

INFORME FINAL

FERNANDO MESTRE SANCHÍS

**METODOLOGÍA PARA EL LEVANTAMIENTO DE
INFORMACIÓN BASE PARA LA GENERACIÓN
DE AGRICULTURAS SUSTENTABLES ANTE EL
CAMBIO CLIMÁTICO**

ECONOMÍA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

**9 de septiembre de 2013 al 7 de febrero de 2014 y del 1
de mayo al 31 de diciembre de 2014**

Contenido

INTRODUCCIÓN	3
MARCO TEÓRICO	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	5
JUSTIFICACIÓN	5
OBJETIVO GENERAL	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
RESULTADOS OBTENIDOS	6
PAPER INDEXADO O ARTÍCULO CIENTÍFICO PUBLICADO	6
1. CONTRIBUCIÓN AL PLAN DEL BUEN VIVIR	18
2. DESCRIPCIÓN DE PRODUCTOS ALCANZADOS	18
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	18
LIMITACIONES	21
BIBLIOGRAFÍA	21
ANEXOS	23

INFORME FINAL DE ACTIVIDADES

INTRODUCCIÓN

El Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre cambio climático (IPCC, 2014) expresa claramente que nos enfrentamos a un aumento significativo de la temperatura a escala global, no explicable sólo por causas naturales. El informe documenta asimismo el impacto del cambio climático durante los últimos 30 años en el comportamiento de numerosos sistemas físicos y biológicos, muchos de ellos en América Latina. Los efectos del Cambio Climático serán diferentes dentro del continente, aunque la agricultura será uno de los sectores más perjudicados. Es precisamente la agricultura el medio de vida de millones de personas en América Latina, que viven en zonas rurales con mayores índices de pobreza que las ciudades.

Cabe esperar que las zonas rurales estén entre las más afectadas por el Cambio Climático, debido a cambios significativos en las precipitaciones, así como el aumento de temperaturas y frecuencia de eventos extremos como sequías y olas de calor. El cambio climático podría imponer nuevas dificultades a las comarcas rurales y se necesita divulgar los efectos esperados entre la población local y desarrollar herramientas y políticas que permitan a las zonas rurales adaptarse a estos cambios. En muchos países se han realizado esfuerzos en la lucha contra el Cambio Climático, tanto en estudios científicos como en acciones concretas. Sin embargo, no ha habido un intercambio significativo entre instituciones académicas, administraciones y empresas públicas y los agentes sociales de las regiones. Esta propuesta ha generado conocimiento con vistas a recomendar políticas y definir prácticas resilientes capaces de hacer frente al Cambio Climático, en base a la cooperación interdisciplinar entre instituciones de distinta índole.

MARCO TEÓRICO

La elaboración de las estrategias de adaptación y/o resiliencia al Cambio Climático supone combinar procesos de “planificación descendente” o de “arriba-abajo” (*top-down approach*), con opciones de adaptación a nivel de sectores, sistemas o regiones bajo una aproximación descentralizada y ascendente “abajo-arriba” (*bottom-up approach*).

La metodología apropiada para el estudio se basa en:

- Obtener información de los medios físico y biológico con el fin de estimar las repercusiones económicas que los impactos sobre estos, como consecuencia del Cambio Climático, estos tienen en la economía regional.
- Utilizar los datos generados por Modelos de Circulación General (MCG) que constituyen una herramienta para la investigación del clima y sus fluctuaciones.
- Desarrollar una metodología interdisciplinar desde la economía para el análisis coste-beneficio.

Para desarrollar esta metodología es necesario realizar las siguientes fases:

Búsqueda documental y estadística de los diferentes aspectos objeto del proyecto, a partir de diversas fuentes de documentación. Dicha información, tratada como una herramienta de análisis, que orienta tanto, el desarrollo del ámbito del estudio de campo, como el diseño de los productos del proyecto.

