vida en la tierra.

Tampoco es que sea nueva la preocupación por la contaminación, ya en 1896 Svante Arrhenius (Premio Nobel 1903) había advertido que de seguir quemando carbón, como se hacía en la época, liberaría tanto CO_2 a la atmósfera, daría lugar a un incremento en la temperatura de la superficie de la tierra de 5 o 6 grados centígrados en los siguientes 300 años. Hoy se estima que de continuar al mismo ritmo las emisiones de CO_2 y otros gases, la temperatura aumentará 0.3 Grados Centígrados cada década.

La reunión cumbre de medio ambiente celebrada en Estocolmo en 1982, dio lugar al informe llamado "Informe Bruntland ' (1987) el que marcó un hito en la toma de conciencia mundial sobre la problemática ambiental. En esta reunión quedó plasmada la visión sobre el deterioro ecológico que hoy día, estamos viviendo todos los países en mayor o menor grado. Cinco años más tarde, en junio de 1992, se celebró, en Río de Janeiro, Brasil, la Cumbre de la Tierra; en esta reunión se puso de manifiesto que no puede haber desarrollo perdurable, ni se pueden satisfacer las necesidades humanas esenciales si no se respeta el medio ambiente y se utilizan racionalmente los recursos naturales. La dimensión ambiental quedó así, estrecha y permanentemente ligada al concepto de desarrollo, y como tal, de ahora en adelante, deberá ser incorporada en los planes y programas de todos los países que en esa reunión se comprometieron en una estrategia global de desarrollo sustentable.

La globalización del comercio y la economía vuelve aún más dramática esta situación, como ha sido evidente entre Estados Unidos y Canadá, pues en este contexto es necesario analizar el papel de la agricultura, cuya función es aumentar la producción y la productividad, la cual ahora, bajo el encuadre del desarrollo sustentable y equitativo, debe, así mismo, propugnar por conservar los recursos naturales y tratar de disminuir el índice de pobreza.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Desarrollo agrícola

La evolución de la agricultura, medida por el crecimiento del sector, se ha basado en el uso de agroquímicos, aplicación de fertilizantes, uso ineficiente de agua, uso intensivo de maquinaria agrícola y apertura de nuevas áreas al cultivo, a costa de la depredación de los recursos naturales.

Este esquema de producción no debe continuarse. Como es bien sabido en el mundo, 20 millones de hectáreas. arboladas se destruyen cada año (principalmente selva tropical). En Mesoamérica se estiman 63 millones de hectáreas degradadas; en México, se ha estimado que entre 314 mil y 873 mil hectáreas son deforestadas anualmente. (El Financiero, Nov/98).

En cuanto a pérdida de suelo, por todo tipo de erosión, en América Latina se ha estimado en 275 mil t/año; en México se señala como promedio 2.8 t/ha/año. Y se pierden n especies biológicas de valor no determinado al año.

El reto dentro de la visión 2020 (IFPRI,1997), es que la región deberá de ser capaz de superar la tasa de crecimiento del PIB agrícola del 1.5%, ahora muy por abajo del crecimiento regional poblacional del 2.5%.

La demanda interna de alimentos que crece a una tasa del 3%, abre una brecha con respecto a la producción de alimentos, provocando la necesidad de hacer importaciones y una posible deficiencia nacional alimentaría. Por tanto, el reto de la región es poder alimentar, de una manera justa y equitativa, a los

96.7 millones de habitantes, según estimaciones hechas con base a datos de INEGI (ver anexo 1) que se estimaba tenia México en 1998.

La estrategia, por lo tanto, debe ser desarrollar una agricultura compatible con un uso racional de los recursos naturales, que combata frontalmente a la pobreza y atienda en lo posible demandas futuras de alimentos. Todo esto tendrá una respuesta si y sólo si, se da una gran transformación en la forma e intensidad con que se desarrolle el proceso de generación de tecnología.

Debe quedar claro que las premisas del desarrollo agrícola y la conservación del medio ambiente no son metas incompatibles. Es decir, los productores sólo podrán sobrevivir, si sus sistemas de producción son ambientalmente saludables y sustentables, tomando en consideración que la explotación responsable y protección de los recursos naturales, puede generar beneficios sustanciales económicos y sociales. En este contexto la investigación, generación y transferencia de tecnología apropiada, son el eje para compatibilizar el desarrollo agrícola y la conservación del medio ambiente.

3.2. Producción sustentable

El proceso de producción sustentable consiste en una combinación adecuada de los objetivos de producción, distribución del ingreso y de un manejo apropiado de los recursos naturales existentes en una determinada región. El análisis de estos objetivos parece indicar en primera instancia que generan un conflicto, sin embargo, esto no debe ser así, pero para poder demostrarlo se hace necesario tener formas de cómo medir el proceso.

De esta manera uno de los grandes problemas es precisamente la forma en que se pueda medir el avance de la producción sustentable. Para ello se ha venido considerando el establecimiento de criterios para construir indicadores sencillos, prácticos, útiles y objetivos que permitan cumplir con este propósito.

A la fecha los indicadores que se han venido utilizando para medir el deterioro de los recursos naturales son: la magnitud de la erosión y perdida de fertilidad de suelos, la desertificación, la deforestación y mejor uso de la tierra, la explotación y uso del bosque, la degradación de cuencas, el deterioro de recursos marinos y costeros, la contaminación de aguas y aire, la pérdida de recursos genéticos y ecosistemas, calidad de vida de los asentamientos humanos, la migración rural y tenencia de la tierra.

Otro aspecto a considerar es la propia definición del concepto el cual, según la FAO (1988), a la letra dice; 'Producción sostenible debe considerarse como el manejo de la conservación de la base de recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional, de tal manera que se asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras.

Lo anterior puede ser viable en los sectores agrícola, ganadero y forestal, con lo cual se puede alcanzar un desarrollo que conserva la tierra, el agua y los recursos genéticos, vegetales y animales, no degrada el medio ambiente y debe ser técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable.

Varios son los atributos que caracterizan el concepto de Producción Agrícola Sustentable:

- En lo económico es no empobrecer a un grupo al mismo tiempo que se enriquece otro; todos deben beneficiarse (equidad) o al menos quedar igual.

- En lo tecnológico debe acelerarse la capacidad de respuesta al cambio y mantener o incrementar las opciones de producción, Es decir, el cambio tecnológico debe escudriñar la posibilidad de mantener o ampliar las opciones productivas (productividad).

- En lo ecológico, los requisitos serían no degradar la biodiversidad de los ecosistemas, así como mantener, recuperar y restaurar la base de recursos naturales (sustentabilidad).

- En lo social, cultural y político, se requiere de la acción de todos los sectores y de la cooperación internacional no sólo en el interior de una comunidad, sino también en los ámbitos regional y mundial (aceptabilidad).

Las metas, entonces, deben considerar: 1. manejar el medio ambiente para el beneficio de la gente, sin comprometer la capacidad productiva de la tierra y su diversidad en el futuro; 2. desarrollar sistemas sustentables de producción agrícola; 3. transformar la agricultura minifundista en empresas modernas, productivas y competitivas; 4. mejorar el manejo y conservación del suelo y agua, especialmente en laderas y otras áreas frágiles. 5. reducir el uso

innecesario de pesticidas, fertilizantes y otros agroquimicos; 6. reducir la tasa de deforestación y proteger su explotación cuando sea apropiado; 7. proteger zonas de biodiversidad, flora y fauna; 8. desarrollar, en áreas rurales y pobladas, alternativas generadores de ingresos por la producción agrícola, tales como la agroindustria.

3.3. Limitantes de la producción sustentable

No existe una política institucional o de gobierno que apoye la agricultura sustentable, por tanto existe la necesidad de contar con investigación que dé soporte al cambio técnico, dado que hay escasez de tecnología con criterio de sustentabilidad. La carencia de un adecuado sistema educativo en el área agrícola, la existencia de un sector productivo con una fuerte presión por rentabilidad y la falta de datos para medir los efectos de largo plazo, hacen que los limitantes de la producción sustentable sean retos complicados de enfrentar.

Históricamente el desarrollo tecnológico se ha enfocado ha ser eficientes los sistemas de producción, basados en productividad y rentabilidad, pero existe un fuerte limitante de información técnica, económica y financiera en agricultura sustentable.

Los valores culturales conservacionistas, poco desarrollados en la sociedad, la fuerte presión de atender lo urgente (producción de alimentos) para una creciente población, sin considerar lo prioritario de la conservación del recurso, la falta de vinculación entre las instituciones de educación, investigación y difusión, es como la carencia de técnicos, políticos y productores, de que los

recursos naturales son inagotables, hacen que el equilibrio obligado que debe existir entre los diferentes factores del ambiente y el manejo de explotaciones agrícolas, sean manejados con criterios individuales, tratando de obtener una máxima producción, particularmente en la agricultura de subsistencia sobre todo en lugares inapropiados.

3.4. Sobre los indicadores de sustentabilidad

A la fecha se han utilizado algunos métodos para tratar de medir la sustentabilidad tales como:

a) La Productividad Total de los Factores (PTF).

La productividad total de los factores se define como la suma de los valores de todos los productos generados por un sistema de producción, dividido por la suma del valor de todos los insumos (Lynam y Herdt, 1988).

Las estimaciones de la PTF se han venido realizando desde hace algunos años en el análisis macroeconómico para identificar la función del cambio tecnológico en el crecimiento económico; es decir, cuando se explican y se hacen a un lado de los ingresos, el residuo se atribuye al cambio tecnológico. Se han desarrollado números índices que permiten estimar las tendencias asociadas con los cambios de la PTF en el transcurso del tiempo (Capalbo and Antle, 1988).

Whitaker y Lalitha en (1993) utilizaron este método para evaluar la sustentabilidad de patrones bien definidos de cultivos en la India, con base en

datos de ensayos de largo plazo. Ehui y Stencer (1990) utilizaron una versión más avanzada de esta técnica para incluir en los costos de producción, el valor de los nutrientes del suelo que se pierden como consecuencia de su degradación. La PTF está estrechamente ligada al concepto de productividad total (PT), aún cuando esta última no incluye los costos económicos y beneficios a corto plazo en la unidad de producción.

b) El Producto Nacional Bruto Agrícola (PNBA), ajustado por la depreciación de los recursos naturales.

Las cuentas nacionales contienen estimaciones del producto agrícola nacional del país. Cuando el producto nacional bruto agrícola aumenta en términos reales, algunos observadores muestran confianza en el comportamiento de la agricultura. No obstante gran parte de este crecimiento puede ser pasajero, logrado a expensas de la degradación de los recursos naturales. Cuando se toma en cuenta esta depreciación de "capital" natural, las estimaciones del producto nacional bruto agrícola resultan desde luego inferiores pero más realistas.

Este método se originó para explicar el valor reducido de los bosques y la reserva de minerales en las estimaciones de los ingresos nacionales (Repetto y Gillis,1988). Recientemente se han publicado los resultados de la aplicación de este método. Para los sectores agrícolas de dos países, Filipinas y Costa Rica.

3.4.1. Limitaciones del método

i) Depende de una gran cantidad de datos secundarios
ii) Se utiliza a nivel del sector
iii) No contempla los efectos endósenos y exágenos de la parcela o unidad de producción por lo que pierde su utilidad, por lo menos en este ámbito.
iv) El inventario de recursos naturales no cuenta con valor monetario.
v) No considera los efectos ambientales de la producción agrícola expandida, aparte del deterioro de los recursos naturales.

Este método, por otra parte, se basa en las comparaciones de las diferencias de los beneficios y los costos y no en la producción, como ocurre en la PTF y la PT. Esto dificulta la generación de números índices para estimar las tendencias en el transcurso del tiempo con el resultado de que los cambios en los precios de ínsumos y productos, pueden confundirse con los cambios en la productividad de los factores y la calidad del suelo.

c) Valor actual o presente de los beneficios económicos de distintas técnicas ajustados según los costos ambientales (VPN).

Este indicador no contempla el presupuesto sobre las actividades de las unidades de producción para evaluar la rentabilidad que obtenga el agricultor en las diferentes prácticas de producción, actividades alternas y combinaciones de las mismas. Cuando el análisis incluye una gama suficientemente amplia de beneficios y costos ambientales, es posible estimar la rentabilidad social o económica "ajustada por los costos ambientales". Así mismo, cuando se

proyectan las tendencias en el tiempo de los cambios en la calidad del suelo y los efectos en la productividad, para varias alternativas técnicas, es posible estimar los valores presentes netos y comparar esas alternativas a través de este indicador.

Faeth P. *et al.* (1991), informan sobre los resultados de un análisis de este tipo realizado en los Estados Unidos, y muestran que muchos sistemas de cultivo y prácticas de producción parecen rentables a primera vista, pero producen un valor social negativo cuando se toma en cuenta la depreciación futura del suelo y se ajustan de acuerdo con el valor de los subsidios, lo cual económicamente no es otra cosa que una transferencia de un grupo social a otro. En este caso, dada la sensibilidad de la selección de tecnologías, por parte de los agricultores y a las políticas agrícolas predominantes, el análisis se dirige en primer lugar a los formuladores de dichas políticas. Este enfoque es bastante sólido pero depende en gran medida del modelaje de tendencias futuras que tenga en el tiempo, en cuanto a la calidad del suelo y la productividad del sistema, de acuerdo con distintos escenarios tecnológicos.

d) El valor actual de distintos usos del suelo, ajustados según la degradación de los recursos

Este método es semejante al anterior, salvo que se orienta en forma específica a los distintos usos que se hagan del suelo y a las distintas estrategias de ese uso; por ejemplo, el ecoturismo, comparado con la agroforestería o con la ganaderia extensiva. Por lo anterior, este método requiere del uso intensivo de datos y es a no dudar, hasta cierto punto, especulativo. Se han realizado algunos estudios de este tipo y al igual que en el método anterior, deben

estimarse para cada alternativa las tendencias proyectadas en el tiempo para los costos y beneficios económicos y medio ambientales.

e) Medidas técnicas de la calidad de los recursos naturales

Las medidas técnicas directas de la calidad de los recursos naturales son las variables más comúnmente consideradas como "indicadores de sustentabilidad" por ejemplo, en el programa que sobre el manejo de recursos naturales y agricultura sustentable está realizando la Universidad de Georgia en los Estados Unidos. Los marcadores de sustentabilidad que se utilizan son los siguientes:

i) Propiedades pedológicas
ii) Actividad biótica
iii) Medidas hidrológicas
iv) Medidas de la calidad del agua

Como ya se ha indicado anteriormente, las medidas técnicas sobre la calidad de los recursos naturales pueden considerarse indicadores "terciarios" debido a su influencia en los componentes de la productividad total (PT).

Cabe señalar que las medidas técnicas sobre la calidad de los recursos constituye sólo una parte de la información requerida para evaluar la productividad total. Es evidente que para derivar la mayor utilidad de estas medidas técnicas, se debe hacer lo siguiente:

v) Poner atención en el conjunto de variables, relativamente pequeño, que resulten ser más sensibles para estimar PT

vi) Contar con datos que contengan las medidas en series cronológicas.

vi¡) Establecer las relaciones de causa y efecto entre los cambios medidos en la calidad de los recursos y los cambios a largo plazo en la productividad de estos

viii) Procurar que estas medidas sean relativamente sencillas y poco costosas de instrumentar

f) Modelaje de las tendencias en el uso del suelo, utilizando datos de satélite y secundarios

Aún cuando el modelaje de las tendencias sobre el uso del suelo incluye las medidas sobre calidad de los recursos y sobre el comportamiento de los sistemas, se puede desde luego abarcar mucho más que la proporcionada con esta información. En síntesis, el modelaje puede servir para explorar las consecuencias, en tiempo y espacio, de los cambios en el uso del suelo a nivel de unidad de producción.

Luego entonces, y en atención a lo anterior, puede ser posible hacer cálculos bastante precisos de las tendencias del comportamiento de un sistema y la calidad de suelo, para grandes extensiones de tierra, al menos en lo que respecta a un proceso particular de degradación de recursos. Un ejemplo sería quizá el uso de datos de satélite integrados en series cronológicas para rastrear los procesos y las consecuencias de la deforestación que está ocurriendo actualmente.

Es claro, sin embargo, que la extrapolación espacial y temporal de los indicadores de sustentabilidad no deben confundirse con la integración misma de dichos indicadores. Es decir, el modelaje no puede de ninguna manera reemplazar la información directa sobre la Productividad Total y sus componentes.

De la discusión anterior se hace evidente que la estimación de la productividad total y sus componentes requiere de muchos datos y resulta en consecuencia muy costosa.

Por otra parte, debe hacerse notar que a pesar de la complejidad de la metodología descrita, ninguna de ellas toma en cuenta todos los factores que intervienen en la estimación de las tendencias de la productividad total. Por lo anterior, se hace necesario la creación de indicadores substitutos, es decir, variables fácilmente observables y quizá cualitativas, que estén correlacionadas con la productividad total o sus componentes, pues puntos de referencia de este tipo permitirían a los agricultores, extensionistas e investigadores, participar en la evaluación de las tendencias sobre sustentabilidad. Debe desde luego señalarse que se pueden generar índices substitutos para las características secundarias y terciarias. A continuación se presenta una lista parcial de posibles formas de indicadores substitutos.

i) Observar las tendencias de los rendimientos

ii) Observar datos fácilmente observables sobre la degradación de recursos

ii. 1 Estimar los incrementos en las tasas de migración que afectan la presión ejercida por la población sobre los recursos naturales y la erosión

ii.2 Estimar los cambios en el manejo de residuos o en la cantidad de materia orgánica aplicada en los terrenos agrícolas y que por lo tanto afectan la fertilidad del suelo

ii.3 Estimar los cambios en el hato de ganado en la comunidad y la producción de estiércol por unidad de tierra cultivada que afecta la fertilidad del suelo

ii.4 Estimar los cambios en los ingresos y niveles de ingreso familiar, que afectan la capacidad de inversión sobre técnicas específicas de conservación

ii.5 Estimar los cambios en la disponibilidad *per cápita* de los recursos de propiedad común o en los cambios sobre la manera en que éstos son manejados dentro de la comunidad

ii.6 Estimar los cambios en la instrumentación local de las políticas establecidas sobre el precio del agua, lo cual afecta la velocidad de agotamiento de acuíferos

ii.7 Estimar los cambios que tiendan a una menor diversificación de los sistemas agrícolas, lo cual afecta la incidencia de plagas, enfermedades o malezas

Para que lo anterior sea factible, es necesario establecer un vínculo entre el factor causal y el proceso de degradación, lo cual no siempre resulta fácil. La identificación del factor causal mismo, debe ser susceptible a una evaluación mediante métodos participativos de comunidad, a fin de que esto pueda resultar práctico.

ii.8 Adopción campesina de prácticas para conservar los recursos.

En ocasiones la información sobre la adopción campesina de prácticas que conserven los recursos puede utilizarse para reducir los cambios que han ocurrido en el ritmo y el grado de incidencia de la degradación de recursos y los consecuentes cambios en la productividad total.

En ocasiones ciertas técnicas son definidas a priori como sustentables, sin un análisis de los efectos que tienen dichas prácticas en la productividad total. En la medida que estas técnicas son adoptadas, se dice que los sistemas agrícolas se vuelven más sustentabas; por ejemplo, es posible que un sistema determinado sea considerado más sustentable cuando se ha reducido el uso de insumos externos debido a que, según el conocimiento y entendimiento común, ha indicado que un uso reducido de insumos fomenta, o al menos indica, la existencia de sustentabilidad. Pero esto, que pudiera parecer lógico o natural, puede ser simplemente un argumento especulativo y engañoso, lo cual debe tratar de evitarse.

ii.9 La elaboración participativa de mapas de recursos

Con el advenimiento de los sondeos rápidos denominados avalúos rurales rápidos (ARR) y posteriormente los avalúos rurales participativos (ARP), ha quedado claro que los grupos campesinos son capaces de construir mapas de los recursos en, sus comunidades locales, los cuales resaltan características importantes del entorno y desde luego conocimientos considerables de los productores y

campesinos sobre la disponibilidad y situación que guardan sus recursos.

Los mapas sobre recursos naturales se pueden elaborar valiéndose de símbolos que corresponden a las categorías de calidad de suelo descrita en términos locales. De esta manera se solicita a los miembros de una comunidad o a los residentes más antiguos que dibujen mapas en los cuales se muestren las categorías normales o estándar de calidad del suelo, tal y como fueron conocidas o existían en el pasado.

Lo anterior proporciona una serie cronológica con la que se puede estimar las tendencias que han ocurrido en la calidad de los recursos; puede, por otra parte, verificarse sobre las características y el comportamiento de las distintas categorías de suelo, pudiéndose deducir en consecuencia las tendencias globales del comportamiento del sistema agrícola como un todo.

Es desde luego conveniente que los resultados de la elaboración participativa de mapas se ajusten y calibren con medidas técnicas de la calidad del suelo y la productividad total.

ii.10 Evaluación participativa utilizando el análisis por pares

Diferentes grupos de agricultores en una ecoregión tienen desde luego diferentes experiencias, particularmente por haber tenido tiempo y variables de trabajo, con una técnica de producción determinada o con

una estrategia de manejo de suelos. En este caso, las percepciones que puedan tener los agricultores más experimentados, a través de las observaciones realizadas en sus propios terrenos, pueden ser útiles para pronosticar los cambios que otros agricultores probablemente enfrentarán tarde o temprano.

Un caso típico al respecto es el gran entusiasmo que creó la introducción de insumos modernos en la producción de trigo en el noreste de México. Si hubiera habido información de agricultores del mismo tipo en otro lugar que hubiera pasado por esa experiencia, podría haber sido posible hacer los ajustes correspondientes en las medidas de la PT y de la calidad de los recursos con oportunidad, antes de que se experimentara en forma directa la degradación de los suelos y la pérdida de sustentabilidad.

Es decir, debe tenerse cuidado con este método porque los primeros innovadores no tienen la ventaja de contar con los conocimientos acumulados que tuvieron sus vecinos o padres en otra localidad, mientras que los productores que adoptan una técnica posteriormente pueden utilizar el conocimiento y experiencia de sus padres en el pasado para manejar los pasos esenciales en el proceso de adopción.

g) Hacia la creación de indicadores de sustentabilidad

La idea de la productividad total no es útil para operar sino para analizar el concepto de sustentabilidad porque vincula la calidad de los recursos agrícolas, los impactos fuera de la parcela y los efectos sobre el comportamiento y productividad de los sistemas agrícolas. Además, resulta de gran ayuda a los

directores o administradores de la investigación agrícola y particularmente a los que formulan políticas agrícolas para establecer prioridades y evaluar los impactos de la tecnología, dado que les permite definir y hasta cierto punto elegir la naturaleza e incidencia de los costos necesarios para satisfacer la demanda creciente de productos agrícolas.

El desarrollo de tecnología basada en los cambios de las políticas puede influir, hasta cierto punto, en la magnitud de los costos económicos, ambientales externos y, a largo plazo, en el desarrollo de la agricultura.

Desde luego hay que reconocer que la PT no es un indicador perfecto de la sustentabilidad. Las estimaciones que se tienen en el pasado sobre la PT no pueden indicar cuál será la sustentabilidad futura si se acelera la degradación de los recursos y por lo tanto aumentan los costos económicos y ambientales, mientras se estanca el crecimiento de la productividad con el consecuente retraso en el crecimiento del valor de la producción.

Por otra parte, la productividad total no toma en cuenta en forma explícita el concepto de irreversibilidad, aún cuando este concepto debería formar parte implícita de los costos asignados a las diferentes clases de degradación de recursos o de impactos ambientales.

No obstante lo anterior, la productividad total es útil para vincular los conceptos más importantes y lo que es igualmente significativo, para señalar las áreas en que se necesita un trabajo técnico más intenso y desde luego la realización de investigación al respecto.

Puede y debe anticiparse, como lo ha hecho Harrington *et al.* (1994), que la investigación sobre indicadores de sustentabilidad que se apoye en el concepto de productividad total debe aplicarse en varios temas, incluyendo los siguientes:

i) Desarrollo, adaptación y uso de métodos para medir y evaluar los costos económicos y ambientales asociados con distintas prácticas agrícolas
ii) Desarrollo, adaptación y uso de métodos para evaluar los recursos ambientales, Winpenny, J.,(1991); Pearce, D. (1993), sin embargo estos métodos no se emplean comunmente en las comparaciones de tecnologías agrícolas. Es decir, las herramientas de medida y evaluación ambientales por lo general no son muy conocidas en las instituciones de investigación agrícola
iii) Desarrollo, adaptación y uso de métodos para evaluar los efectos a largo plazo de la degradación de recursos en la productividad de sistemas agrícolas, en particular las trayectorias o las tendencias que en el tiempo van asociadas con los niveles de degradación y productividad

Pueden explorarse varias alternativas, incluyendo los ensayos de largo plazo, el monitoreo realizado por los agricultores, el modelaje de sistemas agrícolas y la evaluación participativa.

El marco de referencia señala entre otras cosas el esquema de producción agrícola que se ha venido poniendo en práctica hasta la fecha y ha dejado consecuencias, algunas de las negativas irreparables en los recursos naturales, que repercuten en la producción agrícola, en el ingreso de los pequeños productores; esto obliga o al menos induce a adoptar el esquema de

agricultura sustentable que va desde el diseño de un plan de manejo de recursos basado en un diagnóstico realizado con información que normalmente existe en las unidades de planificación nacional o sectorial, hasta la obtención de resultados que en la práctica y particularmente en los recursos naturales, mientras la posibilidad de tener una medida del impacto que el trabajo que se realiza en el sitio de interés tiene en los mismos.

Un esquema de Agricultura Sustentable puede establecerse mediante la siguiente definición:

"La sostenibilidad debe ser tratada como un concepto dinámico reflejando necesidades cambiantes, especialmente aquellas de una población que se incrementa constantemente. La meta de una agricultura sostenible debe ser mantener la producción a niveles necesarios para satisfacer las aspiraciones crecientes de una población mundial en expansión sin degradar el medio ambiente. Implica preocupación por la generación de ingreso, la promoción de políticas apropiadas y la conservación de recursos naturales" (FAO/TAC/CGIAR, 1989).

IV. MARCO OPERATIVO

4.1. Objetivos

Los principales objetivos que se persiguen en el presente trabajo son:

a) Diseñar una metodología para evaluar los procesos que se desarrollan bajo un esquema de Agricultura Sustentable (AS). La expectativa es demostrar las bondades de un manejo adecuado de recursos naturales, a fin de promover una intensificación de la AS y un manejo adecuado de los recursos naturales, particularmente en las áreas con suelos frágiles o con lluvia escasa. Es decir un manejo de los recursos naturales, enfatizando el objetivo en las variables más sensibles (suelos frágiles, zonas áridas, semiáridas y pobreza extrema).

b) Establecer criterios para cuantificar el uso y manejo de los recursos naturales y construir indicadores que cuantifiquen este proceso.

c) Recomendar medidas correctivas que permitan conservarlos o rehabilitarlos.

4.2. Metas:

De esta manera se propone:

a) Precisar algunos indicadores que inciden en el proceso de desarrollo sustentable.

b) Determinar si una medida cuantitativa refleja una respuesta biofisica o socioeconómica, de las diferentes acciones llevadas a cabo por los productores, dentro de un agroecosistema en particular.

4.3. Hipótesis

La investigación está basada en la siguiente Hipótesis de trabajo:

Los recursos Suelo-Agua y Bióta (animales, plantas, microorganismos), no sufren deterioro con la intensificación de la agricultura o creciente intervención sobre los recursos naturales debido a incrementos de la población, a la falta de tecnologías apropiadas a cada región, a la educación, a los cambios climáticos, solo por mencionar algunas características.

4.4. Instrumentos

A fin de probar la hipótesis básica anterior, se procederá a plantear y probar, mediante técnicas de simulación, instrumentos o modelos matemáticos que permitan ensayar indicadores, mismos que serán desarrollados en función de los costos invertidos en la empresa agrícola y los beneficios netos obtenidos por un productor y por la sociedad.

4.5. Premisas

Debe enfatizarse que una medida cuantitativa no necesariamente es representativa de todas las variables biofísicas o socioeconómicas que intervienen en el proceso productivo, particularmente en las acciones llevadas a cabo por los productores, dentro de un agroecosistema en particular.

V. FUNDAMENTACION (Elementos de Análisis)

La sustentabilidad es un aspecto de la mayor importancia para los estudiosos de los sistemas agrícolas. Por esta razón, se han propuesto varias definiciones, la mayoría de las cuales enfatizan la complejidad de los sistemas agroecológicos. Bajo este esquema, constituye un verdadero desafío, como ya se anotó anteriormente, el obtener un indicador o indicadores que midan la sustentabilidad y, por tanto, hagan el concepto de sustentabilidad operativo.

Lo anterior es así, porque a la fecha se ha tratado de definir o aplicar el concepto de sustentabilidad en diferentes maneras, derivando de ello, en consecuencia, algunas formas de medirlo o definir indicadores de este concepto.

Así, por ejemplo, Casas (1991) establece que por "Desarrollo sustentable, se entiende el uso, manejo y conservación de la base de recursos naturales, acompañado de la orientación técnica y de los cambios institucionales necesarios, todo lo cual se traduce, para el caso de la agricultura, en lo que es llamado Desarrollo Agrícola Sustentable. Es decir, el uso, manejo y conservación del suelo, del agua y de los recursos genéticos, animales y vegetales, mediante la aplicación de tecnologías apropiadas, de tal manera que el resultado de esta intervención no degrade el medio ambiente, sea económicamente viable y sea, así mismo, socialmente aceptable".

El desarrollo de la agricultura moderna, mediante la aplicación de técnicas agronómicas, establecen un Modelo Agronómico el cual, con tecnologías que

tengan las características antes anotadas, daría lugar a la llamada sustentabilidad o agricultura sustentable.

En virtud a la globalización de la economía y particularmente al proceso de modernización de la agricultura, se considera de gran importancia investigar sobre metodologias que permitan cuantificar esta modernización, particularmente las que den lugar a un desarrollo agrícola sustentable. En varios foros se discute sobre 'Agricultura Sustentable", pero aún no se cuenta con información específica que permita una base de diálogo y menos de análisis o cuantificación de este tipo de agricultura. Por ejemplo, es importante considerar las bases de una planificación y el diseño de sistemas de producción agrícola, teniendo en cuenta el riesgo de erosión hídrica; este componente del deterioro de recursos del suelo se puede medir, pero el resultado seria sólo una visión parcial del fenómeno completo relacionado con sustentabilidad, según se ha explicado líneas arriba.

Una forma entonces de estandarizar los diferentes componentes de la sustentabilidad es analizando el beneficio económico; de otra manera habrá que hacer compatible el deterioro, con la conservación del recurso, pues el primero no debe ser mayor que el que se considera tolerable para unas condiciones determinadas. Si por ejemplo, un suelo demora aproximadamente 1000 años para formar 1 cm de espesor, se esperaría que la tolerancia a la erosión no fuera más de 111000 cm de espesor por año, o sea, de 0.0001 m x 10,000 m^2/ha x 1.5 t/m^3 = 1 50 kg/ha/año.

Por otra parte es necesario considerar que físicamente el suelo deja de tener condiciones para uso agrícola, cuando la pérdida de sus características estructurales, fisico-químicas y nutrimentales, rebasaron el límite mínimo, todo lo cual tiene un costo dependiendo del lugar donde se origina, aunado a los efectos que, generalmente, son negativos (con un costo adicional) aguas abajo.

El grado de erosión hídrica es el resultado de la interacción entre las condiciones del clima, las lluvias, las características del suelo, la topografía y la cobertura existente, esto último debido a la acción del hombre.

Algo semejante podría anotarse sobre el recurso agua o la biodiversidad. En el caso del agua por ejemplo, aun cuando la sociedad ha desarrollado infraestructura y tecnología para extraer agua del subsuelo, almacenaría en presas, transportarla a lugares distantes y aún elevarla a alturas impresionantes, como es el caso de la Ciudad de México, no existen mecanismos significativos disponibles que aseguren la conservación y reconstrucción de los sistemas naturales, mediante los cuales el agua pudiera ser captada. Tampoco existe un grupo social encargado del cuidado y atención de los ecosistemas en los cuales se origina el agua disponible. Tampoco hay programas sistemáticos diseñados para confrontar y resolver el problema de aumentar la capacidad de la sociedad para captar una proporción mayor de agua, almacenarla de manera que mantenga su calidad y hacerla disponible en los volúmenes crecientes para uso social.

En todo caso, cualesquiera que sean las medidas que se tengan a la mano para el uso y rehabilitación de recursos y los medios disponibles para cuantificar estas medidas, todo ello debe estar acorde con los lineamientos de política que estén vigentes en el medio rural.

VI. LA ECONOMIA POLITICA DEL DESARROLLO RURAL

6.1. La lógica del desarrollo rural

El desarrollo rural (DR) jugó un papel central en la teoría y práctica del desarrollo en la década de 1970, cuando se introdujeron las variedades de alto rendimiento de granos alimenticios; sin embargo, esto ha probado ser insuficiente para reducir el problema persistente de la pobreza rural en los países del tercer mundo (Harris, 1982). Lo anterior fue particularmente cierto en la mayoría de los países de América Latina, después de que se detuvo el proceso de la reforma agraria, debido a: una oposición política creciente y al fracaso de querer incrementar la productividad de la tierra en el sector sujeto a dicha reforma (De Janvry, 1988).

Después de dos décadas, las experiencias sobre desarrollo rural en la región muestran resultados desalentadores. Aún cuando no existe una razón única que explique los resultados insatisfactorios, la mayoría de los proyectos de desarrollo rural han fallado en los propósitos de hacer reales los aspectos de repetitividad y sustentabilidad (de Janvry, 1988).

Para que puedan tener éxito las acciones de DR estas deben tener rentabilidad social, factibilidad individual **y ser** socialmente aceptadas; es decir: 1. **para que sean adoptadas las recomendaciones que promuevan el DR, éstas deben ser rentables a nivel de las unidades de producción involucradas y, 2. para que sean replicables y sustentables, las Inversiones públicas que se hagan deben ser rentables para la sociedad.**

Estos dos requerimientos de éxito han sido subestimados durante el período de acumulación de deuda y de gobiernos populistas, cuando la inversión pública ha estado basada principalmente en consideraciones políticas en lugar de la racionalidad económica. Como consecuencia, la forma de asignar fondos públicos, durante los años recientes, ha sido restringida severamente; período durante el cual se han establecido políticas astringentes de estabilización para encarar los efectos de un flujo negativo de capitales externos.

De esta manera ha habido una reducción drástica del gasto público, una liberalización de la economía, así como un abandono y privatización de muchos servicios, tradicionales y no tradicionales, proporcionados por el gobierno; de esta manera, el gasto público ha tenido que introducir una racionabilidad económica estricta a fin de establecer políticas de estabilización fuertes.

Dentro de este contexto macroeconómico el DR, como se concebía en el pasado, no puede jugar un papel importante en la práctica durante el proceso de desarrollo. Sin embargo, hay situaciones en las cuales, las acciones de DR pudieran ser adoptadas satisfactoriamente en el nuevo contexto macroeconómico; esto es, si pasaran la prueba de venta o mercado (que sean vendibles) generando una rentabilidad individual y social (de Janvry, 1988).

En primer lugar, la eliminación o relajamiento de las distorsiones directas o indirectas en los precios es una acción importante para asegurar la creación o reincorporación de actividades rentables en la agricultura.

Otras acciones pudieran ser la eliminación de tasas de cambio sobrevaluadas, descontinuar o reducir los impuestos de exportación, relajar las políticas de sustitución de importaciones y terminar con las políticas de crédito subsidiario, el cual asigna créditos en forma discriminatoria, pudiendo afectar positivamente los precios de los productos agrícolas intercambiables y los costos de producción (Lipton, 1977). Sin embargo, para que los agricultores y campesinos puedan beneficiarse con estas nuevas oportunidades y generar una agricultura rentable, deben eliminarse las restricciones que tengan para el acceso a nuevas opciones tecnológicas, acceso a los mercados y acceso a la información.

En otras palabras, deben eliminarse las restricciones que el sector rural tiene para tener acceso a los bienes e instituciones públicas. Parte de la tesis presentada en esta disertación es de que en una situación como la descrita, las condiciones necesarias para adoptar acciones de DR exitosas son que los costos para acceder a los bienes e instituciones públicas, sean cubiertos por las unidades familiares involucradas. Es decir, las acciones de DR pueden proporcionar servicios efectivos a los agricultores y campesinos, tales como crédito efectivo a tasas de mercado no descriminatorios, nuevas opciones tecnológicas que conduzcan a una productividad mayor y estable, así como acceso a la infraestructura productiva existente, a través de un financiamiento basado en un sistema de cuotas o tarifas pagadas por las unidades familiares involucradas.

6.2. La presencia de externalidades: la necesidad de una contabilidad social

En la situación particular donde las acciones de DR crean externalidades positivas, tales como enlaces con externalidades sociales y ecológicas o con proyectos desarrollados para internalizar externalidades negativas, el conjunto de actividades de DR que puedan pasar las pruebas de mercado (que sean vendibles) se pueden extender o ser suceptibles al extensionismo.

En muchos casos la rentabilidad de prácticas que no son rentables individualmente, pudieran viabilizarse a través de un esquema de impuestos y subsidios. La sustentabilidad y la repetitibidad se podrían alcanzar de esta manera, estableciendo un impuesto a aquellos que se benefician de las externalidades positivas generadas por la adopción de nuevas prácticas, siempre y cuando el subsidio necesario para hacer que estas prácticas sean rentables individualmente, sea igual o más pequeño, que el beneficio social sujeto a impuestos.

Si por otra parte se corrigen las situaciones en los precios, la necesidad de subsidio pudiera ser más pequeña (Lipton, 1977); si no es así los impuestos deben nivelarse, específicamente entre aquellos usuarios que se benefician con las distorsiones en los precios. Los aspectos importantes en el diseño de estrategias de DR que sean de mercado seguro (vendibles) lo constituye el papel que el gobierno juegue en las necesarias contabilidades que se deben poner en práctica, tanto social como privada.

Así mismo, se espera que las políticas de liberalización hagan posible un más amplio espectro de actividades de DR. Por otra parte, el gobierno debe jugar un papel central en la instrumentación de un esquema impositivo adecuado, así como en la creación de arreglos institucionales que aseguren los efectos positivos derivados de los subsidios que para el efecto sean diseñados.

En resumen: 1. Una contabilidad privada precisa es entonces un factor clave en la determinación de los subsidios mínimos necesarios para inducir a una unidad familiar o de producción a adoptar las recomendaciones dadas; 2.Una contabilidad social es clave para determinar el impuesto máximo que la sociedad estaría dispuesta a pagar para inducir la adopción de estas recomendaciones (de Janvry, 1988).

6.3. El Desarrollo Rural en Cuencas Hidrográficas

Al poner en práctica acciones de DR en cuencas o más aún, en zonas de ladera o montañosa, éstas tienen un efecto en los sitios mismos donde se realizan los trabajos y, así mismo, en las partes bajas que reciben también el efecto, positivo o negativo, de lo que se haga en la ladera o parte alta de una cuenca. Ambos niveles físicos desde luego registrarán efectos en el tiempo, de lo que se haga o deje de hacer, cuando se explotan las áreas de ladera.

El tratar de compensar efectos y mantener condiciones de trabajo y beneficio en un sitio, junto a los diferentes niveles físicos o geográficos, se pueden identificar como un efecto de equidad interespacial. El propugnar por equilibrar los efectos que en el tiempo se tengan, a los diferentes niveles físicos, para mantener condiciones de disponibilidad de recursos y potencialidad de

beneficios justos, se puede identificar como "equidad intergeneracional" o lo que puede denominarse sustentabilidad propiamente dicha. En este contexto nuevamente debe enfatizarse que los dos factores clave son la contabilidad privada, que permitirá determinar el subsidio mínimo necesario para inducir a las unidades productivas o familiares a adoptar las recomendaciones técnicas disponibles; y, por otra parte, la contabilidad social, como elemento clave para determinar el impuesto máximo que la sociedad pueda estar dispuesta a pagar para inducir la adopción de recomendaciones técnicas sustentables.