Con el objetivo de realizar un análisis coste-beneficio se necesita desarrollar a partir de la información regional una serie de medidas para poder calcular los costes de no actuación ante un escenario de cambio climático y los beneficios de una actuación preventiva y organizada.

Un MCG es una representación espacial y temporal aproximada de los principales procesos físicos que ocurren en la atmósfera y de sus interacciones con los demás elementos del medio ambiente. De su resolución se obtiene la evolución temporal y espacial del sistema climático, en función de las condiciones iniciales y de contornos elegidos y de los valores de ciertos parámetros climáticos (por ejemplo, la concentración de CO₂ atmosférico). Esto se denomina experimento numérico, simulación climática o experimento climático y puede orientarse tanto a la descripción del clima contemporáneo (experimentos de control), como a la investigación del clima resultante de uno o más cambios en los parámetros climáticos.

Los modelos de simulación de cultivos tienen varias aplicaciones actuales y potenciales en respuesta a temas relacionados con investigación, manejo de cultivos y planificación, aspecto este último de mucho interés para los servicios de adaptación.

Los modelos ayudan a la comprensión de las interacciones genético-fisiológico-ambientales, con una integración interdisciplinaria. Como herramienta de planificación permiten cuantificar a través de la predicción el impacto de los procesos de erosión, contaminación por agroquímicos, distintas estrategias ante el cambio climático y el pronóstico de rendimiento a nivel regional y de parcela. Permiten definir estrategias de producción en la etapa de planificación de un cultivo futuro o bien ayudar a tomar decisiones tácticas durante el ciclo del cultivo tales como: prácticas culturales, fertilización, irrigación y uso de pesticidas.

Para que los agricultores adopten alguna medida de adaptación al Cambio Climático deben ejecutarse previamente demostraciones, que indiquen cuáles medidas evaluar, la conveniencia económica de introducirlas y a través de cuáles mecanismos. Asimismo, esto debe realizarse aprovechando la experiencia de Universidades y agentes sociales de la región, en el marco de una cooperación transdisciplinaria.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las predicciones de diversos organismos internacionales como el Panel Internacional sobre Cambio Climático (IPCC), la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) advierten sobre los impactos negativos del fenómeno climático. Los efectos del Cambio Climático son cada vez más evidentes y afectan con mayor frecuencia a diferentes aspectos de la vida de las personas, incidiendo en muchos aspectos como la alimentación, la salud, los desplazamientos y los hábitos de vida. Los responsables políticos carecen de la información necesaria a la hora de tomar decisiones acertadas.

En este proyecto se analizaron algunas medidas de adaptación al Cambio Climático relacionadas con sectores vulnerables en la provincia de El Oro. Se seguirán las direcciones arriba-abajo y abajo-arriba. Se utilizarán los resultados de los informes del IPCC y datos similares proporcionados por instituciones internacionales, regionales y nacionales; así como modelos de simulación de cultivos, calibrados para cada caso. A partir de este análisis se estiman los impactos del Cambio Climático en la economía regional, así como las medidas de adaptación más factibles, según los estudios previos realizados a nivel internacional, regional y nacional.

Esta propuesta fue presentada y discutida con los actores relevantes de la Provincia de El Oro, determinando las condiciones reales de introducción de las medidas de adaptación más factibles y creando una “hoja de ruta” que permita a los políticos regionales establecer estrategias locales. Existen numerosos resultados científicos que señalan el impacto del Cambio Climático; así como propuestas de medidas de adaptación. Las Políticas al respecto han sido desarrolladas a través de normativas nacionales y regionales, de forma independiente. Las instituciones y los centros de investigación manejan estos resultados en su ámbito nacional y regional, lo cual constituye una fortaleza.

DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo se ha desarrollado en la provincia de El Oro que por sus características orográficas se asemeja a todo Ecuador en su conjunto, ya que cuenta con una zona de Costa otra de Sierra y también una zona región Amazónica. Asimismo, las acciones deben enfocarse en el marco de una cooperación interregional, porque los riesgos climáticos son similares y las soluciones podrían serlo también. Es por eso que la mayor fortaleza consiste en la diversidad de instituciones participantes, tanto por su naturaleza como por su origen. El tiempo dedicado a la elaboración del trabajo ha sido el transcurrido durante mi primera vinculación que se dividió en dos periodos, el primero desde setiembre 2013 hasta principios de febrero de 2014 y el segundo desde principios de mayo hasta finales de diciembre de 2014. Sin embargo en el periodo transcurrido entre ambas estancias se realizaron gestiones que han servido para llevar a cabo labores de

En el estudio por tratarse de una propuesta transdisciplinar se consideran variables de diferentes categorías desde las derivadas del medio físico y biológico hasta las que tienen que ver con aspectos sociales y económicos

JUSTIFICACIÓN

Además del informe del IPCC, existen los resultados de varios estudios, dirigidos a establecer las medidas de adaptación al Cambio Climático más adecuadas para diversas regiones rurales. Sin embargo, estos estudios de “arriba a abajo” no son suficientes para implementar estas medidas entre los agricultores. Ellos deben complementarse con estudios de “abajo a arriba”, asumiendo que las medidas de adaptación al Cambio Climático se harán efectivas sólo combinando los estudios de vulnerabilidad física con análisis sociales. Los estudios realizados tampoco han calculado los costes y beneficios de la introducción de dichas medidas, comparados con los costes de la inacción.

En este proyecto se analizaron algunas medidas de adaptación y/o resiliencia al Cambio Climático relacionadas con sectores vulnerables en la provincia de El Oro. Se seguirán las direcciones arriba-abajo y abajo-arriba. Se utilizaron los resultados de los informes del IPCC y datos similares proporcionados por instituciones internacionales, regionales y nacionales; así como modelos de simulación de cultivos, calibrados para cada caso.

A partir de este análisis se estimarán los impactos del Cambio Climático en la economía regional, así como las medidas de adaptación más factibles, según los estudios previos realizados a nivel internacional, regional y nacional.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de esta propuesta de investigación es servir de instrumento para desarrollar políticas integradoras, que tengan en cuenta el impacto esperado del Cambio Climático, garantizando a su vez la sustentabilidad de la producción agrícola y el bienestar de los habitantes en las áreas rurales. La investigación en la Universidad Técnica Estatal de Machala ha estado destinada a proponer metodologías para la generación de conocimiento relevante para la promoción de un sector agrario sustentable y capaz de hacer frente a los desafíos del Cambio Climático en curso. Para ello se desarrollará una plataforma de investigación y actuaciones en torno a dos objetivos principales. Por una parte, el desarrollo de una metodología ante distintos escenarios derivados del cambio climático que puedan producir eventos extremos. Por otra, la propuesta de estrategias de resiliencia que deberán ser económicamente viables para la agricultura y la economía local y regional.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos han sido analizar el coste y el beneficio que los efectos derivados del cambio climático en curso tendrán sobre la economía regional. Por otra parte se ha llevado a cabo análisis económicos del impacto sobre la agricultura regional y también han sido evaluadas medidas de adaptación a corto y largo plazo para la región que sean económicamente viables. Estas actividades se realizarán en colaboración con los agricultores, asociaciones agrarias y autoridades locales que permita desarrollar un banco de experiencias de todos los agentes implicados.

RESULTADOS OBTENIDOS

PAPER INDEXADO O ARTÍCULO CIENTÍFICO PUBLICADO

CAPÍTULO DEL LIBRO: Metodologías de la valoración ambiental. Ecuador.

Editorial: SENESCYT.

Marzo 2015

METODOLOGIA PARA LA INTEGRACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PROCESOS DE DECISIÓN AGRARIA.

Una aproximación Multicriterio para la planificación resiliente de los cultivos.