Es claro que en casos o zonas como los anotados, las acciones de DR crean externalidades, ya que la deforestación, la erosión del suelo y la sobre explotación de los aculferos son causados por prácticas agrícolas arbitrarias y no planeadas.

Respecto a la población, particularmente en las zonas de ladera, ésta se ha caracterizado por campesinos pobres que tienen fuertes limitaciones económicas y ecológicas, ya que han sido privados de oportunidades y obligados a trabajar tierras marginales, fuera de las áreas irrigadas, donde se desarrolla la agricultura comercial. Estos campesinos de ladera, bajo ciertas condiciones, practican agricultura de tipo perenne, como puede ser plantaciones de café o forestales intensivas y más aún, normalmente proporcionando mano de obra eventual en estas empresas agrícolas, o haciendo este tipo de agricultura en extensiones pequeñas, con fines estrictamente de autoconsumo.

Debido a la ubicación desfavorable de estos sitios y a la práctica común de sobrexplotación de los recursos bióticos, con la consecuente acción degradadora del suelo, principalmente debido a la erosión que estas prácticas producen, esta situación resulta normalmente en azolves y otro tipo de externalidades en la parte baja de la cuenca.

Se ha estimado que del 25 al 30% de la población rural más pobre en América Latina vive en laderas (Novoa y Posner, 1981). La erosión desde luego no es consecuencia de la agricultura realizada por los campesinos pobres; otras causas importantes son la deforestación realizada por las compañías madereras, el movimiento y transporte de trozas y madera, la construcción de caminos e infraestructura y las catástrofes naturales. Las familias de ladera están en mayor desventaja que otros campesinos pobres, pues éstas se encuentran aisladas de los mercados, de los centros de decisión y de las instituciones y bienes públicos.

Novoa y Posner (1981) han señalado que la investigación y la extensión agrícola se ha concentrado en la agricultura de los valles y las tierras bajas, subestimando o simplemente haciendo a un lado las zonas de ladera; en parte, bajo la creencia de que los campesinos en estas zonas desaparecerán eventualmente, ya sea por proyectos de colonización en las partes bajas o por el desarrollo industrial en las áreas urbanas.

La colonización tiene, ahora en México fuertes limitaciones, pues la reforma agraria prácticamente ha terminado en el país y, así mismo, las limitantes financieras son extremas. Por otra parte, el desarrollo industrial ha sido demasiado lento en el propósito de generar empleos que permitan absorber la mano de obra disponible en estas zonas.

La urbanización acelerada que se ha observado en el mundo en desarrollo, tendrá como consecuencia la emergencia de nuevos cinturones de miseria y el crecimiento acelerado del sector informal de la economía. Los proyectos de desarrollo también han contribuido a este dilema que genera externalidades sociales; de esta forma el reto es encontrar soluciones alternas *in situ* que permitan controlar, o al menos disminuir la pobreza rural en estas zonas de ladera, reduciendo consecuentemente las externalidades ecológicas y sociales que actualmente se observan.

En esos casos, el desarrollo rural no solo juega un papel central sino que plantea una buena oportunidad de realizar actividades que superen "la prueba de mercado" a la que se ha hecho referencia anteriormente, en términos de sustentabilidad y repetitibidad, mediante el establecimiento de alianzas políticas que hagan factible la vida en estos sitios y la supervivencia bajo el nuevo contexto macroeconómico.

Una experiencia que demuestra en parte lo anterior, es el trabajo realizado en La Fraylesca, Chiapas, (ver Anexo 2) lugar en el cual la aplicación de técnicas de manejo de recursos ha demostrado ser no sólo una posibilidad para conservar y rehabilitar los recursos naturales, sino que además constituye un camino para hacer viable el trabajo agrícola a nivel de unidad de producción.

VII. UNA VISION PROSPECTIVA GENERAL

El sector agrícola en México ha enfrentado serios problemas debido al abandono que ha sufrido por parte del gobierno, la falta de aplicación de tecnologías apropiadas y por el consecuente uso ineficiente de las tierras bajo riego y de las tierras de temporal. Esto ha ocasionado un aspecto sobresaliente de degradación de los recursos naturales, dentro de lo cual debe enfatizarse el caso de la desertificación.

En la XI Conferencia Latinoamericana y del Caribe sobre desertificación, celebrada recientemente en la ciudad de México, se reiteró que el mundo pierde cada vez más recursos naturales de enorme importancia para la vida en el planeta. Así, cada año la desertificación afecta a más de 3 mil 500 millones de hectáreas, las cuales dejan de ser útiles para la producción y de las que dependen millones de personas, especialmente en el sector rural. Pero igualmente se pierde la riqueza biológica, lo mismo en las tierras dedicadas a la agricultura y la ganadería que en las forestales.

Lo más grave de todo esto es que, si bien los cambios climáticos pueden, en un momento dado, contribuir a la degradación de la tierra y a la pérdida de la cubierta vegetal, son las actividades realizadas por el hombre las causas fundamentales de esta degradación. Por lo que toca a nuestro país, el proceso de desertificación afecta en diverso grado al 80% del territorio. Así, aunque se destinan recursos para detener dicho proceso, lo cierto es que son insuficientes, de tal forma que día con día aumentan los efectos de un uso inadecuado del suelo.

Tal como sucede en otras partes del mundo, en México las actividades más conocidas que afectan la cubierta vegetal son el incesante cultivo de una misma parcela, el sobrepastoreo, la deforestación y las prácticas de riego inadecuadas, todo lo cual ocasiona la pérdida de fertilidad de los suelos, lo cual impide el mantenimiento de la flora y la fauna, misma que hace virtualmente imposible efectuar las actividades productivas en el sector rural. En diversos foros internacionales se ha puesto de manifiesto que la desertificación es por lo general irreversible, por lo que resulta mucho más económico evitar la Pérdida que recuperar los suelos.

Existe también la tendencia mundial a destinar menos recursos a los pobres que viven del agro, lo que hace inevitable el uso constante de ciertos recursos naturales por parte de millones de personas necesitadas de medios de subsistencia, trayendo consigo una mayor pobreza, una menor calidad de vida y desajustes ambientales extremos.

Todo lo anterior resulta en una seria imposibilidad de obtener los alimentos que requiere una parte importante de la población, lo cual se refleja en más niveles de nutrición y hasta en hambrunas, como ocurre en Africa.

Precisamente, porque la desertificación afecta y se da en donde radican los más pobres, existe la creencia de que son ellos los responsables de tal deterioro. Sin embargo, se olvida que el uso inadecuado de zonas agrícolas y forestales se debe a políticas establecidas en los centros de decisión económica y política, que ignoran el verdadero desarrollo: el que exige la participación efectiva de quienes viven en el campo, en vez de las imposiciones de una tecnoburocracia que sintoniza otra realidad; es decir, el uso de

tecnologías que, en aras de logros macro, alientan el uso excesivo de agroquímicos, sobrexplotación de acuíferos, ampliación de la frontera agrícola, entre otras, así como la desocupación, tanto en el medio rural como en el sector urbano e industrial.

A lo anterior se agrega una nula o escasa asesoría técnica, apoyos crediticios insuficientes, procesos de comercialización que imponen cultivos y controlan la venta de cosechas, todo lo cual refleja en forma fehaciente, la falta de medidas gubernamentales hacia los menos favorecidos.

Cabe citar esfuerzos positivos en pro de la conservación de los suelos: en Oaxaca, varias instituciones de investigación, grupos vinculados con la ecología, algunas dependencias oficiales y comunidades campesinas comparten ideas y proyectos con el fin de contrarrestar la erosión, y esto en una entidad donde la pobreza es extrema y se expresa en escasez de alimentos.

Seguramente en otras partes del país hay iniciativas semejantes, pero van muy a la zaga del proceso de depredación que revelan las cifras oficiales.

Aún cuando se afirma que los recursos de todo tipo, utilizados para combatir la desertificación, no han disminuido en México pese a la crisis, se requieren en mayor proporción y bien aplicados, en lugar de que se inviertan en obras que en ocasiones además de costosas resultan poco útiles.

Es ahora entonces el tiempo de alentar una organización en el campo que involucre a los sectores oficial y privado, a las instituciones científicas y a las comunidades rurales. Pues esto sería, a fin de cuentas, la base ineludible para un auténtico desarrollo sustentable.

Los medios de información le prestan poca atención a la desertificación, pues la reunión sobre el tema, recientemente celebrada, pasó inadvertida en los periódicos, mientras la televisión la ignoró. Se olvida, una vez más que, los desajustes en el sector rural, tarde que temprano se dejan sentir en las ciudades e inciden en la producción de alimentos y materias primas que requiere la industria. Para todos es sabido que la migración campesina hacia Estados Unidos se debe entre otras cosas, a la falta de medios para ocuparse, en sus lugares de origen, donde el "agotamiento" de la tierra es una realidad.

Cada sexenio se anuncian medidas para evitar la desertificación, reducir la deforestación de bosques y selvas, y rehabilitar áreas con la plantación de millones de árboles. Pero también cada administración ofrece cifras que muestran como, en vez de avanzar, retrocedemos y cada año nuestros recursos naturales son menores y la pobreza rural más grave.

Bajo la situación actual del país, es difícil incorporar nuevas tierras al riego y para el cultivo de temporal prácticamente se ha agotado la frontera agrícola. A esto hay que agregar la creciente preocupación con respecto al crecimiento demográfico actual del país.

La visión estimada para el año 2020 es de un incremento en demanda de un 75% de granos alimenticios y 155% en productos de origen animal (IFPRI, 1995), lo anterior como resultado del crecimiento de la población, incremento en el ingreso y cambios en los hábitos alimenticios. No se cuenta con una estimación razonable del incremento de demanda en productos de origen forestal por las mismas razones.

La agricultura, nacional, ha ido perdiendo importancia relativa en la economía, tanto por su menor contribución al PIB, así como a una descapitalización y una consecuente disminución del empleo rural. La ampliación de la frontera agrícola ha resultado en una acción depredadora de los recursos naturales y responsable, en parte, de la contaminación del medio ambiente.

Por todo lo anterior, es necesario poner en práctica acciones que reactiven el papel que juega la agricultura en la economía mexicana; no solamente como se ha insistido, en la compactación de tierras debido a las modificaciones del Artículo 27 constitucional (1992), sino principalmente en la compactación de servicios de apoyo al campo, todo lo cual está dirigido a enfatizar la importancia del complejo agroindustrial y agroalimentario, así como su capacidad potencial de producción con un alto valor agregado.

En síntesis: la agricultura juega un papel muy importante en la economía, por contribuir a combatir la hambruna en los sectores con mayor pobreza, tanto urbana como rural, ya sea por mayor productividad o por generación de empleo en el campo, fortaleciendo las cadenas de transformación, agregando ahora la necesaria conciliación que debe existir con el manejo adecuado de los recursos naturales y el cuidado del medio ambiente.

Lo anterior hace pensar en un plan de trabajo en el agro que integre, todos los aspectos en la cadena productiva, desde la investigación, a la adaptación, la transferencia, la adopción de tecnología, la producción, la transformación y la comercializaci6n, encuadrado todo este proceso dentro del concepto de desarrollo sustentable, esto apoyado en el concepto de sistemas que esta basado en el proceso cibernético que no es otra cosa mas que la retroalimentación de un determinado sistema de producción.

VIII. PROPUESTA DE ENFOQUE

El desarrollo teórico-metodológico que se propone en la presente disertación, está basado principalmente en los conceptos de sistemas, modelos y procesos de simulación, lo cual permitió validar las diferentes propuestas sobre la tesis principal, de evaluar la Agricultura Sustentable.

Para iniciar la argumentación al respecto, se revisarán algunos conceptos relativos al enfoque del trabajo.

Desde el punto de vista del Proceso Cibernético la regulación automática, se plantea como, el proceso basado en la teoría de la regulación. El concepto fundamental de la ciencia del control y la regulación es la **Retroalimentación.** La retroalimentación la podemos considerar dentro de un determinado **Sistema, S,** que puede ser una máquina de vapor, una turbina, o un patrón de cultivos agrícolas, en el cual influyen ciertas acciones tales como: el caudal del vapor, el aumento en la velocidad del movimiento rotativo de la máquina o las especies vegetales utilizadas.

Supongamos que el efecto influye en un instrumento que se conoce como **Regulador, R, (sistema regulador)** que a su vez influye en el sistema **S** considerado; así, se establece una relación entre el funcionamiento del - regulador R y el sistema regulado S; cabe mencionar que sobre cada uno de estos sistemas influyen causas exteriores, mediante determinadas entradas y sobre las cuales el sistema reacciona de alguna manera.

Por lo tanto, el análisis que se plantea en el presente trabajo incorpora fundamentalmente el enfoque de sistemas que esta basado en el proceso cibernético, es decir la consideración integral u holística de los diferentes componentes de un sistema activándose simultáneamente. El enfoque de sistemas es considerado como un complemento o incluso como una alternativa al método científico convencional de Hipótesis Deducción (HD). Este enfoque pretende examinar el todo, en lugar de analizar los componentes de un sistema en forma aislada. En este contexto es entonces posible explorar las interacciones e interrelaciones entre componentes del sistema, mismas que determinan la conducta dinámica, es decir, la consideración de la variable tiempo, de un sistema.

Los sistemas son jerárquicos, es decir existen sistemas dentro de sistemas; sin embargo, las relaciones específicas que se utilizan para construir modelos que representen un sistema, típicamente se derivan de trabajos de experimentación controlada en sistemas manejables. Mediante el enfoque de sistemas se pueden obtener conocimientos en por lo menos tres vertientes:

i) Ciclo empírico - mental, el cual involucra la búsqueda de un patrón de conducta o desarrollo, con la posibilidad de hacer predicciones y verificaciones, mediante la observación de lo que ocurre en la vida real, para validar estas predicciones.

ii) Ciclo empírico - práctico, el cual nos conduce al "ciclo inductivo" y a la confirmación preliminar de una hipótesis, mediante una prueba formalmente realizada a través de experimentación controlada en el mundo real, y una aplicación formal del método científico convencional (HD). Los conocimientos

que se deriven de este proceso, dependen del establecimiento de interrogantes criticas y no triviales, planteadas a través de experimentos debidamente controlados.

iii) Ciclo empírico - teórico, obligado cuando las interacciones entre componentes de un sistema son particularmente importantes. En este ciclo desafortunadamente la respuesta del sistema se produce en un tiempo prolongado; además, las experiencias son costosas o imponen interrogantes de tipo ético. Este es por cierto el ciclo que aplica al estudio de la sustentabilidad, pues, responde a la exigencia de considerar un encuadre más realista por lo que su adopción se percibe en el corto plazo.

Es así, que esta última vertiente es la utilizada en el análisis del presente trabajo, en donde además, bajo el enfoque de sistemas la mecánica es sujetarse a la definición y uso de modelos. Los modelos son representaciones simbólicas o matemáticas que pueden complementar de manera importante los modelos "analógicos" tales como mapas, íconos e imágenes de satélite o satelares. Esta metodología sirve principalmente para apoyar el proceso de toma de decisiones y se está utilizando crecientemente en el estudio y manejo de los recursos naturales.

Dentro de la concepción de modelaje que está tomando una importancia creciente, los principales modelos que se utilizan son:

i) Los sistemas expertos. Los cuales están basados en una base de conocimientos organizada, manejados mediante las reglas de "si-entonces", así como en el proceso de inferencia tradicional. El uso más conocido hasta ahora

de estos sistemas expertos es en el diagnóstico, por ejemplo, de enfermedades de las plantas o humanos, en la reparación de maquinaria o equipo y en las claves taxonómicas utilizadas para la clasificación de organismos vivos; sin embargo, este tipo de modelos están tomando particular preponderancia en el área de las finanzas y en la de recursos naturales.

ii) **Procesos de optimización.** Incluye la programación lineal y dinámica, que constituye una de las principales herramientas en la investigación de apariencias aplicadas tanto en negocios como actualmente, en el manejo de recursos naturales. Esta técnica está basada, como es bién conocido, en la utilización de funciones objetivo, tales como la maximización de las ganancias en una empresa o minimización de distancias a ser recorridas, etc. y su solución está sujeta a una variedad de restricciones. Las aplicaciones que actualmente se están dando en el manejo de pastizales, incluyen la maximización de la productividad, de una comunidad de especies múltiples hervíboras, sujetas a un balance o uso sustentable de los recursos forrajeros o de los pastizales disponibles.

iii) **Modelos analíticos.** Este enfoque, un tanto sofisticado, utiliza a menudo métodos matemáticos avanzados para caracterizar un sistema. Se usa por ejemplo, para calcular la población esperada en el tiempo t, (N_t), a partir de una población inicial, (N_t), y una determinada tasa de crecimiento, (r), durante un período de tiempo (t), bajo el supuesto de un crecimiento exponencial. De esta manera la ecuación que se construye es $N_t = N_t e^{rt}$.

Los modelos analíticos tienen una aplicación interesante en la caracterización de la estabilidad de un sistema de pastoreo o algo muy semejante a lo que se observa en la teoría del caos. Debe aclararse, sin embargo, que existe un problema con estos modelos analíticos, con respecto a su incapacidad para manejar sistemas caracterizados por muchas variables. En estos modelos se utilizan métodos numéricos que son aproximados y de estos modelos numéricos de simulación existen de dos tipos: discretos o continuos.

iii.1) Los modelos de simulación discretos. Están orientados a tratar de describir un evento relativamente específico, como por ejemplo la representación de tiempos de procesamiento en una línea de producción, eficiencia en el uso de aeropuertos, líneas de espera en los supermercados o en una planta ensambladora, etc. Estos métodos rara vez se han aplicado en el manejo de pastizales, la descripción de la vida silvestre o en el manejo de los recursos naturales.

iii.2) Los modelos de simulación continuos. Se utilizan principalmente para el análisis de variables a través del tiempo.

Aún cuando existen modelos híbridos que incorporan tanto eventos discretos como procesos continuos, la diferencia básica entre los distintos enfoques es que, la variable dependiente y la variable independiente de los modelos, pueden asimismo ser determinísticas o estocásticas.

Los procesos estocásticos son aquellos en los cuales, el elemento aleatorio se incorpora al fenómeno, mediante el ajuste de una distribución de probabilidad. Aún cuando los procesos estocásticos tales como la cantidad de lluvia,

BIBLIOTECA CENTRAL U. A. CH.

rendimientos de cultivos, cantidad de nutrientes, etc; deben ser utilizados en el propósito de tener una representación más realista de los sistemas; el problema es que estos modelos estocásticos tienen que probarse mediante corridas sucesivas para generar una distribución de resultados, asunto que utiliza procedimientos de simulación como Montecarlo o más recientemente el procedimiento llamado Hipercubo Latino,

Así, se esta proponiendo en esta investigación la construcción de modelos y el uso de técnicas de simulación que permitan observar empíricamente situaciones como la descrita líneas arriba.