Fernando Mestre Sanchís (*) Rigoberto Miguel García Batista (**) María Luisa Feijóo Bello (***)

(*) Investigador Prometeo. Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Técnica de Machala
fmestre@utmachala.edu.ec

(**) Docente Investigador. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Machala
rmgarcia@utmachala.edu.ec

(***) Prometeo. Universidad Técnica Estatal de Quevedo- Universidad de Zaragoza. España
mfeijoo@unizar.es

Resumen

Cada vez es mayor la preocupación social por las consecuencias adversas que el modelo de desarrollo económico tiene sobre el medio ambiente. Esto tiene especial relevancia en las zonas rurales donde los efectos sobre el medio natural son percibidos con mayor proximidad. Este trabajo desarrolla un instrumento metodológico con el cual es posible integrar los elementos asociados al cambio climático, en los procesos de decisión agraria. Se analiza la influencia del cambio climático en el sector agrario utilizando el Paradigma de la Decisión Multicriterio junto con Modelos de Simulación de Cultivos (EPIC, 1990; DSSAT-

Jones y col., 1998; Thornton y col. 1995), y Modelos de Circulación General. La metodología desarrollada, es pionera por su marcado carácter transdisciplinar y aplicable a diferentes regiones y cultivos. Los resultados obtenidos en diferentes zonas han mostrado la especial incidencia de las condiciones climáticas en las alteraciones del medio físico y en la composición de las carteras de cultivos de los agricultores, desencadenando efectos adversos, tanto medioambientales como sociales.

Palabras Clave: Aportación Metodológica. Cambio Climático. Resiliencia Cultivos

Abstract

There is growing social concern about the adverse consequences that the model of economic development has on the environment. This is particularly important in rural areas where the effects on the environment are perceived with greater proximity. This paper develops a methodological tool with which you can integrate the elements associated with climate change in agricultural decision processes. Circulation Models, and the influence of climate change is analyzed in agriculture using the Paradigm of Multi-Criteria Decision Making with Crop Simulation Models (EPIC, 1990; DSSAT- Jones et al., 1998; Thornton et al. 1995), and General Circulation Models (GCM). The methodology developed, is a pioneer instrument for its strong transdisciplinary character and is applicable to different regions and crops. The results obtained in different areas have shown the incidence of special climatic conditions in the physical environment and changes in the composition of the portfolios of crop farmers, generating both environmental and social adverse effects.

Keywords: Methodological contribution. Climate Change. Resilience. Crops

1. Introducción

La existencia de la atmósfera hace posible la vida en la Tierra, sus componentes, los Gases de Efecto Invernadero (GEI) por su *composición y mezcla*, son aquellos que absorben la radiación emergente de la superficie terrestre que de otra forma sería emitida al espacio. (Tietenberg, 1992). Durante los últimos años, la actividad humana está incidiendo tanto en la *composición* como en la *mezcla* de la atmósfera, modificando de ese modo el clima. Por otra parte, a pesar de los avances tecnológicos, la producción agraria continúa teniendo una estrecha dependencia de los factores climáticos, y en consecuencia, se ve afectada por el fenómeno del cambio climático. La incidencia del cambio climático en la agricultura se manifiesta fundamentalmente en los efectos producidos directamente en el propio cultivo, por los elementos climáticos (radiación, temperatura, precipitación, etc.) y también indirectamente, a través de cambios que afectan al medio físico y biológico. Una de las secuelas más serias del Cambio Climático en la agricultura, es la que se deriva de las alteraciones de disponibilidad de agua, que harán más frecuente la escasez del recurso. Este fenómeno adquiere importancia relevante en estaciones de baja precipitación siendo aún mayor en zonas secas. Cada vez con mayor certeza se señala hacia las mismas regiones en las que se prevén pérdidas del contenido hídrico del suelo, por este motivo resulta de vital importancia considerar el agua en la construcción de los escenarios, ya que ésta tiene incidencia económica directa en la capacidad de producción. (IPCC, Informe WGII, 1990 y siguientes).