IX. CONSTRUCCION DE MODELOS

Los modelos se pueden construir en forma iterativa atendiendo a los siguientes pasos:

i) Establecimiento del problema. Como ocurre en la ciencia convencional, el proceso de resolver un problema depende del establecimiento de buenas interrogantes dentro de la situación que se está estudiando. Un plan para representar la naturaleza y con ello plantear interrogantes complicadas de manejo, normalmente no tiene éxito. Es decir, el modelo debe ser un medio para resolver el problema y no un fin en sí mismo.

ii) Caracterización del problema. El siguiente paso en la construcción de un modelo es definir las principales variables que intervienen en el fenómeno a través del tiempo. Esta etapa ayuda a delinear el sistema y, asimismo, permite identificar los principales elementos o variables de entrada y las variables de respuesta o salida que se esperan, así como sus interacciones.

iii) Alcance y resolución de un problema. Esta etapa es la siguiente que se considera en el proceso de construcción de modelos, y se refiere a la determinación de las variables relevantes que enlazan o ligan las entradas con las salidas del modelo, es decir, los insumos y los productos. Asimismo, resulta de interés en esta etapa determinar el período de tiempo a considerar, es decir, los intervalos básicos que se van a tomar en cuenta en la utilización del modelo.

iv) Diagrama de flujo. En esta etapa las variables son clasificadas según niveles, tasas de cambio y factores, apoyándose para esto en un diagrama, utilizando simbología estándar, que precise las interrelaciones. En la programación moderna orientada a objetos, herramientas tales como la diagramación Stella, determina o permite determinar las relaciones básicas matemáticas con base en las cuales deben establecerse definiciones cuantitativas.

v) Definición matemática. Una vez que las relaciones en el sistema han sido definidas y se han podido determinar las ecuaciones básicas, se tiene que proporcionar los coeficientes técnicos que permitan estimar los enlaces cuantitativos entre variables, factores y tasas de cambio.

vi) Validación. El siguiente paso del proceso es comparar las salidas del modelo con lo que se conoce de la vida real o la información publicada que se tenga a mano. Esta verificación o validación a través de datos reales involucro la posible determinación de errores en la programación, lo que de hecho constituye la verificación en sí misma y permite determinar las relaciones que son inadecuadas o los conceptos básicos que deben ser revisados o corroborados. El término validación está dejando de ser utilizado en lo que concierne a la prueba de modelos, porque en realidad un modelo no es válido o inválido sino que un modelo es útil o no útil.

vii) Iteración. Finalmente, usando el ciclo descrito anteriormente, el modelo puede mejorarse en forma sucesiva a través de iteraciones recurrentes realizadas en general, valiéndose de una computadora.

A fin de poner en práctica la construcción de modelos, en el siguiente capitulo se procederá al análisis de la sustentabilidad bajo este enfoque, que es el tema de interés de la presente investigación.

X. ANALISIS DE LA SUSTENTABILIDAD

1. Conceptos Básicos

El concepto de sustentabilidad exige que a la diversidad agroecológica se agregue la consideración de la diversidad socioeconómica, es decir: campesinos, agricultores pobres y productores prósperos.

Con esta nueva concepción, se puede ahora decir que cuatro son las características que pueden cuantificarse para analizar el comportamiento de la agricultura y de los agroecosistemas.

La **Productividad** agrícola, que inicialmente fue el parámetro más estudiado y objetivo principal del trabajo técnico, como se menciona en el análisis de la productividad total.

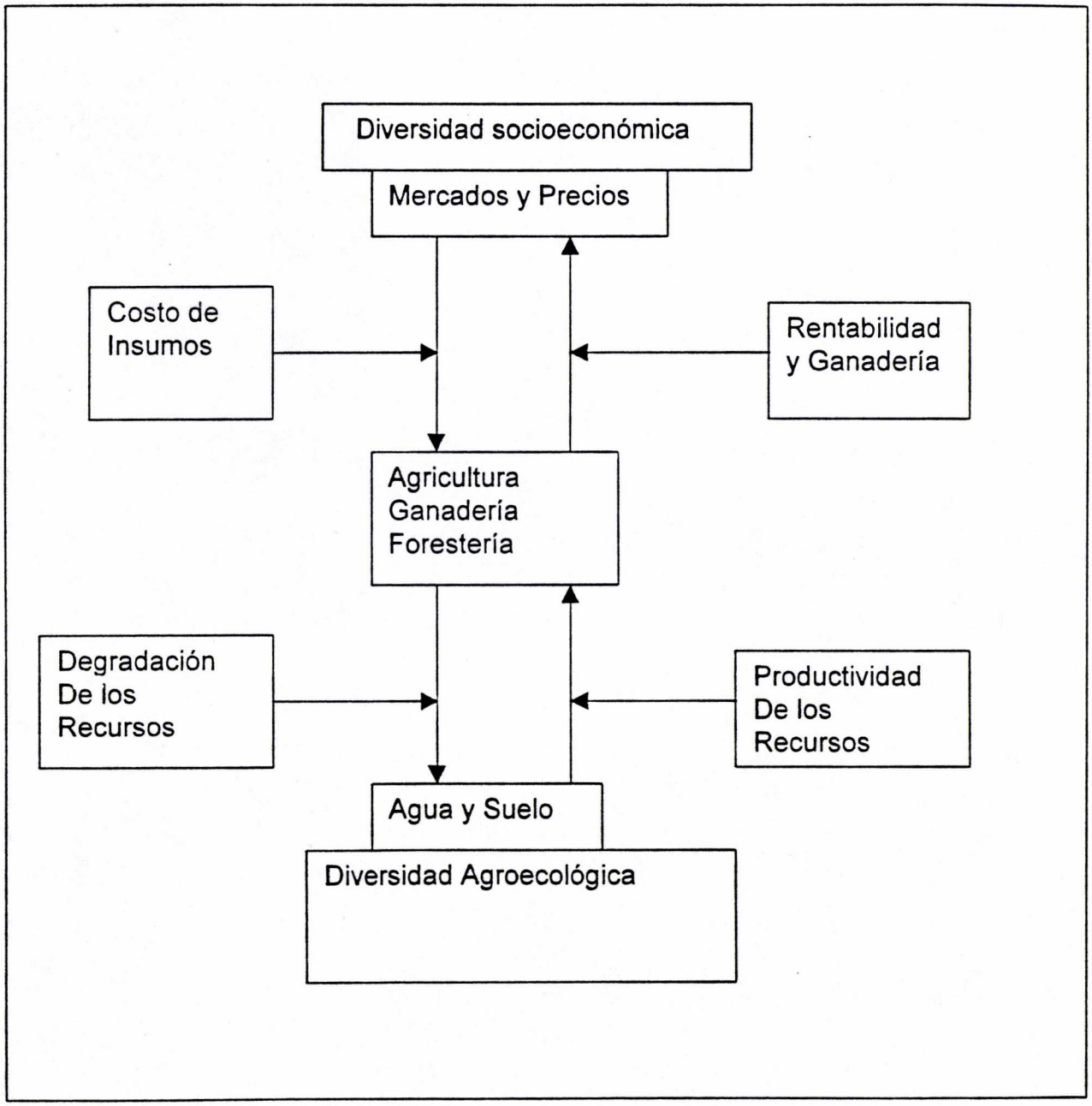
La **Estabilidad,** complemento del parámetro anterior, considerado como el nivel en el cual la productividad es constante, a pesar de pequeños disturbios causados por los cambios de clima y otras variables ambientales.

La **Equidad,** atributo que en los últimos años centralizó el interés de muchos investigadores, y que se puede medir a través de varios parámetros como: rentabilidad o ganancia, tamaño o número de unidades de producción, tipo de productores o población rural, este concepto es más usado en términos económicos como la distribución del ingreso.

La **Sustentabilidad,** que recientemente adquiere particular relevancia, la cual es definida, entre otras formas, como la capacidad de mantener la productividad en respuesta a perturbaciones o estrés de diverso tipo, agregando recientemente que, lo anterior, debe mantenerse considerando equilibrio en ausencia de entradas y salidas adicionales de materia y energía.

Los principales componentes de un sistema de uso sustentable de la tierra que sea económicamente viable en el corto plazo, puede ilustrarse en la figura 1 que se muestra a continuación.

Figura 1. Principales componentes en un uso sustentable de la tierra.



*Modificado de R.Hart y M.Sands, 1 990.

10.2. Sustentabilidad e Impacto Ambiental

En toda la discusión que se ha venido dando durante los últimos años en torno al concepto de sustentabilidad, un aspecto que debe ser desarrollado con mayor detalle, es el relacionado con la necesaria diferenciación que debe existir entre los problemas de impacto ambiental de las actividades agrícolas y la sustentabilidad de los sistemas de producción. Son dimensiones inseparables pero distintas.

Por ejemplo, el cultivo de camarones, la floricultura de exportación y la horticultura intensiva, que pueden ser altamente rentables, tienen una sustentabilidad muy relativa, pues el daño ambiental que causan por contaminación del agua, suelo y salud humana, generalmente es muy elevado y esté no es incorporado a los costos de producción.

Es decir, los responsables de los daños ambientales, considerados en la práctica como externalidades, no están obligados a repararlos; si lo fueran, posiblemente sus actividades se tomarían inviables. En otras palabras, la incorporación de estos daños a la ecuación beneficio/costo, a nivel de actividad, exige una definición precisa de política ambiental que por lo general está ausente de las políticas agrícolas y económicas.

Existe, por otro lado, el peligro de transferir el costo ambiental, para generar una sustentabilidad relativa, como ocurre en el caso de los países que importan productos frutícolas. En este caso los productos no son aceptados por los países importadores, si no se empacan en envases reciclables; de esta manera, los países exportadores de frutas tienen que asumir un problema

ambiental del país importador y responder a una demanda de madera que puede amenazar sus bosques nativos.

En términos teóricos, por lo tanto, no se debe confundir, la sustentabilidad con el impacto ambiental. Toda actividad agrícola, sea sustentable o no, presenta un impácto ambiental. El problema reside en cuantificar la producción y ver en qué medida este costo excede los costos de producción, incluidos los ambientales.

El impacto ambiental entonces es una de las dimensiones de la sustentabilidad ya que es imposible una agricultura sin impactos ambientales. Por lo tanto, una adecuada política que dimensione esta cuestión tiene que analizar, inclusive, el gasto de recomposición del sistema, cuando esto sea necesario.

En ciertos casos, la situación de costos y beneficios se agrava, por que el valor de la producción es inferior al valor de los recursos naturales consumidos en el proceso de transformación.

Podría de esta manera inclusive aventurarse la aseveración de que una baja sustentabilidad es el resultado, no de una agricultura tradicional que agotó sus recursos, sino la consecuencia de un proceso de modernización agrícola mal conducido y autoritario.

10.3.Sustentabilidad y recursos naturales

Los recursos naturales son más que materia prima para la actividad agrícola; en realidad estos interactúan no sólo entre ellos sino también con las prácticas

agrícolas, a nivel de unidad de producción, de zona agroecológica y de ecoregiones. Es por lo tanto imposible analizar todas las dimensiones de la sustentabilidad, con base a regiones geográficas, recursos naturales, o de disciplinas como la edafología o la hidrología, únicamente.

Para algunos estudiosos, la sustentabilidad es simplemente una cuestión de gestión mejorada de los impactos ambientales derivados de las actividades agrícolas. Para otros, se trata de un nuevo planteamiento para la conservación de los recursos naturales. Sin embargo, esto va mucho más allá de una política aislada de conservación de recursos naturales. Por ejemplo, hace más de 50 años que se consagran esfuerzos a la cuestión de la conservación de suelos; en las agricultoras tradicionales, los resultados al respecto son prácticamente nulos.

Confundir por lo tanto la sustentabilidad agrícola con la sustentabilidad de los recursos naturales o, peor aún, con su conservación, es reducir el problema a una dimensión en la cual los instrumentos tradicionales de investigación y transferencia de tecnología han fracasado.

10.4. Sustentabilidad y escalas espacio-temporales

El problema de la sustentabilidad como es bien conocido, puede observarse en varias escalas: global, regional, unidad de producción y rubro productivo.

Al nivel de rubro es evidentemente necesario analizar el aspecto de sustentabilidad, pero puede ser insuficiente, ya que los problemas de sustentabilidad no tienen un componente exclusivamente tecnológico. Por

ejemplo, en este nivel están muchos de los esfuerzos de la investigación forestal y agropecuaria tradicional que busca reducir el uso de pesticidas y preservar la fertilidad de los suelos, desarrollando técnicas de control, tales como manejo integrado de plagas, malezas y labranza mínima.

Proyectos como los mencionados incorporan actualmente la retórica de la sustentabilidad o sostenibilidad, pero en realidad sólo se trata de diferentes formas de reducir costos, mediante el ahorro de pesticidas, abonos o energía mecánica en el trabajo del suelo.

La investigación agrícola, sin embargo, ha propuesto sistemas de producción altamente sustentables a nivel de unidad de producción; es decir, unidades donde se tiene: poco impacto ambiental, bajo consumo de recursos naturales, excedente significativo de producción y buena productividad.

Aun así, cuando estos sistemas se generalizan a nivel de una cuenca hidrográfica o de una región, pueden convertirse en una tragedia, provocando agotamiento de acuíferos, generalización de procesos erosivos, caída de precios por exceso de oferta, incremento de plagas y enfermedades. Se trata, por lo tanto, de sistemas eficientes a pequeña escala, pero irreproducibles en una escala más amplia.

Es entonces en este nivel de jerarquía, el regional, que es necesario desarrollar metodologías que permitan integrar y analizar una gran variedad de datos agroecológicos y socioeconómicos, georeferenciados e interrelacionados, para evaluar la sustentabilidad de un conjunto de unidades de producción a través de parámetros idealmente relacionados matemáticamente.

10.5. Sustentabilidad y tecnología agrícola.

Varias de las iniciativas de los nuevos programas planteados en la agricultura, buscan en última instancia soluciones a los problemas de sustentabilidad mediante la aplicación de nuevas tecnologías a ser incorporadas en los sistemas de producción.

Para contrastar se puede caracterizar las tecnologías de la revolución verde, que llevaron a algún grado de modernización la agricultura y las tecnologías sustentables o sostenibles en desarrollo:

	Tecnologías de la Revolución Verde		**Tecnologías Sostenibles**
a.	Pueden ser utilizadas por un agricultor aislado.	a.	No pueden ser adoptadas por agricultores aislados, o Implican valles, cuencas, comunidades.
b.	Producidas por el sector industrial - urbano con interés en su consumo	b.	No son producidas por el sector industrial - urbano quien no tiene interés en su uso y consumo
c.	No exigen especialización de los agricultores en cuanto a su uso	c.	Exigen gran participación interactiva de los agricultores en su aplicación.
d.	Se encuentran fácilmente en el mercado	d.	No se trata de mercancías sino de cambios en sistemas de gestión y utilización planeada del espacio rural.

	Tecnologías de la Revolución Verde		Tecnologías Sostenibles
e.	Con un mínimo de adaptación tienen eficiencia real, independiente del tamaño de las UPR o área de aplicación y de la situación ambiental	e.	Para alcanzar una eficiencia real deben ser adaptadas en una región o cuenca hidrográfica y dependen de la situación ambiental
f.	Producen resultados en el corto plazo	f.	No garantizan resultados a corto plazo y exigen cambios importantes en los sistemas de producción y en el uso de la tierra.
g.	Se acompañan de fuertes programas de crédito, fomento, subsidios y de extensión agrícola	g.	A pesar del discurso generalizado del desarrollo sostenible o sustentable, no se tienen programas de crédito, fomento, subsidios ni extensión agrícola

	Tecnologías de la Revolución Verde		Tecnologías Sostenibles
h.	Van al encuentro de problemas socioeconómicos urgentes	h.	Existe una limitada credibilidad de que este nuevo enfoque venga al encuentro de problemas socioeconómicos urgentes
i.	Son objeto de importantes políticas globales y sectoriales	i.	La retórica especializada insiste en las prácticas sostenibles, pero en el corto plazo no se ve que estas alternativas puedan ser objeto de políticas globales o sectoriales.

De alguna forma se puede decir que ninguna de las anteriores características, salvo por excepción, se aplica actualmente en la búsqueda de soluciones para aumentar la sustentabilidad de los sistemas agrícolas.

Las soluciones que ahora se requieren implican, en general, aspectos cualitativos complejos, una concertación difícil entre muchos protagonistas, principalmente los agricultores, y exige profundos cambios en la planificación, uso y manejo del suelo y de los recursos naturales.

10.6. Evaluación de la sustentabilidad

Debe reconocerse entonces que la evaluación de actividades o proyectos que hacen uso de capital natural, combina los conceptos de factibilidad económica, aceptabilidad social y sustentabilidad ecológica. De aquí que se puede proponer una unidad de medida para cada concepto como sigue:

La factibilidad económica se mide por el cambio en el ingreso para las generaciones sucesivas en las unidades de producción o unidades familiares sujetas a una actividad, dentro de una región, cuenca o proyecto.

La aceptabilidad social se mide por el promedio de ingreso anual que se deriva de una actividad o un proyecto, ejecutado por la generación presente en un conjunto de unidades de producción o unidades familiares.

La sustentabilidad ecológica se mide por el impuesto o subsidio que se produce como resultado de la diferencia entre el ingreso a través del tiempo y el promedio de ingreso anual, para la generación actual de unidades de producción o unidades familiares, sujetas a una actividad, dentro de una región, cuenca o un proyecto.

10.7. Dimensiones de la evaluación

La evaluación de proyectos que hacen uso de capital natural se mide, por lo tanto, en tres dimensiones que requieren de ejercicios de contabilidad separados.

La evaluación económica y financiera se puede medir por el valor presente neto **(VPN),** del flujo de beneficios y costos; y por la tasa interna de retorno (TIR), a precios de mercado. La evaluación financiera consiste en verificar la habilidad de las agencias prestatarias para recuperar el préstamo.

La evaluación de impacto ambiental se puede medir por las externalidades creadas por una actividad o un proyecto, como por ejemplo los efectos sobre una población que no es el objetivo, o los efectos de esa actividad o proyecto en otras regiones, así como por la internalización de estas extemalidades.

La evaluación del desarrollo sustentable se mide por el grado de equidad intergeneracional, generada por la incidencia de beneficios derivados de una actividad o un proyecto. Dado que bajo esta consideración, la restricción de sustentabilidad es un asunto de ética y no de eficiencia, como es el caso de las dos evaluaciones anteriores, la creación de condiciones para aceptar esta restricción, es un tema clave para su instrumentación.

10.8. Operatividad de la sustentabilidad

Se distinguen tres enfoques para instrumentar el concepto de sustentabílidad.

El primero es a través de la ética del bienestar intergeneracional, donde un altruismo desinteresado, a través de las generaciones, implicaría un comportamiento de la generación presente que se podría interpretar como una tasa de descuento cero, es decir, la no existencia de sustitución del bienestar de las generaciones sucesivas.

El segundo enfoque es el plantear un fondo intergeneracional, donde las transferencias a través de impuestos, capitalización del fondo y el establecimiento de subsidios pueden, compensar a las generaciones futuras por el desgaste del capital natural que haga la generación actual, y de esta manera asegurar un flujo constante de bienestar.

Finalmente, el tercer enfoque considera reservas de capital no declinantes, donde estas reservas incluyan: capital natural, capital creado por el hombre y capital humano.

10.9. Temporalidad de la sustentabilidad

El criterio de sustentabilidad en la evaluación de actividades o proyectos, incorpora la variable tiempo, es decir hace el criterio dinámico, la cual se conceptualiza de maneras diferentes. El tiempo es considerado como un continuo, es decir, no existen discontinuidades entre la generación actual que está tomando decisiones y la generación siguiente, que en su momento también tomará decisiones.

En contraste, el tiempo se puede considerar en bloques de 20 a 25 años que corresponden a generaciones superpuestas. Este segundo enfoque introduce la arbitrariedad de tener que definir el lapso entre generaciones; sin embargo, tiene la ventaja de considerar que la presente generación hace un manejo del capital natural disponible, libre de la restricción de sustentabilidad, dentro de su propio bloque de tiempo, pero sujeto a la condición de que la magnitud de recursos que sean entregados al final de la presente generación es la misma o de mayor magnitud que la disponible actualmente.

En este contexto, el problema de la sustentabilidad se origina en el hecho de que la generación presente de decisores deriva una renta económica por el uso del capital natural, y de que esta renta se va disminuyendo a través del tiempo por el uso que esta generación hace de este capital natural.

El modelo desarrollado en el presente trabajo, incorpora la variable tiempo como un continuo entre generaciones. La razón de esta selección es que el desarrollo matemático, en esta etapa de la investigación, es más sencillo; particularmente cuando, como una extensión de la función exponencial utilizada, se incorpora una función normal truncada.

Es decir, el modelo matemático utilizado en el presente trabajo esta basado en una función exponencial que incorpora parámetros con una interpretación específica.

XI. MODELO MATEMATICO

El análisis de la equidad del recurso natural intergeneracional requiere de una propuesta metodológica, basada en principio en algún modelo. A continuación se sintetiza un desarrollo matemático que ha sido utilizado para este análisis . (De Jánvry, A. *et al.* 1993).

El criterio de sustentabilidad en el tiempo continuo como ya se indicó, simplifica el análisis. En tiempo continuo, el concepto de sustentabilidad implica que el flujo de servicios derivados del uso del capital natural debe ser constante, año tras año, con un horizonte de tiempo infinito en el cual, este flujo, de servicios, se obtiene a un precio constante, si este precio existe.

La cantidad de servicios y el precio constante, aseguran la equidad intergeneracional, es decir, la sustentabilidad.

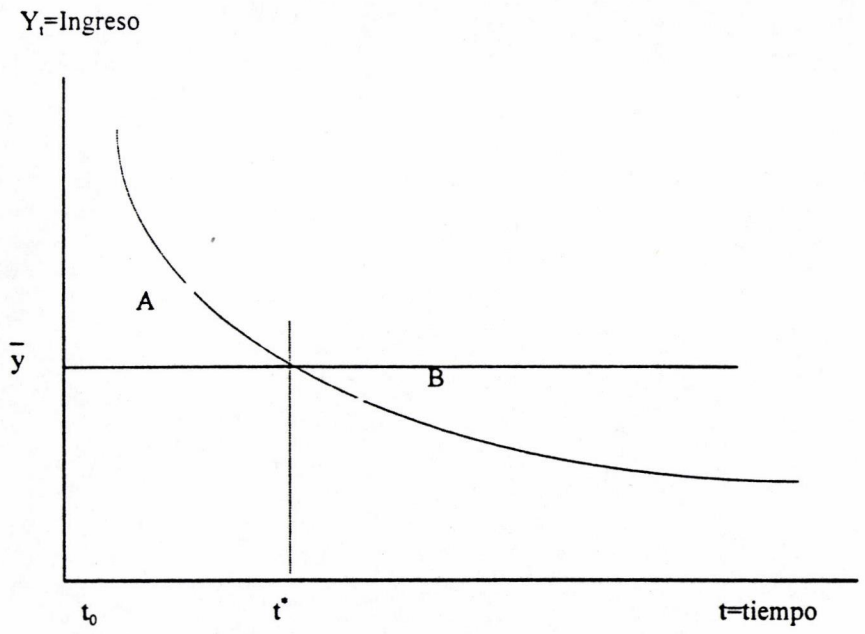
Si no hay un precio involucrado en el proceso, la sustentabilidad requeriría un rendimiento constante o un nivel constante de ingresos derivado de las actividades agrícolas que se realicen.

En este contexto, el problema de la sustentabilidad se origina en el hecho de que la generación presente de decisores deriva una renta económica por el uso del capital natural, y de que esta renta se va disminuyendo a través del tiempo, por uso que esta generación hace del capital natural.

A fin de describir el modelo continuo gráficamente, consideraremos un juego de coordenadas rectangulares en donde el ingreso neto derivado por el uso de la tierra está en el eje de las ordenadas y la variable tiempo en el eje de las abscisas (fig. 2).

La curva que se genera es decreciente, lo cual indica que el ingreso derivado de una parcela de tierra, disminuye a través del tiempo, entre otras cosas, debido a la reducción de los recursos disponibles, agotamiento que ocurre gradualmente. En este contexto se puede pensar en substitutos a la tierra como fuentes de ingreso, en particular, cuentas de ahorro que generan intereses.

Fig. 2. Ingreso derivado del uso de la tierra.



El valor presente del flujo de intereses anuales Y_t, analizado desde t_o, a una tasa de descuento r, es igual al VPN(Y_t), es decir, el Valor Presente Neto de los ingresos en el tiempo t.

Para cualquier VPN (Y_t), siempre existe un ingreso constante anual que se puede representar por $\bar{y}$ tal que: $\bar{y}$ = rVPN (Y_t); que es el ingreso sustentable o ingreso mínimo anual, lo cual indica que el VPN del ingreso constante $\bar{y}$ es:

VPN ($\bar{y}$) = $\int_0^\infty \bar{y}e^{-rt}dt = \frac{\bar{y}}{r}$; suponiendo que la función matemática que se ajusta, es una exponencial, misma que depende desde luego de la tasa de descuento, a través del tiempo, para actualizar el valor del dinero.

Para lograr este ingreso, los usuarios, por ejemplo, con infraestructura a su servicio en la parte alta de la cuenca, deberán pagar un impuesto o ahorrar en una magnitud igual a (Y_t - $\bar{y}$), antes de llegar al tiempo t^*, que es el punto de cruce de la curva de ingreso, con el ingreso constante anual ($\bar{y}$).

En la misma forma los usuarios deben recibir un subsidio o utilizar sus ahorros en una magnitud ($\bar{y}$ - Y_t), cuando el ingreso está por debajo del ingreso constante anual ($\bar{y}$).

Con una tasa de descuento r, el supuesto es que la sustentabilidad se alcanza cuando VPN(A) = VPN(B). Es decir, cuando el pago de tarifas o impuestos por el uso de recursos se iguale con los ingresos o subsidios a pagar por la rehabilitación de los mismos.

Así:

$$VPN(Y_t) - VPN(\bar{y}) = \int_0^{\infty} Y_t e^{-rt}\,dt - \int_0^{\infty} \bar{y} e^{-rt}\,dt$$

$$= \int_0^{\infty} (Y_t - \bar{y}) e^{-rt}\,dt\,;$$

lo cual debe ser cero en t^*, si VPN(A) = VPN(B), o sea cuando $Y_t = \bar{y}$, y por tanto:

$$VPN\,(A) = \int_0^{t^*} (Y_t - \bar{y}) e^{-rt}\,dt = \int_{t^*}^{\infty} (\bar{y} - Y_t) e^{-rt}\,dt = VPN\,(B).$$

Para lograr el ingreso sustentable ($\bar{y}$), los usuarios de la tierra pagan un impuesto (o ahorran) $Y_t - \bar{y}$, antes de t^* y reciben independientemente un subsidio (o pierden ahorro) $\bar{y} - Y_t$, después de t^*.

En la figura 2, el impuesto aplicado a la tierra antes de t* es igual al área A, en tanto que el incentivo a los usuarios de la tierra despues de t* es igual al área B.

Es decir, si los usuarios de la tierra reciben siempre un ingreso neto ($\bar{y}$), el impuesto colectado antes de t^* deberá invertirse a la tasa de interés r, teniendo como resultado que la sustentabilidad del ingreso se puede lograr, aún cuando la fertilidad del suelo por ejemplo, se haya agotado a través del tiempo.

De esta manera, la equidad intergeneracional se obtiene cuando la renta del recurso es compartida igualmente entre todas las generaciones de los usuarios de la tierra.

Si existen oportunidades de ganar altos intereses, el ingreso sustentable ($\bar{y}$), puede mantenerse a un nivel más elevado, con el consecuente, desde luego, de que la tierra puede agotarse a un ritmo mayor.

Con base en lo anterior,

$$Y_t = (1 - e^{-rt}) VPN_t .$$

De esta manera se puede analizar por ejemplo, (De Janvry, 1985; Santos,1992; De Janvry *et al*, 1993) un proyecto o programa de desarrollo de una cuenca o de un transecto donde las unidades de producción o unidades familiares estan aguas arriba (u) y las externalidades se crean aguas abajo (d). En las unidades de producción o familiares consideradas, se desarrollan una serie de actividades, sobre las cuales se espera que el proyecto o programa recomiende un conjunto de actividades alternas. Los impactos del proyecto o programa son entonces la consecuencia de los cambios generados al sustituir las actividades tradicionales por las actividades recomendadas. Se espera que para cada actividad tradicional y la actividad alterna recomendada, se puedan calcular los indicadores mostrados en el cuadro 1. La información en este cuadro, proporciona los elementos para evaluar actividades (transiciones entre actividades o costos de transacción), de acuerdo a los criterios de: rentabilidad económica; aceptabilidad social y factibilidad ecológica o sustentabilidad.

Cuadro 1. Datos a calcular para las actividades realizadas en una cuenca.

Concepto	Primera Generación (1)		Segunda Generación (2)	
	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
Valor presente	VPN_{1u}	VPN_{1d}	VPN_{2u}	VPN_{2d}
Ingreso anual	Y_{1u}	Y_{1d}	Y_{2d}	Y_{2d}
Ingreso sostenible	$\bar{y}_{1u}$	$\bar{y}_{1d}$	$\bar{y}_{2u}$	$\bar{y}_{2d}$

$\bar{y}_{ij} = rVPN_{ij}$; $i = 1,2,\ldots$ $j = u,d$

1. La rentabilidad se logra si la actividad o la transición genera ganancias sociales netas, medidas por el valor anualizado (VPN).

   1.1. Para actividades, la rentabilidad privada sería expresada como:

   $VPN_{1u} \geq 0$ ó $\bar{y}_{1u} \geq 0$

   1.2. Para un proyecto o programa, la rentabilidad privada de las transiciones sería:

   $\Delta \bar{y}_{1u} \geq 0$; y,

1.3. Para la rentabilidad social sería:

$$\Delta \bar{y}_{1u} = \Delta \bar{y}_{1d} \geq 0$$

Donde Δ es el operador que indica un cambio entre las actividades recomendadas y las tradicionales.

2. La aceptabilidad para las unidades de producción o unidades familiares, se logra si hay compatibilidad de incentivos en la adopción de la actividad o la transición, es decir, si la actividad o transición incrementa el ingreso anual promedio de la unidad adoptante, durante el tiempo que una generación está tomando decisiones.

2.1.Por lo tanto, para las actividades, la aceptabilidad directa sería:

$$\bar{y}_{1u} \geq 0$$

2.2.Para un proyecto o programa, la aceptabilidad directa de las transiciones sería:

$$\Delta \bar{y}_{1u} \geq 0$$

2.3. Después de internalizar las externalidades aguas abajo sería:

$$\Delta Y_{1u} + \Delta Y_{1d} \geq 0$$

2.4. Después de internalizar las externalidades aguas abajo y agregar las ganancias debidas a la sustentabilidad, la aceptabilidad sería:

$$\Delta Y_{1u} + \Delta Y_{1d} + (\Delta \bar{y}_{1u} - \Delta Y_{1u}) + (\Delta \bar{y}_{1d} - \Delta Y_{1d}) = \Delta \bar{y}_{1u} + \Delta \bar{y}_{1d} \geq 0$$

3. La sustentabilidad se logra si las ganancias sociales netas de una actividad, de un proyecto o de un programa, no son menores para la segunda generación de lo que fueron para la primera generación.

3.1. De esta manera para actividades la sostenibilidad sería:

$$VPN_{2u} \geq VPN_{1U}$$

Ó

$$\bar{y}_{2u} \geq \bar{y}_{1u}$$

ó

$$\bar{y}_{1u} \geq Y_{1u}$$

3.2.Para un proyecto o programa, la sustentabilidad directa de las transiciones sería:

$$\Delta \bar{y}_{1u} \geq \Delta Y_{1u}$$

3.3. Después de internalizar las externalidades aguas abajo la sustentabilidad sería:

$$\Delta \bar{y}_{1u} + \Delta \bar{y}_{1d} \geq \Delta Y_{1u} + \Delta Y_{1d}$$

En el anexo 6 se presenta un ejemplo desarrollado con datos de 12 años obtenidos en el estado de Sonora, utilizando el modelo y los criterios de decisión anotados.

En el siguiente capitulo se presenta el nuevo modelo propuesto que incorpora un nuevo parámetro (**s**) que se interpreta como un índice de sustenibilidad de un ecosistema.

XII. NUEVO MODELO PROPUESTO

A fin de poder realizar un análisis económico de actividades agrícolas, incorporando el concepto de sustentabilidad, se puede calcular, como se ha visto, el Valor Presente Neto (VPN) como función de los beneficios netos incrementales y la tasa de descuento a través del tiempo.

El Beneficio Neto (b_t) representa un ingreso real en el tiempo t (Y_t), cuando éste es actualizado a VPN por medio de una función f determinada. Es decir,

$Y_t = f(r, b_t)$; donde, b_t es el beneficio neto en el tiempo t y r es la tasa de descuento.

La forma clásica para el cálculo del Valor Presente Neto es expresado como:

$$VPN = \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

B_t = Beneficios brutos en el tiempo t.

C_t = Costos totales de una nueva tecnología en el tiempo t.

$b_t = B_t - C_t$ = Beneficios netos en el tiempo t.

Por lo tanto:

$$f_1 = b_t (1 + r)^{-t}$$

El modelo de De Janvry *et al*, revisado anteriormente, estaría representado por la siguiente función:

$$f_2 = b_t e^{-rt}$$

La nueva propuesta que se plantea en este trabajo, establece que el Valor Presente Neto se calcula con la función;

$$f_3 = b_t e^{-rt/s} \; ; \; s > 0,$$

donde:

s = índice de sustentabilidad.

La razón de incorporar **s** en la función como parte del exponente con la interpretación indicada, se deriva del cálculo de los factores de actualización que se muestran en el Anexo 3, que corresponden a Valores Presentes Netos calculados con la expresión clásica (f_1), con la expresión propuesta por De Janvry (f_2) y la nueva propuesta presentada en este trabajo (f_3).

Como se puede ver los valores son semejantes, excepto que la depreciación es más suave cuando la **s** es grande (**s** > 1); por el contrario la depreciación es más intensa cuando la **s** es pequeña (**s** < 1), desde luego que cuando el valor de s= 1 corresponde al modelo de De janvry.

Por tanto:

$$VPN(y) = \int_0^{\infty} \bar{y} e^{-r/s} dt = \frac{s\bar{y}}{r}$$

Es decir, **s** incide proporcionalmente sobre el ingreso sustentable y en general sobre el ingreso Y_t en cualquier tiempo.

De hecho **s** es un indicador del nivel de sustenibilidad o rescilencia de un ecosistema o sistema productivo y en consecuencia su magnitud afecta el producto y el correspondiente valor monetario de cualesquiera que sea la actividad económica que se esté realizando en el lugar bajo análisis.

Es interesante observar los factores de actualización bajo las diferentes funciones. La similitud y tendencias son evidentes, la diferencia está en los valores de **s**. Es decir, cuando el índice de sustentabilidad (rescilencia) es menor que uno, el comportamiento de los factores tiende a caer más rápido (ver anexo 4),.indicando que el capital natural considerado reduce el valor del dinero en el tiempo debido a su fragilidad. Por otra parte, sí **s** es mayor que uno, el capital natural y en consecuencia el dinero, reduce su depreciación, como se puede ver para casos extremos, de manera importante.

Lo anterior tiene una implicación directa sobre la importancia que representa la consideración de la base de recursos naturales disponibles en una localidad para asignar recursos o recibir beneficios, dependiendo asimismo de la tasa de interés vigente sobre el flujo financiero de recursos.

12.1. Análisis, aplicación e interpretación del modelo propuesto

A este punto se concluye sobre el material presentado a lo largo de este trabajo. En primer término se sintetiza lo presentado líneas atrás respecto al modelo; esto se puede escribir de la siguiente manera:

El modelo : $Y_t = b_t f(x)$

$$F(t) = e^{-rt/s}\ ;\quad 0 \leq t < \infty\ ;$$

$$0 \leq r < \infty$$

$$\mathbf{s} > 0$$

es utilizado para actualizar el valor del dinero que se obtiene como beneficio neto (b_t) en el tiempo t. Lo anterior constituye el ingreso (Y_t) que tiene un productor, al realizar actividades propias del medio rural, utilizando la base de recursos naturales disponibles y en las condiciones ambientales prevalecientes en el sitio, unidad de producción, localidad o región.

La actualización de los recursos económicos se hace a una tasa de descuento (**r**). El aspecto innovativo de la expresión entonces es la inclusión del parámetro (**s**), que se identifica con el concepto de sustentabilidad del ecosistema prevaleciente en el espacio físico considerado.

A este punto es importante hacer una acotación sobre lo que debe entenderse respecto al concepto de sustenibilidad. Entre las múltiples definiciones que se han intentado sobre este concepto en los años recientes, la que ha propuesto Crosson *et.al* (1993), es la que parece más realista, objetiva y práctica, pues en síntesis expresa, que la explotación, uso o intervención que se tenga de un recurso natural, de un grupo de recursos o de un ecosistema, puede hacerse indefinidamente. Lo anterior, sin embargo, implica que la explotación o intervención debe ser, desde luego, bajo un costo que puede ser: económico o medio ambiental. En este contexto, si el ecosistema tiene intrínsicamente una alta capacidad propia de sostenerse o recuperarse, ambos costos referidos son mínimos a través del tiempo y los ingresos, por su uso, son máximos.

Esta capacidad intrínsica de los ecosistemas es lo que se ha denominado **resilencia o estabilidad** " es la capacidad de un sistema para mantenerse en equilibrio" Fleihleman, J. and J.W.Friend, (1972) y a este punto en el desarrollo de la temática, se ha igualado con el concepto de sustenibilidad (a nivel parametral) en un sentido amplio, pues se entiende que mientras mayor sea **s**, mayor será la posibilidad de asegurar la permanencia de recursos naturales suficientes en un ecosistema, a través del tiempo, y mayor será el ingreso que se tenga como resultado del uso de estos recursos.

Debe, sin embargo, hacerse notar que **s**, como indice de sustenibilidad en términos de ingresos, debe registrar cambios: tanto cuando se utiliza un recurso en forma indefinida, sin tomar acción alguna para contrarrestar la degradación; como cuando se incorpora una acción o acciones técnicas específicas, que rehabiliten el recurso o contrarresten la degradación.

Así, en el caso del indicador propuesto de sustenibilidad y de acuerdo a las simulaciones y aplicaciones realizadas en este trabajo se sostiene que **s** siempre debe ser mayor que cero (**s** > 0) y si no se realizan acciones que apoyen el sistema, se presenta una declinación del ingreso a través del tiempo, dependiendo de los valores de **r** y **s** específicos. El índice **s** no puede ser menor que cero, ni teórica ni conceptualmente

De esta manera, el capítulo se ha dividido en dos secciones o apartados:

1. La que corresponde a la prueba del Modelo con datos simulados y,
2. La que se refiere a la validación del modelo con datos reales provenientes de dos sitios.

12.2. Prueba del modelo (datos simulados).

En principio, y con el fin de estimar el ingreso (Y_t) a través del tiempo (20 años), se estableció un beneficio neto (b_t) constante e igual a uno y se aplicó la tasa de descuento (**r**) que generalmente se utliza en la Banca de Desarrollo y multilateral de r= 12%.

De esta manera la expresión del modelo quedó simplificada a:

$$Y_t = e^{-0.12\, t/s}; \qquad 0 \leq t < \infty$$

$$s > 0.$$

El parámetro **s,** mide, puede estimar o es indicador del riesgo sobre el uso de los recursos naturales en la localidad, incluyendo las condiciones prevalecientes de clima, suelo, agua y biota. Se entiende que este indicador tiene eficiencias variables interespaciales. Para el efecto a **s** se le asignaron arbitrariamente valores, dentro de un rango pertinente, basados en análisis preliminares con datos reales.

En la práctica se trabajó con valores arbitrarios de **s** = 0.5, 1.0, 1.5, y 2.0, alrededor de s=1 que es el punto de referencia, entendiéndose que esto significa una sustentabilidad máxima para **s** = 2.0.