El principal objetivo de este enfoque metodológico es determinar la “cartera de cultivos más resiliente” para el agricultor, ante diferentes escenarios climáticos asociados a la concentración de los GEI, teniendo

en cuenta, tanto las interrelaciones entre la disponibilidad de agua prevista y los rendimientos de los cultivos en secano y en regadío, cómo los efectos de ello sobre la cartera de cultivos. Los escenarios en relación con el recurso, son de disponibilidad de agua, en el que se producen reducciones del 10%, 20% y 30% de los suministros de agua de riego en diferentes partes del ciclo vegetativo. Los porcentajes de reducción considerados en los escenarios surgen de los descensos medios de recursos hídricos estimados para la cuenca, (WWF, 2001; Ayala-Carcedo, 1996).

Finalmente se utiliza la programación por compromiso para resolver el modelo de forma similar al proceso que siguen los agricultores en la toma de decisiones. Dicho proceso, se lleva a cabo en un marco de creciente complejidad, en el que además del resultado económico entran en juego aspectos ambientales, sociales y culturales a los que se añade la mayor o menor aversión al riesgo que incide en las decisiones empresariales (Hazell y col., 1986). Se presupone que los empresarios agrícolas intentan satisfacer, en la medida de lo posible, todas las condiciones de manera simultánea. Son numerosos los estudios que de manera empírica ponen de manifiesto este comportamiento. (Romero, C. 1993; Amador y col. 1998; Bocco y col., 2000; Feijóo y col. 2000; Gómez-Limón, 2002; Mestre Sanchís, 2003; Mestre Sanchís y col., 2009). En un contexto de cambio climático, es importante la toma de decisiones sobre una base realista que emplee diferentes criterios a la hora de seleccionar la cartera de cultivos más conveniente para, de esa forma, hacer frente a las condiciones adversas.

2. Metodología para el estudio de Resiliencia Frente al Cambio Climático

La metodología que se propone nos permite analizar el comportamiento general de las unidades de decisión económica y con ello determinar la combinación más resiliente de cultivos en la que se recojan los efectos producidos por las variables físicas, biológicas y climatológicas. Entendida la resiliencia del sistema agrícola como la capacidad de mantenerse productivo en condiciones adversas, la evaluación de las diferentes carteras de cultivos se efectúa siguiendo una aproximación metodológica multiobjetivo en la que como pasos intermedios se recurre a la optimización tradicional desde un punto de vista económico. En relación con el enfoque metodológico del trabajo, por una parte se intenta explicar cómo se comportan los centros decisores en la situación actual (enfoque descriptivo) mientras que por otra, para los diferentes escenarios, se pretende determinar como deberían comportarse esos agentes (enfoque prescriptivo) para llevar a cabo la selección de cartera resiliente en un contexto de cambio climático (Bell M. y col., 1998).

La metodología, queda representada esquemáticamente en las figuras I a IV. En ellas se ven los diferentes modelos que intervienen en el desarrollo metodológico propuesto cuya secuencia se origina en los modelos climáticos y de simulación de cultivos, pasando por el modelo de decisión Multicriterio que aporta fundamentos que sirven para detectar modelos de comportamiento y finalmente la cuarta figura muestra algunos de los escenarios que pueden ser examinados con esta metodología.

La *figura I*, constituye un mecanismo generador de los escenarios que se quieren estudiar. El *modelo de simulación de cultivos* es la forma en que los diferentes factores productivos agrarios (clima, suelo y técnicas de cultivo) son captados para estimar la producción esperada de cada cultivo.

La *figura II*, muestra el componente esencial de la metodología propuesta, el cual plantea un modelo de decisión Multicriterio en el que se tienen en cuenta los *rendimientos* estimados por el modelo de simulación de cultivos descrito en el bloque anterior, expresados como Margen Neto. Por otra parte se toman en cuenta los *criterios* atribuidos a un agricultor con experiencia y las *restricciones* que limitan las

decisiones de cultivo de tipo que se contemplan en el modelo para lograr los mejores planes de cultivo en los diferentes escenarios.