Los resultados de estas simulaciones se graficaron, generándose la familia de curvas (las correspondientes a **r** = 0.12) que se están definiendo como curvas de **"isosustentablidad",** las cuales se muestran en el Anexo 4. Como se puede observar el comportamiento de estas curvas implica:

1. Cuando $0 < s < 1$ se observa una degradación más rápida en el tiempo
2. Cuando $s > 1$ se observa una degradación más lenta en el tiempo

El análisis de estas curvas es por demás interesante. En primer lugar, se debe señalar que, mientras mayor es **s**; es decir, mientras al ecosistema como un todo tiene mayor capacidad de absorber o asimilar intervenciones, el ingreso, Y_t, es mayor. Lo anterior se puede observar en el Anexo 4, donde, al trazar una ordenada en cualquier punto del eje de las abscisas; es decir, en cualquier tiempo, el cruce con las isocurvas indica que el menor ingreso se obtiene cuando la **s** es menor. Por el contrario el ingreso (Y_t) que se obtiene es más grande cuando la **s** es mayor.

Por otra parte, mientras menor sea **s**, la degradación del sistema es más rápida.

Es decir, al trazar una línea paralela al eje del tiempo, en cualquier punto del eje del tiempo: sea el de las ordenadas, el nivel de degradación o cruce con las isocurvas se alcanza en tiempo menor.

Como **s** es positiva y toma como punto de referencia la curva para **s**=1, el ingreso sustentable ($\bar{y}$) se obtiene, como se anotó anteriormente, como sigue:

$$VPN(\bar{y}) = \int_0^{\infty} \bar{y} e^{-rt/s} dt = \frac{s\bar{y}}{r};$$

y

$$VPN(\bar{y}) = \int_0^{\infty} \bar{y} e^{-rt/s} dt = \int_0^{\infty} Y_t e^{-rt/s} dt = VPN(Y_t).$$

Por lo tanto:

$$\bar{y} = \frac{r}{s} VPN \quad (Y_t).$$

Entonces:

$$\int_0^{\infty} (\bar{y} - Y_t) e^{-rt/s} dt = 0,$$

En el tiempo t^*, donde $Y_t = \bar{y}$, de esta manera

$$= \int_0^{t^*} (Y_t - \bar{y}) f(t) dt = \int_{t^*}^{\infty} (\bar{y} - Y_t) f(t) dt$$

Ó

$$\int_0^{\infty} (Y_t - \bar{y}) e^{-rt/s} dt = \int_0^{\infty} (\bar{y} - Y_t e^{-rt/s} dt$$

Es decir,

$$VPN(A) = VPN(B)$$

Lo anterior implica que:

a) quienes se encuentren en el espacio temporal $0 \leq t \leq t^*$ deben pagar un **impuesto o tarifa.**

b) Quienes se encuentren en el espacio temporal $t^* < t < \infty$, deben recibir un **incentivo o subsidio.**

Así, en el tiempo t^*, se tiene el límite de ingreso ($\bar{y}$), que se ha denominado ingreso sustentable, arriba del cual los usuarios del recurso deben pagar un impuesto y abajo del cual, los usuarios deben recibir un incentivo o subsidio.

En el anexo 2 se presentan los factores de interés de valor futuro para una unidad de recurso utilizando los diferentes modelos (f_1 , f_2 , f_3); para un período de 20 años, haciendo variar el parámetro (**s**) para el modelo propuesto (f_3).

Se entiende, desde luego, que para cada valor de **s**, se debe determinar el ingreso sustentable ($\bar{y}$), como se muestra en el Anexo 4.

Como ya se ha explicado, $\bar{y}$ es el ingreso sustentable (De Janvry, A. *et al.* 1994), el cual se alcanza cuando los usuarios del recurso pagan un impuesto o ahorran, $Y_t - \bar{y}$ antes del tiempo t^* y reciben un incentivo o subsidio $\bar{y} - Y_t$ indefinidamente. En la fig. 2, el impuesto a pagar por el recurso, antes de t^*, es igual al área A, mientras que el subsidio a los

usuarios del recurso, después de t^*, es igual al área B, todo ello considerando la tasa de descuento **r**. De esta manera VPN(A) = VPN(B), para diferentes tasas de interés (**r**) y diferentes valores de sustentabilidad (**s**).

Es decir, si los usuarios aceptan recibir siempre el ingreso $\bar{y}$, invirtiendo el impuesto captado antes de t^*, con un interés r, se puede decir que se ha alcanzado la sustentabilidad en el ingreso, aún cuando los recursos se degraden a través del tiempo.

La equidad intergeneracional se obtiene entonces cuando la renta de los recursos se comparte igualmente entre todas las generaciones de usuarios del recurso.

Debe resaltarse que si existe la posibilidad u oportunidad de ganancias debidas a intereses altos en el capital económico ó natural, el ingreso sustentable se puede mantener más alto y el recurso se degradará más rápidamente.

Debe ahora observarse que si **s** es alta, no sólo el ingreso sustentable es más alto, sino que la degradación del recurso es más lenta, esto sin menoscabo del efecto de los intereses vigentes e indicados anteriormente.

12.3. Ajuste del modelo (datos reales)

Es claro que para realizar una evaluación de actividades o proyectos diseñados para mejorar el ingreso sustenable, los criterios presentados por De Janvry, *et al.* (1994), siguen siendo válidos a saber:

1. La rentabilidad de una actividad o un proyecto, se alcanza cuando se generen ganancias sociales netas, medidas por el Valor Presente Neto del Ingreso en la generación actual (VPN), creadas por la actividad propuesta o el proyecto.

2. La aceptabilidad de las unidades de producción en el área o proyecto, se alcanza si se genera un incentivo con la adopción de la actividad o el proyecto, a nivel de unidad de producción; es decir, si se aumenta el ingreso promedio anual de la unidad de producción que adopta, a lo largo de su vida útil; y ,

3. Lo que esos autores denominan sustentabilidad y que en general es lo que se identifica como equidad intergeneracional; es decir, la situación en la cual las ganancias derivadas de la actividad o proyecto, en la siguiente generación, sean iguales o mayores de lo que son para la generación presente.

Debe ahora, sin embargo, entenderse que lo anterior siendo válido, implica que las magnitudes de las ganancias o incrementos en el ingreso, estarán influenciadas de manera importante por la base de recursos o capital natural presente en la localidad bajo análisis. Esta influencia además, no sólo debe

estar presente en la generación actual, sino que también incidirá de manera importante en las generaciones futuras.

Este capital natural, reflejado en la **s** que se ha definido, deberá conocerse o estimarse, a fin de poder no sólo ponderar la evaluación que se intente, sino proyectar la ejecución de actividades, intervenciones y realizaciones de proyectos, con mayor propiedad.

Es decir, la determinación de una curva de degradación o deterioro del recurso, así como de su recuperación, será importante para precisar el nivel de ingreso sustentable, ($\bar{y}$), ingresos en el tiempo t (Y_t) y cambios en esos ingresos.

Esto último, a final de cuentas, es lo que constituye el aporte conceptual más importante del presente trabajo, pues si bien es cierto que el modelo propuesto considera el uso de un indicador económico básico, como lo es la rentabilidad (**r**); incorpora una unidad de capital natural base (**s**), desde la óptica de la capacidad que un ecosistema tiene para responder a intervenciones, particularmente las generadas por el hombre.

De esta manera, se han utilizado datos de costos y beneficios en varias localidades y para cada conjunto se han hecho estimaciones preliminares del valor de **s** y a partir de ahí, los ingresos esperados o proyectados en un lapso de 20 años.

Es claro que para cada caso se tienen los ingresos (Y_{ij}), para el i-ésimo sitio y el j-ésimo tiempo y se pueden calcular los ingresos promedio sustentables ($\bar{y}_i$) para el i-ésimo sitio.

De particular importancia es observar que en un sitio o localidad determinados, cuando sobreviene una intervención, que se refleja en un incremento de ingresos, el valor de **s** cambia, dado que las condiciones del entorno han cambiado lo cual, en consecuencia, genera un cambio en el ingreso sustentable.

Todo lo anterior, desde luego, esta basado en la tesis de que la capacidad intrínseca de la localidad, la cual de inicio tiene cada ecosistema, le permite reaccionar a dichas intervenciones y mostrar el nivel de dicha respuesta a través del tiempo.

Así mismo, la **s** se puede precisar para un sitio determinado, ajustando la "mejor" curva que permita estimar los datos reales. Debe observarse que la variación de curvas solo puede hacerse con cambios en la **s** (dada una **r** constante) generando así una familia de **isocurvas** para cada valor de **r**. -

La mejor curva o sea la que representa o ajusta los datos de mejor forma corresponde a una **s**, y ese valor es el "mejor" estimador del comportamiento de los recursos disponibles en la localidad o base de recursos sustentables

Con base a lo anterior, se puede entonces generalizar el comportamiento de un ecosistema utilizando el modelo proyectado a **n** años.

De esta manera para validar el modelo se analizan datos provenientes de dos sitios: Costa de Hermosillo, Sonora y la Fraylesca, Chiapas. (Anexos 2 y 5).

Es importante señalar que con los modelos considerados se puede realizar un análisis *ex-ante,* lo cual permitiría cuantificar los impactos productivos y medioambientales esperados, con la incorporación de una nueva tecnología, la bondad de lo cual deberá probarse oportunamente.

En el siguiente capítulo de discusión de resultados se presenta el análisis de los mismos así como una discusión, particularmente sobre los parámetros **r** y **s**, que intervienen en el modelo.

Especial referencia adicional se hace del parámetro **s**, tanto en su significado económico – financiero, así como a su interpretación biológica.

El parámetro s de hecho es el concepto original o nuevo de la presente disertación, como ya se ha mencionado anteriormente. En ese mismo capítulo se discuten los resultados del ajuste del modelo con datos reales.

XIII. DISCUSION DE RESULTADOS

En este trabajo se han analizado diferentes modelos construidos para evaluar el impacto económico y medio ambiental de cambios tecnológicos, al ponerlos en práctica sobre algún rubro o región agroecológica determinada.

Así se han utilizado dos parámetros que permitan establecer criterios para medir:

1. La rentabilidad o costo de oportunidad de una nueva tecnología; y,
2. La capacidad de un ecosistema para asimilar intervenciones de diverso orden generadas por una nueva tecnología.

De esta manera se han probado modelos que incorporan la tasa de descuento (**r**) y la rescilencia o estabilidad (**s**), como indicadores de productividad y respuesta medioambiental a innovaciones tecnológicas, respectivamente.

Para el efecto se han tomado:

1. Valores puntuales para **r** y **s**; y se podrían considerar,
2. Valores para los mismos parámetros, derivados de distribuciones probabilísticas;

en ambos casos, para simular el efecto que los parámetros **r** y **s** tienen en el ingresos de un productor, a nivel de unidad de producción, en períodos de 5,10,15 y 20 años.

El parámetro **r** es indicativo de la rentabilidad de la unidad de producción rural (UPR) y el parámetro **s** es indicativo de la rescilencia del ecosistema donde se encuentra la UPR. Es decir, los modelos que se están probando generan los valores de ingreso que se obtendrían al aplicar una nueva tecnología.

Al tratar de ajustar un modelo empírico a la pérdida de valor del recurso en el tiempo, este coincide con el de De Janvry, cuando **s=1** y a su vez con los valores actualizados y calculados con la expresión clásica financiera.

Ahora bien, considerando s=1 como el punto de referencia, al disminuir arbitrariamente el valor de s (siempre y cuando s>0), lo cual se interpreta como un índice de sustentabilidad bajo o un ecosistema fragil, se observa que la pérdida de valor del recurso es más rápida en el tiempo lo cual ciertamente es la observada en la vida real.

Su incorporación en el denominador del exponente no es fortuito sino producto de probar diversas alternativas y previo a la consideración de una función normal truncada, en lugar de una exponencial simple. El trabajo con la normal truncadas es un avance en la investigación que esta actualmene en desarrollo en el ISEI-CP.

Por otra parte, si por el contrario consideramos cualquier valor de s> 1, por ejemplo s=1.5, lo cual se interpreta como un índice de sustentabilidad alto o un ecosistema rescilente, se ve que la pérdida de valor del recurso es mas lenta en el tiempo lo cual índica que el ecosistema se autoproteje de las intervenciones.

La prueba del modelo, el cálculo de factores y la elaboración de las gráficas se presentan para explicar la lógica del mismo. Sin embargo, en la práctica tal vez lo que más importa es que con datos reales obtenidos en una localidad para un número t de años y sujeto a una tasa de descuento (r) determinada, es posible estimar la s del ecosistema en esa localidad, pudiendo determinar el insumo del ingreso sustentable ($\bar{y}$) que sería el punto limite al cual se puede aceptar llegar, antes de realizar alguna práctica sustentable o aplicar una tecnología sustentable. De lo contrario, posteriormente en el tiempo se debería establecer una política de subsidio para asegurar a los productores en la región o localidad un ingreso mínimo sustentable. Y se debe insistir que no solo en la incorporación del parametro a un modelo sino que el mismo permite estimar el indice para un ecosistema si se cuenta por lo menos con datos para 2 años, permite estimar **s**.

XIV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la presente investigación se concluye que dentro de la metodología para evaluar los procesos que se desarrollan bajo un esquema de Agricultura Sustentable (AS), debe incluirse el parámetro **s** que se identifica con el concepto de **sustentabilidad** del ecosistema prevaleciente en el espacio físico donde se estén poniendo en práctica dichos procesos. Con lo anterior se cumple con el propósito de tener un índice de sustentabilidad como se establece en los objetivos de esta tesis.

El parámetro **s**, que estima o es un indicador de riesgo sobre el uso de los recursos naturales en el sitio de estudio, incluyendo las variables (agroclimáticas y socioeconómicas), se cubre con las expectativas de contar con un indicador para promover una intensificación de la AS y un manejo adecuado de los recursos naturales, particularmente en las áreas con suelos frágiles, con lluvia escasa o temperaturas inadecuadas; es decir un manejo de los recursos naturales, enfatizando el objetivo en las variables más sensibles (suelos frágiles, zonas áridas, semiáridas y pobreza extrema).

El uso de la **s** permite establecer criterios para cuantificar el uso y manejo de los recursos naturales y plantear estrategias a fin de proponer, si procede, medidas correctivas que permitan conservarlos o rehabilitarlos.

De esta manera se puede concluir:

- La inclusión del parámetro **s** como indicador cuantitativo para las principales áreas disciplinarias que inciden en el proceso de desarrollo sustentable, permite tomar medidas correctivas en los sitios de interés.

- La estimación del parámetro **s** es una medida cuantitativa que refleja una respuesta biofísica o socioeconómica, de las diferentes acciones llevadas a cabo por los productores, dentro de un agroecosistema en particualar.

A fin de probar la hipótesis básica propuesta en esta investigación, se procedió a plantear, discutir y ensayar, a través de indicadores, mismos que se desarrollan en función de los costos invertidos en la empresa agrícola y los beneficios netos obtenidos por un productor y por la sociedad, los beneficios netos esperados dentro de una UPR, predio o unidad empresarial.

Debe enfatizarse que una medida cuantitativa no necesariamente es representativa de todas las variables biofísicas o socioeconómicas que intervienen en el proceso productivo, particularmente en las acciones llevadas a cabo por los productores, dentro de un agroecosistema en particular.

Por lo tanto el reto ahora es validar en varios ambientes y bajo diferentes condiciones lo aquí propuesto.

Con base en lo anterior se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Pugnar por un cambio de paradigma en los programas de desarrollo rural.
- Incorporar el concepto de sustentabilidad como objetivo en los protocolos técnicos correspondientes al medio rural.
- Propugnar que el modelo producto de esta investigación se aplique para estimar el índice de sustentabilidad por región agroecológica.
- Buscar que el conocimiento de **s** sea utilizado para que se considere en el cálculo de los costos ambientales en las cuentas nacionales.
- Internalizar en los procesos rutinarios de agricultura los conceptos de: planeación, programación, presupuestación y los aspectos de microeconomía y economía en general.
- Tratar de establecer contabilidades privadas.
- Propiciar el establecimiento de contabilidades en las unidades de producción rural, microregión, cuencas y ecosistemas.
- Poner en práctica actividades sustentables y repetibles en las zonas rurales que superen la prueba de mercado, principalmente mediante el establecimiento de alianzas políticas que hagan factible la vida en estas zonas bajo el actual contexto macroeconómico.

REFERENCIAS CITADAS

Ange, A. 1989. Dignostic Agronomique des Constreaintes a la Production Vegetale dans la Petite Region Naturelle de la Fraylesca. Etat de Chiapas, Méxique and Report de mission au CIMMYT. Montpellier, FRANCE

Berdegué, J.A. and E.E. de Miranda 1990. Assessment of Sustainable Land Systems Research in South America. En: International Worshop on Sustainable Land Use Systems, New Delhi, India.

Casas, D.E., 1991. Áreas de Investigación y Desarrollo Sostenible. Documento Inédito; CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Capalbo, S and J. Antle 1988. Agricultural Productivity: Measurement and Explanation Resources for the Future, IFPRI. Washington D.C., EUA.

Commitee on Sustainable Agriculture and the Environment in the Humid Tropics. 1993. National Research Council. Washington, D:C.

Crosson, P. and J.Anderson, 1993. Incorporation of Natural Resources and environmental Issues in the research agenda of NARSs. A report to ISNAR. Unpublished draft.

De Janvry, A., E. Sadoulet and B. Santos. 1993. Project appraisal for sustainable Rural Developtment: Working Paper, Technical Advisory Division, Roma, Italia.

De Janvry, A., B. Santos y J.Sadoulet. 1984. Reporte de la Evaluación de los Primeros Cinco Años del Plan Sierra. Documento Inédito San José de las Matas, República Dominicana.

De Janvry, A. 1985. Organizaing, monitoring, and planning system of Plan Sierra. Internal Document. San José de las Matas, Dominican Republic.

Feeth P.R., K. Kross, Q. Dai Repetto and G. Helmers. 1991. Paying the farm bill: US Agricultural Policy and the transition to sustainable agriculture, World Resources Institute, Washington, D.C.

Fleihleman,J. And J.W. Friend. 1972. "Estructura y Función de la organización". In Emery, F.E. Systems thinking. England: Peguin Books Ltd, Harmondsworth.

FAO: Tropical Forestry Action Plan. 1988. Food and Agriculture Organization of the United Nations and the Ministry of Agriculture, Natural Management and Fisheries of Netherlands.

FAO. 1989. Sustainable Agricultural Production: Implications for International Agricultural Research. Prepared by TAC for the CGIAR.

Harrington, L.W.P. Jones and M.Winogrand, 1994. Operacionalización del concepto de sostenibilidad: Un método basado en la productividad total, Sexto Encuentro Internacional de RIMISP; Campinas, Brasil.

Hart R. and Sands M., 1990. Sustainable land use systems research and development. Working draft of paper presented at the USDA/ICAR/RRC Workshop in New Delhi, India.

Harris, J.1982. Rural Development: Theory of Peasant Economy and Agrarian Chiapas. , Hutchinson Ltd. Ed. London.

IFPRI 1993. Policy research for sustainable intensification of the Central America Hillsides. A Proposal to the Inter-American Development Bank. Washungton, D.C.

IFPRI 1995. Agricultural Researcy: to 2020 vision. Internal Document CGIAR. Washington, D.C.USA.

IFPRI, 1995. A. 2020 Vision of Food, Agriclture and Environment. Washington, DC. USA.

Lipton, M. 1977. Why Poor Stay Poor: Urban Bias in World Development. Temple Smith, Ed. London.

Lynam, J. And R. Herdt. 1988. Sense and sensibility: sustainability as an objective in international agricultural research, IPC-Rockefeller conference on farmers and food systems. Lima, Perú.

Novoa, A.R. and J.L. Posner. 1981. Porqué las Zonas de Laderas. Agricultura de Ladera en América Tropical, CATIE. Turrialba, Costa Rica.

Piedra, C.R. de la. 1987. Diagnóstico en base de un programa de investigación en campos de agricultores: Caso de la Fraylesca, Chiapas, Méx., Universidad Autonoma de Chiapas, México.

Pearce D. and J. Warfor. 1993. World economics, environment and sustainable development. Oxford University Press. Oxford, England.

Repetto R. and M. Gillis. 1988. Public policies and the misuse of forest resources. World Resources Institute Book. Cambridge University Press.

Technical Advisory Committee. 1989. Annual Report. CGIAR, Washinton, D.C..USA.

Tarté, R.1993. Desarrollo sostenible: ¿ Un mito o una realidad? Documento Inedito. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Santos B., 1992. Cost-Benefit analysis of soil erosion control: The case of Plan Sierra. Ph.D. Dissertation. Department of Agricultural and Resource Economics, University of California at Berkeley. USA.

Trigo, E. y D. Runstein, 1989. Hacia una estrategía tecnológica para la reactivación de la agricultura de América Latina y el Caribe. Documento Técnico No.13. IICA. Costa Rica.

Tromphie, B.R., de la Piedra y J.I.Jimenez, 1990. Respuesta del maiz al encalado en parcelas de agricultores de la Fraylesca, Chiapas, México. Informe Anual. INIFAP/CIMMYT.

Whitaker W. and S. Lalitha. 1993. Quantifying the relative productivity and sustainability of alternative cropping systems, ICRISAT. India.

BIBLIOGRAFÍA

Alston, J.M., G.W. Edwards and J.W. Freebairn. 1988. " Market Distortions and Benefits from Research. "American Journal of Agricultural Economics Vol.70. No.2.

Anderson, J.R. and J.B. Hardaker. 1992. "Efficacy and Efficiency in Agricultural Research: A Systems View". Agricultural Systems Vol.40, Nos. 1-3.

Anderson, J.R.,P.G. Pardey and J. Roseboom. 1994. "Sustaining Growuth in Agriculture: A Quantitative Review of Agricultural Research Investments. " Agricultural Economics Vol. 10. No.2.

Brundtland, H.G., 1989. Sustainable Development: An overview development. Journal of the Society for International Development.

Byerlee, D. And E.H. dePolanco. 1986. "Farmers" Stepwise Adoption of Thechnological Packages: Evidence from the Mexican Altiplano. "American Journal of Agricultural Economics Vol. 68. No.3.

Carew, R.,P.Chen and V. Stevens. 1992. "Evaluating Publicy Funded Research in Canadian Agriculture: A Profit Funtion Approach" Canadian Journal of Agricultural Economics vol. 40 No.4.

Crosson, P.and J.R. Anderson. 1993. Concerns for Sustainability: Integration of Natural Resource and Environmental Issues in the Research Agendas of NARSs. ISNAR. Research Report No.4. The Hague: International Service for National Agricultural Research.

Davis, J.S. 1991. Spillover Effects of Agricultural Research; Importance for Research Policy and Incorporation in Research Evaluation Models. ACIAR/ISNAR. Project Paper No.32 Canberra and The Hague: Australian Centre for International Agricultural Research and International Service for National Agricultural Research.

Dillon, J.L. and J.R. Anderson, 1990. The Analysis of Response in Crop and Livestock Production, Third Edition. Oxford: Pergamon Press.

Evenson, R.E. 1989. "Spillover Benefits of Agricultural Research: Evidence from U.S., Experience "American Journal of Agricultural Economics vol. 71 No.2.

Evenson, R.E. and Y.Kislev. 1975. Agricultural Research and Productivity, New Haven: Yale University Press.

Graham Tomasi, T. 1991. "Sustainability, Concepts and Implications for Agricultural Research Policy" In P.G. Paardey, J. Reseboom and J.R. anderson, eds. Agricultural Research Policy; International Quantitative Perspectives. Cambridge University Press.

Greig, I.D. 1981. "Agricultural Research Management and the Ex.Ante Evaluation of Reseach Proposals: A Review", Review of Marketing and Agricultural Economics. Vol.49. No.2.

Horton, D., P. Ballantyne, W.Ñeterson, B. Uribe, D.Gapasin and K.Sherida. 1993. Monitoring and Evaluating Agricultural Research. Wallingford. U.K. CAB International.

Huffman, W.E., and R.E. Evenson. 1993. Science for Agriculture: A long-Term Perspective Ames, Iowa State University Press.

Just, R.E. and J.M. Antle. 1990. "Interactions Between Agricultural and Environmental Policies". American Economic Review vol. 80. No.2.

Northon, G.W. and J.S. Davis. 1981. "Evaluating Returns to Agricultural Research. A. Review". American Journal of Agricultural Economics vol. 63. No.4.

Pardey, P.G. 1989. The Agricultural Knowledge Production Funtion; An Empirical Look Review of Economics and Statistics Vol.71. No.33.

Prest, A.R. and R. Turvey. 1965. Cost-Benefit Analysis: a. survey. Economic Journal, vol 75. pp.687-705.

USDA/ARS. 1990. Erosion Productivity Impact Calculator, Technical Bulletin No. 1768.

USDA/ARS. 1994. Water erosion prediction proyect. National Soil Erosion Research Laboratory. West Lafayette, IND. USA.

Wischmeier, E.H. and D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. USDA Agricultural Handbook No. 537. Washington, D.C. USA.

ANEXOS

ANEXOS 1

POBLACION TOTAL POR ESTADO
1990,1992 Y 1995

ESTADO	1990	1992	1995
TOTAL	**81,249,645**	**85,627,971**	**91,158,290**
AGUASCALIENTES	719,659	770,972	862,720
BAJA CALIFORNIA N	1,660,855	1,908,434	2,112,140
BAJA CALIFORNIA S	317,764	351,690	375,494
CAMPECHE	535,185	351,417	642,516
COAHUILA	1,972,340	2,040,046	2,173,775
COLIMA	428,510	438,607	488,028
CHIAPAS	3,210,496	3,436,374	3,584,786
CHIHUAHUA	2,441,873	2,503,515	2,793,337
DISTRITO FEDERAL	8,235,744	8,276,345	8,489,007
DURANGO	1,349,378	1,394,571	1,431,748
GUANAJUATO	3,982,593	4,170,885	4,406,568
GUERRERO	2,620,637	2,732,699	2,916,567
HIDALGO	1,888,366	1,945,514	2,112,473
JALISCO	5,302,689	5,693,177	5,991,176
MEXICO	9.815,795	10,705,862	11,707,964
MICHOACAN	3,548,199	3,723,543	3,870,604
MORELOS	1,195,059	1,259,170	1,442,662
NAYARIT	824,643	871,710	896,702
NUEVO LEON	3,098,736	3,336,044	3,350,114
OAXACA	3,019,560	3,207,147	3,228,895
PUEBLA	4,126,101	4,406,652	4,624,365
QUERETARO	1,051,235	1,126,143	1,250,476
QUINTANA ROO	493,277	577,419	703,536
SAN LUIS POTOSI	2,003.187	2,088,544	2,200,763
SINALOA	2,204,054	2,341,346	2,425,675
SONORA	1,823,606	1,866,757	2,085,536
TABASCO	1,501,744	1,595,487	1,748,769
TAMAULIPAS	2,249,581	2,351,663	2,527,328
TLAXCALA	761,277	812,749	883,924
VERACRUZ	6,228,239	6,405,478	6,737,324
YUCATAN	1,362,940	1,390,318	1,556,622
ZACATECAS	1,276,323	1,309,493	1,336,496

FUENTE:INEGI, "XI Censo General de Población y Vivienda, 1990","Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica, 1992" y "Estados Unidos Mexicanos. Conteo de Población y Vivienda, 95. Resultados Definitivos. Tabulados Básicos."

ANEXOS 2

ANEXO 2

La experiencia de la Fraylesca, Chiapas

Un ejemplo en México del tipo de trabajo que se debería extender nacionalmente o generalizar, lo constituye un Proyecto de investigación realizado en una región del estado de Chiapas, denominada la 'Fraylesca".

El estado de Chiapas está integrado por 111 municipios distribuidos en 9 regiones económicas. Chiapas es un estado eminentemente rural donde 6 de cada 10 habitantes están dedicados a las tareas del campo. Allí se encuentran los rezagos más severos pero también existe un gran potencia¡ de desarrollo, debido a que cuenta con abundantes recursos naturales que se caracterizan por sus extensas áreas de suelos aptos para la agricultura, zonas boscosas de gran potencia¡ y agua en abundancia. lo anterior aunado a una cultura productiva ancestral, todo lo cual permite garantizar el desarrollo de una amplia gama de actividades productivas.

El estado de Chiapas está dividido en 9 regiones económicas; La Fraylesca es una de ellas, representativa además del trópico húmedo de México, pues se encuentra a una altitud promedio de 600 m.s.n.m., con una estación lluviosa que se inicia a fines de mayo y dura hasta principios de octubre, cuando ocurre una precipitación anual que alcanza los 1,200 mm; por lo tanto la probabilidad de tener un déficit de agua durante este período es reducida.

Los suelos (principalmente fluviales y luviosoles poseen más de 65% de arena, relativamente pobres en materia orgánica (entre 1 y 1.5%) y en bases

intercambiables (CIC de 4-5 meg/100gr.). Una proporción notable de los suelos en Chiapas son muy ácidos, con pH menor de 5 y saturación de aluminio superior al 20%. Tromphie *et.al.* (1990).

a) Aspectos sociales

La región de la Frailesca tiene vados factores que favorecen a la agricultura, tales como la baja presión relativa sobre la tierra, con una densidad de población menor de 40 habitantes/km^2 y con 1.7 hectáreas agrícolas/habitante. La superficie agrícola total es de 153,000 ha. Se divide según la tenencia en: 65% comuneros y ejidatarios, esta situación cambió en 1994 al mortificarse el artículo 27 constitucional, publicado en el diario oficial de la federación del 6 de enero de 1994, el restante 35% es propiedad privada.

Cada productor cultiva en promedio 6.5 ha de maíz. La mayoría de los insumos necesarios para la producción agrícola 'moderna' están disponibles en los mercados locales, tales como fertilizantes, semillas y toda clase de agroquímicos.

La gran mayoría de los agricultores (80%) tienen acceso al crédito, que cubre más de¡ 75% de los costos de producción. La disponibilidad de mano de obra no representa mayor problema, aunque existe mayor demanda en ciertos períodos de¡ ciclo agrícola. La producción es captada a través de canales oficiales, por lo que no existen problemas de mercado para la venta de¡ producto.

Además de la producción de maíz, las actividades ganaderas representan una fuente mayor de ingresos para muchos agricultores, especialmente los

pequeños propietarios. Para una tercera parte de los ejidatarios, las actividades extraagrícolas representan también una fuente significativa de ingresos. (de la Piedra 1987).

b)Prácticas agrícolas

La mayoría de las prácticas de cultivo podrían calificarse de intensivas. La primera característica es que un 72% de los agricultores practican el monocultivo de maíz sin rotación. Para todos los agricultores la preparación de¡ terreno es mecanizada (tractor, arado de discos). El manejo de la fertilidad (nitrógeno y fósforo) de¡ suelo, está basado exclusivamente en el uso de fertilizantes químicos. No existen prácticas de incorporación de materia orgánica, ya que el sistema de pastoreo no permite ninguna acumulación significativa de estiércol en las parcelas aunque se queman los residuos de cosecha; las dosis de nitrógeno aplicadas, son muy altas, en promedio 180 kg/ha. Por último, existe una gran uniformidad aparente entre las prácticas agrícolas que llevan a cabo los agricultores.

c) Características específicas del suelo

El principal problema en los suelos es la acidez, siendo varias las causas que lo explican así como la alta saturación de aluminio, particularmente en la Fraylesca. Primeramente, existen causas relacionadas con la naturaleza misma de los suelos y del clima de la región (arena granítico y fuertes lluvias). También existen causas relacionadas con el tipo de agricultura practicada (ausencia de rotaciones, quema de los residuos de cosecha, métodos inadecuados de preparación del suelo, uso de dosis muy elevadas de un fertilizante acidificante como el sulfato de amonio. La erosión desempeña un papel primordial, en interacción con los factores ya mencionados.

En resumen, el problema de acidez/saturación del aluminio, es una de las tantas consecuencias de un problema general de manejo inadecuado del recurso suelo en la región. Tal situación explica que el encalado y uso de urea recomendados, no sea más que una solución parcial para los problemas existentes en la Fraylesca. (Ange, 1989). Sin embargo, dentro de la estrategia planteada para lograr en el largo plazo un aprovechamiento sustentable del suelo, este tipo de recomendaciones son necesarias, dado que si se pretende, por ejemplo, diversificar el uso del suelo o incorporar abonos verdes para recuperar su fertilidad, es condición necesaria primeramente corregir los problemas de acidez/saturación de aluminio.

2. La Fraylesca como un Proyecto

El trabajo realizado en la Fraylesca a la fecha constituye una experiencia de manejo integrado de recursos, puesto en práctica a partir de 1982, en la parte alta de una cuenca, cuyas características son: suelo de buena calidad, ligeros y con un buen clima, que hacen de la zona una de las principales y más productivas de maíz en México.

La región está integrada por una extensión de 100 mil hectáreas, y las prácticas culturales realizadas conllevan a una pérdida de suelo importante cada año, generando, por otra parte, la sedimentación en la parte baja de la cuenca, traducida en invasión y destrucción de caminos y carreteras, así como en el bloqueo de canales y drenajes, con la consecuente contaminación de¡ agua disponible en la región.

Se ha establecido con claridad, que las principales causas de la erosión y disminución de fertilidad en los suelos se debe a las prácticas culturales deficientes y a la extensión de suelo dedicado a la agricultura, ambas son desde luego actividades económicas que son decididas por los habitantes en la región. Esta población, que se puede considerar como el agente económico vinculado a la zona, constituida por campesinos, pequeños productores y algunos agricultores comerciales, constituye la población objetivo a tomar en cuenta en cualquier acción relacionada con el desarrollo de la zona y su evaluación.

El patrón de uso de suelo que se observa en la zona y la racionalidad que existe detrás de¡ mismo, está íntimamente vinculado con los hábitos y costumbres prevalecientes desde hace muchos años.

Las tierras de ladera en general han sido el cobijo de la gente sin recursos que emigran de los valles en busca de un sitio donde vivir y un pedazo de tierra para trabajar. Sin embargo, en la Fraylesca esta no es la situación, los productores de la zona son prósperos y con variadas alternativas de ingreso, sin embargo, el desconocimiento en el manejo de los recursos ha causado una degradación de los mismos, asunto que es necesario contrarrestar en virtud del alto potencial productivo que se tiene en la zona y al trabajo de investigación que se ha realizado, lo cual puede ser ejemplo en el manejo de recursos, a aplicar en otros lugares.

El patrón de cultivos observado en la zona es básicamente alrededor del cultivo
de maíz, incorporando, en forma asociada o como sistema de cultivo, el frijol, la arveja ó chícharo, el garbanzo, el haba y la lenteja.

De esta manera el propósito principal de¡ trabajo que se ha venido realizando en la región de la Fraylesca, tiene la intención de establecer medidas correctivas que eliminen o aminoren la erosión de los suelos, a un punto de estabilización, y que, por otra parte, sea socialmente aceptable. La posibilidad de alcanzar este punto de estabilización depende en gran medida de los cambios en la racionalidad de los productores o agentes económicos aguas arriba, lo que a su vez depende en gran medida de la posibilidad de eliminar los limitantes tecnológicos e institucionales de las cuales son víctimas los productores, y de evaluar la magnitud de gasto que la sociedad pueda pagar para cambiar esta racionalidad, y consecuentemente tener un impacto en las condiciones aguas abajo de la cuenca (equidad interespacial).

El asunto alterno, motivo esencial de¡ presente trabajo, es evaluar la magnitud de los beneficios netos privados y los gastos que como grupo social los productores de la Fraylesca deberían asumir, a fin de mantener o rehabilitar la base de recursos naturales, principalmente suelo, a través de¡ tiempo (equidad intertemporal), lo cual constituye propiamente el concepto de **sostenibilidad o sustentabilidad.**

La disponibilidad de datos provenientes de la región 'La Fraylesca" en Chiapas, México, y las característica de la región, han permitido ensayar soluciones factibles a un problema de degradación de la fertilidad del recursos suelo, que está limitando la productividad sostenible del cultivo de maíz y, por ende, el nivel de ingreso de los agricultores.

El objetivo, entonces, ha sido desarrollar una metodología que permita, en el largo plazo, lograr un uso y manejo apropiado de¡ recurso suelo, sin degradar

de manera irreversible sus características fisicas y químicas, a fin de aprovecharlo en forma integrada y sustentable, considerando su interrelación espacial y temporal con los recursos totales en la localidad.

Ya se ha desarrollado una primera fase de trabajo en la región, de la cual surgieron dos innovaciones tecnológicas: 1) el encalado para disminuir la acidez actual (presente en aproximadamente 33,500 ha) y aumentar lógicamente la productividad de los suelos; y 2) el usa de urea, como fuente de nitrógeno más económica y a la larga, menos acidificante que el sulfato de amonio.

A pesar de que las tecnologías generadas a la fecha son bastante promisorias para los agricultores en el área de influencia, existe la impresión entre los investigadores y administradores de los centros de investigación, que ha resultado costoso instrumentar los resultados, aun cuando la mayoría de¡ trabajo se ha establecido con base en la metodología de la Investigación Adaptativa en Campos de Agricultores (ICA). Es decir, las actividades y estudios se realizan en las parcelas de los agricultores y los técnicos residen en las áreas de trabajo; sin embargo, algunos ensayos se pierdan por circunstancias naturales y los costos de viajes e insumos se incrementan de manera importante, presionando aún más los escasos recursos de que disponen las instituciones de generación y transferencia de tecnología.

3. La Fraylesca, un ejemplo de respuesta institucional

Es obvio que todo tipo de investigación requiere inversiones cuya recuperación ocurre en el futuro. La evolución negativa de la asignación presupuestaria para gastos de investigación a partir de la década de los años 80, en América Latina

y el Caribe, se ha constituido en un elemento critico para cualquier esfuerzo tecnológico futuro (Trigo y Rustein, 1989).

En particular, a partir de 1982. la situación económica general prevaleciente en México ha inducido una relativa escasez de financiamiento disponible para la investigación.

Por lo tanto, en 1983 el Instituto Nacional de Investigaciones Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP), en convenio con el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), decidieron explorar mediante proyectos colaborativos, la utilidad potencial de los conceptos y procedimientos de la Investigación Adaptativa en Campos de Agricultores (ICA), para mejorar la eficiencia en el uso de los recursos de¡ instituto, a la vez que se incorporaran y mejoraran las condiciones regulares de¡ manejo de los recursos naturales en la finca. Es decir, el trabajo en la Fraylesca se inició y ha continuado, como una respuesta institucional a las condiciones de escasez de recursos económicos, y la necesidad imprescindible de romper el círculo de degradación de recursos y medioambiente – improductividad - pobreza, para cambiarlo a un ciclo de rehabilitación de Recursos-productividadriqueza.