Por su parte en la *figura III*, se presentan los planes de cultivo de los diferentes escenarios de resiliencia estudiados, éstos permiten avanzar en el conocimiento de los modelos de comportamiento de los agentes implicados, tanto en los escenarios de referencia como en los propuestos para el análisis de políticas alternativas.

Finalmente en la *figura IV*, muestra tres de los escenarios propuestos para ser estudiados, partiendo de los inputs adecuados aportados en los modelos de simulación de cultivos y de decisión Multicriterio.

La técnica de programación matemática utilizada es la *Programación por Compromiso* (PPC). Esta técnica que se ha utilizado en sus comienzos en entornos continuos ha sido adaptada para analizar problemas multicriterio de tipo discretos. Se emplea para identificar soluciones que se encuentran cercanas a una solución ideal aplicando para ello alguna medida de distancia. Estas soluciones se denominan soluciones compromiso y constituyen el “*conjunto de compromiso*”. Esta técnica se basa en el concepto de que una alternativa seleccionada debe tener la menor distancia posible hacia la solución ideal positiva y estar lo más alejada posible respecto de la solución ideal negativa (Yu P. L., 1973; Zeleny M., 1973).

Una solución ideal queda definida como una colección de niveles ideales en todos los atributos considerados, pudiendo suceder que tal solución normalmente sea inalcanzable o que sea no factible. El vector compuesto por los mejores valores del *j-ésimo* atributo respecto a todas las alternativas posibles es la llamada solución ideal positiva. En contraposición, la solución ideal negativa es la dada por el vector que contiene las peores puntuaciones alcanzables en los atributos.

3. Aplicaciones de la Metodología para conseguir opciones más resilientes

La estimación del impacto, es uno de los temas relacionados con el cambio climático que más atrae a los investigadores, fundamentalmente porque en gran parte las acciones resilientes para atajar el problema vendrán a partir de un mayor conocimiento de los efectos que puedan derivarse del mismo. Por otra parte, si tenemos en cuenta la desigualdad geográfica de la distribución de dichos efectos, vemos que la puesta en relieve de los impactos resulta imprescindible para que las políticas se dirijan a mejorar la resiliencia de las zonas más afectadas.

El área de estudio considerada en el estudio se refiere a los términos municipales de una zona que tiene características similares en cuanto a climatología, suelos, prácticas agrícolas y sus recursos hídricos provienen de un embalse. La superficie cultivada que abarca el estudio es aproximada a las treinta mil hectáreas de las que las $\frac{3}{4}$ partes son tierras cultivables en regadío y el resto son de secano.

Los tipos de suelo agrupados según su capacidad productiva surgen de las categorías determinadas por trabajos hechos para la zona (Nogués, 1994). En esta cartografía de suelos, se aplica el método de evaluación de tierras FAO de 1976 y el valor de índice modificado (Boixadera y col., 1991), para calcular una escala del potencial productivo de los suelos estudiados, distinguiendo trece tipos de suelo que han sido agrupados en cuatro categorías

3.1. Modelo básico de decisión

La construcción de este modelo pretende emular el ejercicio de decisión que deben hacer los agricultores al planificar su campaña, consistente en asignar recursos a cada cultivo de la explotación. Por razones de orden práctico pueden considerarse las explotaciones equivalentes a los términos municipales de cara a la toma de decisiones. A continuación, se presentan de forma esquemática, las variables de decisión empleadas, los objetivos pretendidos por los decisores y las restricciones a que se ven sometidos atendiendo a las restricciones reales existentes en la zona analizada.

Las variables de decisión X_{ij} (Tabla 2) representan la superficie en producción dedicada al cultivo j en el

tipo de suelo i , siendo $X_j = \sum_i x_{ij}$ la superficie dedicada a cada cultivo.