ANEXOS 3

ANEXO 3

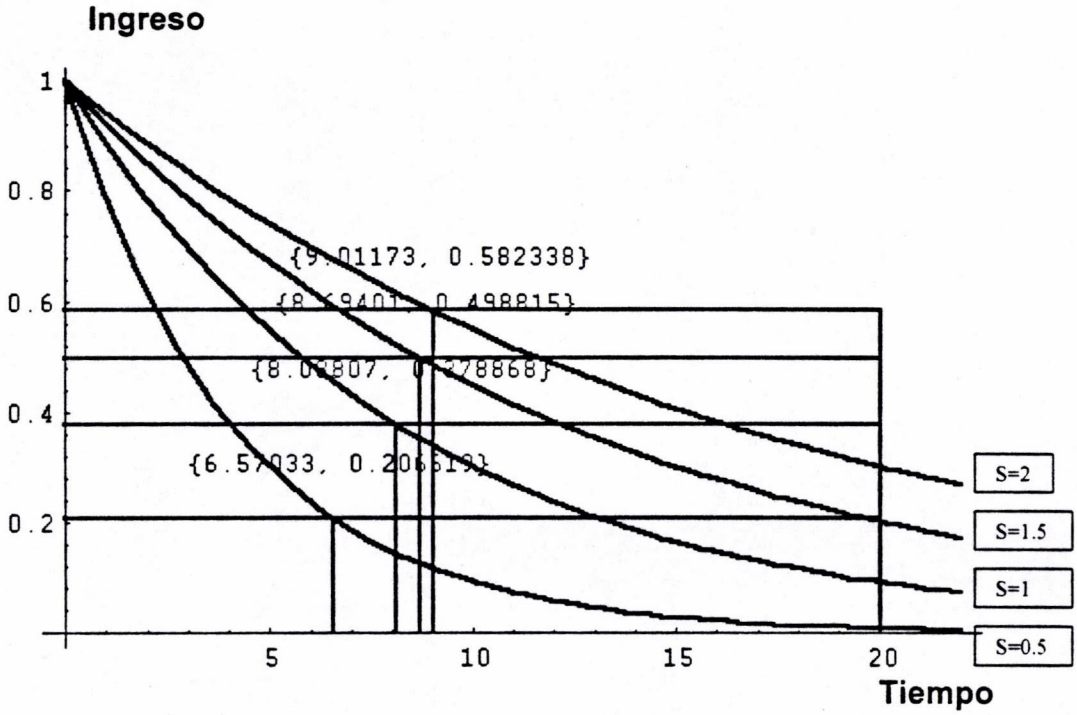
Cuadro 1. Factores de interés de valor futuro para una unidad de recurso, utilizando una r=0.12% en t=20 períodos.

t=años	s=0.5	Clásica	s=1.5	s=2.0
1	0.786628	0.88692	0.923116	0.941765
2	0.618783	0.78662	0.852144	0.886921
3	0.486752	0.69767	0.786628	0.835275
4	0.382893	0.61878	0.726149	0.786628
5	0.301194	0.54881	0.670321	0.740818
6	0.236928	0.48675	0.618783	0.697676
7	0.186374	0.43171	0.571209	0.657047
8	0.146607	0.38289	0.527292	0.618783
9	0.115325	0.33959	0.486752	0.582748
10	0.090718	0.30119	0.449329	0.548812
11	0.071361	0.26713	0.414783	0.516851
12	0.056134	0.23692	0.382893	0.486752
13	0.044157	0.21013	0.353455	0.458406
14	0.034735	0.18637	0.326285	0.431711
15	0.027323	0.16529	0.301194	0.406572
16	0.021493	0.14660	0.278037	0.382893
17	0.016907	0.13002	0.256661	0.360595
18	0.013299	0.11532	0.236928	0.339596
19	0.010462	0.10228	0.218712	0.319819
20	0.008229	0.09071	0.201897	0.301194

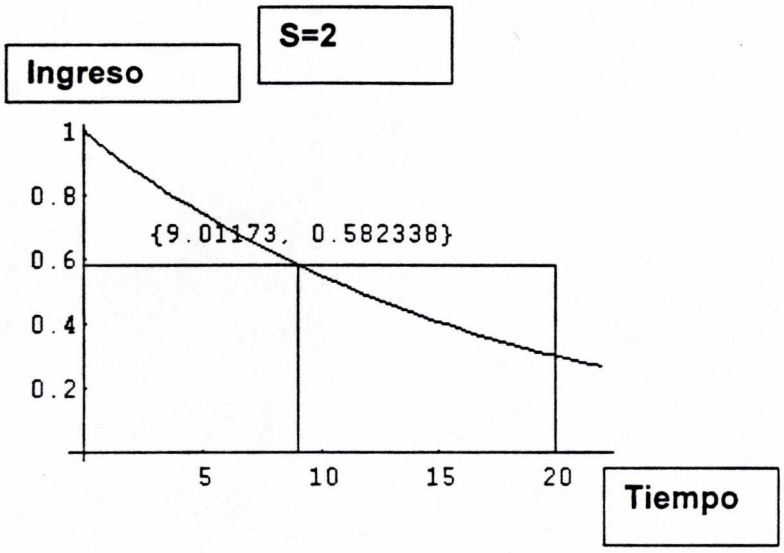
Fuente: Elaborada por Ma.de los Angeles Velázquez Hernández

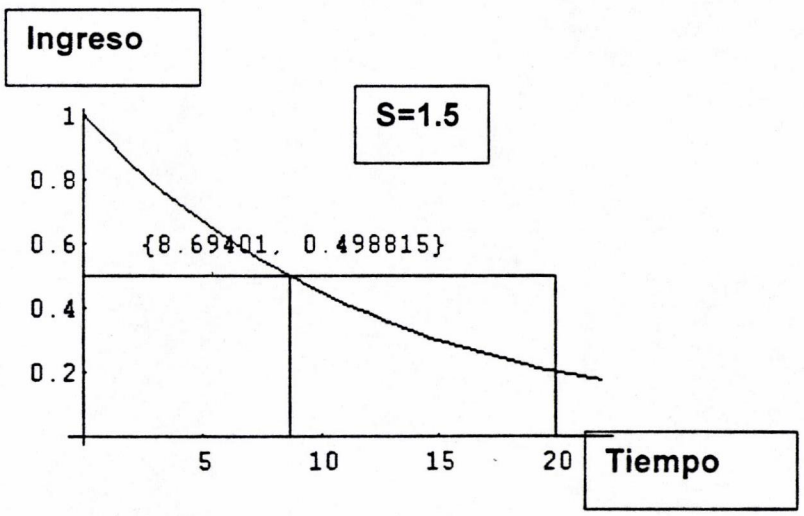
ANEXOS 4

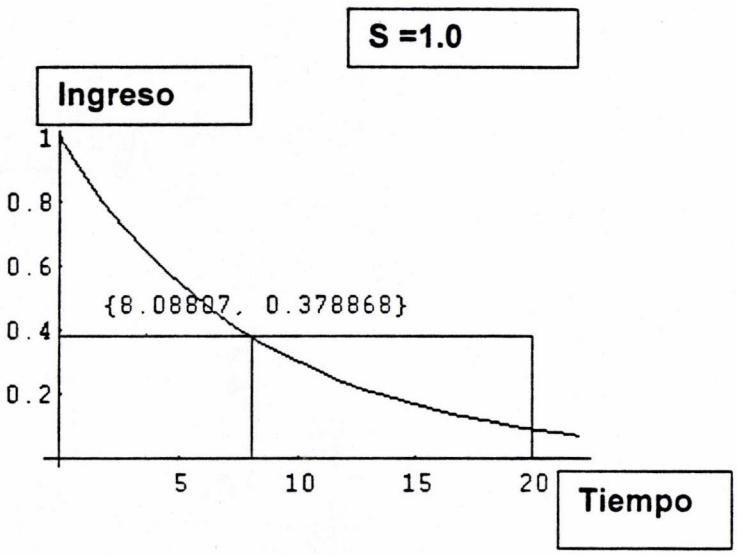
CURVAS ISOSUSTENTABLES

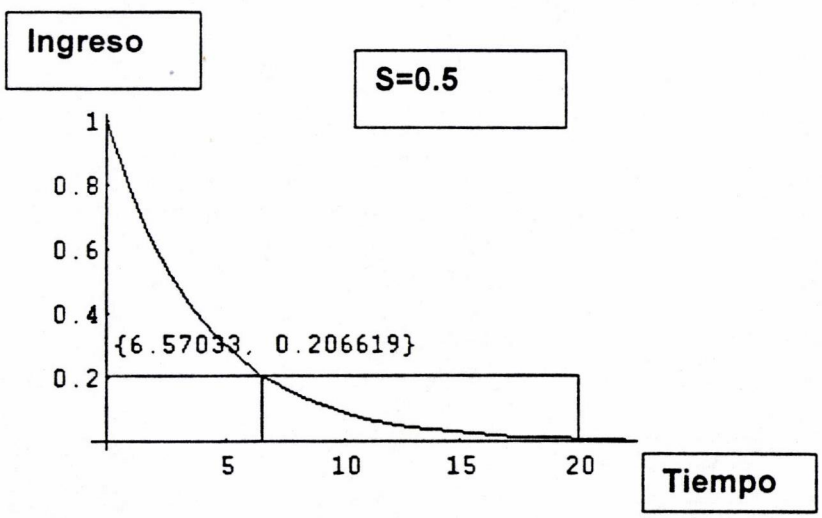


CURVAS DE DEGRADACION O DETERIORO DEL RECURSO






S =1.0
Ingreso
1
0.8
0.6
{8.08807, 0.378868}
0.4
0.2
5
10
15
20
Tiempo


Ingreso
S=0.5
1
0.8
0.6
0.4
{6.57033, 0.206619}
0.2
5
10
15
20
Tiempo

ANEXOS 5

ANEXO 5

Se consideró entonces una región en donde dentro de las unidades de producción, familiares o rurales (UPR) se desarrollan actividades sobre las cuales se pueden aplicar recomendaciones técnicas alternas.

Los impactos generados serán entonces consecuencia de los cambios que se hagan al sustituir las actividades tradicionales por las nuevas tecnologías recomendadas.

Se espera que para cada actividad tradicional y la alterna recomendada, se puedan calcular indicadores que proporcionen los elementos para evaluar actividades (transiciones entre actividades o costos de transición), de acuerdo a los criterios de:

1. Rentabilidad económica
2. Aceptabilidad social
3. Factibilidad ecológica o sustentabilidad

El valor presente de los beneficios netos de una nueva tecnología sería:

$$\text{Max } f(B_t - C_t)\, e^{-rt} \quad \text{donde:}$$

B_t = beneficios brutos en el año t
C_t = costos totales en el año t
r = tasa de descuento anual

Entonces los criterios de decisión serian los indicados en el cuadro 1. Donde:

VPN_p= valor presente privado de la transición, costos de oportunidad privados.

GN = ganancia neta.

Ahora:

$VPN_P = VP_p - P'V_P$; donde;
PV_P = valor presente privado de la nueva tecnología
PV'_p = costo de oportunidad o valor presente más grande entre las opciones con tecnologías tradicionales; y
GN = $VPN_S + VPN_P$, donde
VPN_s = valor presente de los beneficios sociales

Cuando

$VPN_P \leq 0$ $|VPN_P|$ es el subsidio mínimo (SP) requerido para inducir a un productor ó UPR adoptar la nueva tecnología. Por otra parte el VPN_s es la cantidad máxima que la sociedad pagaría para compensar las pérdidas (SS), del recurso.

La obtención de los valores descritos requiere contabilidades privada y social. Los cálculos en ambas contabilidades estarían basadas en valores por hectárea, en moneda local y a un nivel de precio constante.

Entonces los criterios de decisión serían los que se muestran en el Cuadro 1.

1.Criterios de Decisión

Resultados I	Nivel de Clasificación I	Resultado II	Nivel de Clasificación II	Diseño de Política	Origen de Fondos
Rentable Privadamente	$VPN_p \geq 0$	Rentable Socialmente	$VPN_s \geq 0$	Quitar Restriccione	Cuota
		No rentable	$VPN_s < 0$	Quitar Restricciones	Impuesto
Transición					
No Rentable Privadamente	$VPN_p < 0$	Rentable Socialmente	$GN \geq 0$	Subsidio	Incentivo
		No rentable Socialmente	$VPN_s < 0$ $GN < 0$	No intervención	

Ahora el

$$VPN_p = \int (B_t - C_t)(I+r)^{-r} dt,$$

Sin embargo, para propósitos prácticos se pueden aplicar las expresiones descritas:

$$VP_P = \sum_{t=1}^{T} (B_t - C_t)(I+r)^{-t};$$

Para la nueva tecnología

T= años con datos disponibles
t = 1, el año base

De la misma forma:

$$VP'_P = \sum_{t=1}^{T} (B_t - C_t)(I + r)^{-t};$$

para la tecnología tradicional
Para la nueva tecnología, los beneficios brutos se medirían:

$$b_t = \sum_{m=1}^{m} P_m Q_{mt},$$

Donde:

P_m = vector de precios de mercado de los productos
Q_{mt} = vector de productividades por cultivo en el año t

De la mismo forma

$$b'_t = \sum_{m=1}^{m} P^1_m Q^1_{mt};$$

Para la tecnología tradicional

Suponiendo un coeficiente de función de producción fijo, los costos totales para la nueva tecnología serían:

$$C_t = \sum_{m=1}^{M} I_m q_{mt} + G;$$

I_m = vector de precios de los insumos
Q_{mt} = cantidad por año
G = otros costos que incluyen el acceso a la tecnología, crédito y costos de transacción.

Simplemente:

$$C_t^1 = \sum_{m=1}^{M} I_m^1 q_m^1 + \quad G;$$

Aplicación Empírica del Modelo

Como ya se anotó el modelo fue probado con datos de Sonora, tanto para la Costo de Hermosillo, como para el Valle del Yaquí.

Los resultados del análisis se muestran en los Cuadros 2 y 3 de los cuales derivamos que las tecnología aplicada para un uso más eficiente del agua es rentable ($VPN_p > 0$) y sustentable ($VPN_s > 0$) en ambas regiones.

Cuadro 2. Análisis de Rentabilidad y sustentabilidad de Sistemas de Producción en Trigo en la Costa de Hermosillo

Año	ITT	CPTT	CATT	CP-CATT	BTTPP	BTTPS	INT	CPNT	CANT	CP-CANT	BNTPP	BNTPS
1985	2001.3	640.5	144.2	496.3	1360.8	1216.6	2001.3	0613.1	0116.8	0496.3	1388.2	1271.4
1986	2129.0	821.1	175.8	645.3	1307.9	1132.1	2129.0	787.7	142.4	645.3	1341.3	1198.9
1987	2264.9	1052.7	214.4	838.3	1212.2	997.8	2264.9	1012.0	173.7	839.3	1252.9	1079.2
1988	2409.5	1349.7	261.5	1088.2	1059.8	798.3	2409.5	1291.0	211.8	1088.2	1109.5	897.7
1989	2563.3	1643.1	378.0	1265.1	920.2	542.2	2563.3	1571.3	306.2	1265.1	992.0	685.8
1990	2796.9	1936.5	494.5	1442.0	790.4	295.9	2726.9	1842.5	400.6	1442.0	884.4	483.8
1991	2891.6	2954.9	999.6	1955.5	-63.3	-1062.9	2891.7	2765.0	809.6	1955.3	126.6	-683.1
1992	4120.3	3505.0	975.5	2529.5	615.3	-360.3	4120.3	3238.7	709.2	2529.5	881.6	127.5
1993	4241.9	3164.0	1080.6	2083.4	1077.9	-2.7	4241.9	2958.7	875.3	2083.4	1283.2	407.9
1994	3592.3	2978.2	956.7	2021.5	614.1	-342.8	3592.3	2806.5	784.9	2021.5	785.9	0.1
1995	4330.0	3180.6	982.1	2198.5	1149.4	167.4	4330.0	2994.0	795.5	2198.5	1336.0	540.5
1996	5566.3	4516.1	1416.0	3100.1	1050.2	-365.8	5566.3	4247.0	1147.0	3100.1	1319.1	172.3
1997	6684.0	6940.1	1860.9	5079.2	-79.1	-1937.0	6864.0	6586.5	1507.3	5079.2	277.5	-1229.9

PVP	PVP	VPNP
$6,105.40	$6,831.97	$726.56
PVS	PVS	PVNS
$2,436.55	$3,889.68	$1453.13

Donde:

ITT	= Ingreso Tecnología Tradicional
CPTTT	= Costos Producción Tecnología Tradicional
CAT	= Costos de Agua Tecnología Tradicional
CP-CATT	= Costos de Producción-Costos de Agua Tecnología Tradicional
BTTPP	= Beneficios Tecnología a Precios Privados
BTTPS	= Beneficios Tecnología Tradicional a Precios Sociales
INT	= Ingreso Nueva Tecnología
CPNT	= Costos de Producción Nueva Tecnología
CANT	= Costos de Agua Nueva Tecnología
CP-CANT	= Costos de Producción-Costo de Agua Nueva Tecnología
BNTPP	= Beneficios Nueva Tecnología a Precios Privados
BNTPS	= Beneficios Nueva Tecnología a Precios Sociales
Pv'p	= Valor Presente a Precios Privados de la Tecnología Tradicional
Pvp	= Valor Presente a Precios Privados de la Nueva Tecnología
Pv's	= Valor Presente a Precios Sociales de la Tecnología Tradicional
Pvs	= Valor Presente a Precios Sociales de la Nueva Tecnología
Vpnp	= Diferencia de los valores presentes valores a precios privados entre tecnologías
Vpns	= Diferencia de los valores presentes valorados a precios sociales entre tecnologías

Cuadro 3. Análisis de Rentabilidad y sustentabilidad de Sistemas de Producción en Trigo en el Valle del Yaqui

Año	ITT	CPTT	CATT	CP-CATT	BTTPP	BTTPS	INT	CPNT	CANT	CP-CANT	BNTPP	BNTPS
1985	1700.5	460.9	13.7	447.2	1239.7	1225.1	1700.5	457.6	10.4	447.2	1242.9	1232.5
1986	1876.2	614.2	17.7	596.6	1261.1	1244.3	1876.2	610.0	13.4	596.6	1266.2	1252.8
1987	2901.0	818.6	36.1	781.6	2082.4	2045.4	2901.0	809.8	28.1	781.6	2091.3	2063.2
1988	2677.9	1091.0	94.1	996.9	1586.9	1492.7	2677.9	1068.4	71.5	99.9	1609.5	1537.9
1989	2386.5	1454.0	110.4	1343.6	932.5	822.1	2386.5	1427.5	83.9	1343.6	959.0	875.1
1990	1925.9	1817.0	157.1	1659.9	108.8	-48.3	1925.9	1779.3	119.4	1659.9	143.6	27.2
1991	2856.8	2593.0	162.6	2430.4	263.8	101.2	2856.8	2553.1	123.6	2430.4	302.8	179.2
1992	2917.3	3870.0	194.8	3675.2	-952.7	-1147.5	2917.3	3823.2	148.0	3675.1	-905.9	-1054.0
1993	3165.1	3366.0	328.6	3037.4	-200.0	-528.6	3165.1	3287.1	249.7	3037.4	-121.2	-370.9
1994	3166.4	3579.0	371.4	3207.6	-412.6	-784.0	3166.4	3489.9	282.3	3207.6	-323.5	-605.8
1995	6197.9	3628.0	407.4	3220.6	2479.9	2072.5	6107.9	3530.2	309.6	3220.6	2577.7	2268.0
1996	9233.5	5082.0	671.4	4410.6	4151.5	3480.1	9233.5	4920.9	510.3	4410.6	4312.6	3802.4
1997	8269.8	6747.0	671.4	6075.6	1522.8	851.4	8269.8	6585.9	510.3	6075.6	1683.9	1173.6

PVP $6,844.89	PVP $7,106.09	VPNP $726.20
PVS $5,756.56	PVS $6,278.96	PVNS $522.40

Donde:

ITT	= Ingreso Tecnología Tradicional
CPTTT	= Costos Producción Tecnología Tradicional
CAT	= Costos de Agua Tecnología Tradicional
CP-CATT	= Costos de Producción-Costos de Agua Tecnología Tradicional
BTTPP	= Beneficios Tecnología a Precios Privados
BTTPS	= Beneficios Tecnología Tradicional a Precios Sociales
INT	= Ingreso Nueva Tecnología
CPNT	= Costos de Producción Nueva Tecnología
CANT	= Costos de Agua Nueva Tecnología
CP-CANT	= Costos de Producción-Costo de Agua Nueva Tecnología
BNTPP	= Beneficios Nueva Tecnología a Precios Privados
BNTPS	= Beneficios Nueva Tecnología a Precios Sociales
Pv'p	= Valor Presente a Precios Privados de la Tecnología Tradicional
Pvp	= Valor Presente a Precios Privados de la Nueva Tecnología
Pv's	= Valor Presente a Precios Sociales de la Tecnología Tradicional
Pvs	= Valor Presente a Precios Sociales de la Nueva Tecnología
Vpnp	= Diferencia de los valores presentes valores a precios privados entre tecnologías
Vpns	= Diferencia de los valores presentes valorados a precios sociales entre tecnologías