Cultivos: $(j=1,\dots,n)$ $n=9$ Tipos de Suelo: $S_i (i=1,\dots,m)$ $m=4$

Tabla 1. Variables de Decisión

Cultivos		Trigo	Cebada	Maíz	Girasol	Alfalfa	Arroz	Otros	Ret./PA	Barbecho
Suelos		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
Regadío	S_1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{18}	-
	S_2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{25}	X_{26}	X_{27}	X_{28}	-
	S_3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	X_{35}	X_{36}	X_{37}	X_{38}	-
Secano	S_4	X_{41}	X_{42}	-	-	-	-	X_{47}	X_{48}	X_{49}
Total	S_d	X_T	X_C	X_M	X_G	X_A	X_Z	X_O	X_R	X_B

Los objetivos se calculan con las ecuaciones:

$$[Margen Neto] \quad Z_1(X) = \sum_{j=1}^9 \sum_{i=1}^4 m_{ij} x_{ij}$$

$$[Riesgo] \quad Z_2(X) = \vec{X}^T R \vec{X}$$

Donde:

m_{ij} Margen neto para cada cultivo en cada tipo de suelo.

R Matriz de varianzas y covarianzas de los márgenes netos.

X Vector de distribución de los cultivos elegidos.

h_{ij} Consumo de agua por cultivo y tipo de suelo (m^3/Ha).

H Disponibilidad de agua.

Las Restricciones del modelo vienen medidas por las ecuaciones:

$$[Sucesión] \quad x_{ij} \leq \sum_{j \in I_i} s_j x_{ij} \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n$$

$$[Frecuencia] \quad x_{ij} \leq \frac{M_j}{M_j + N_j} S_i \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n$$

$$[PA] \quad x_{iR} \leq \sum_j r_{ij} x_{ij} \quad i=1, \dots, m \quad j=8$$

$$[Barbecho] \quad x_{49} \leq I_B \sum_{j \in Ich} x_{4j}$$

$$[Tierra] \quad \sum_j x_{ij} \leq S_i \quad i=1, \dots, m$$

$$[Mano de obra] \quad MO_t = \sum_{ij} o_{ijt} x_{ij} \quad \forall t \quad MO_t = \sum_j o_j x_j$$

$$MO_{it} = \sum_j o_{ijt} x_{ij} \quad i=1, \dots, m \quad t=1, \dots, T$$

$$[Agua] \quad H_{it} = \sum_j h_{ijt} x_{ij} \quad i=1, \dots, m \quad t=1, \dots, T \quad t \in I_H$$

$$H_t = \sum_i H_{it} \quad H = \sum_t H_t$$

Donde:

- s_j *Coficiente de sucesión de cada cultivo.*
- I_j *Conjunto de los cultivos que pueden preceder.*
- M *Tiempo que una parcela permanece ocupada por un cultivo determinado.*
- N *Tiempo que debe pasar para que un cultivo pueda volver a una parcela.*
- r_{ij} *Índice de retirada de cada cultivo.*
- I_B *Umbral de la superficie que se deja en barbecho expresado en porcentaje.*
- I_{ch} *Superficie total destinada a cultivos herbáceos.*
- S_i *Superficie cada tipo de suelo.*
- MO_t *Mano de obra requerida en el periodo t.*
- MO_{it} *Mano de obra requerida por el suelo i en el periodo t.*
- MO *Mano de obra total requerida.*
- o_{ijt} *Mano de obra requerida por cultivo j y tipo de suelo i en el periodo t.*
- H_t *Agua requerida en el periodo t.*
- H_{it} *Agua requerida por el suelo i en el periodo t.*
- H *Agua total requerida por los cultivos.*
- h_{ijt} *Agua requerida por el cultivo j y tipo de suelo i en el periodo t.*

Una vez definidas las restricciones, se construye la matriz de pagos que nos permite cuantificar que nivel de conflicto existe entre los distintos objetivos propuestos. Para su cálculo se optimiza cada objetivo separadamente y se calculan a continuación los valores de los demás objetivos en cada solución óptima. Cada elemento de la diagonal principal se denomina “punto ideal”, esto es, la solución en que el margen neto y el riesgo alcanzan su valor óptimo. El peor elemento de cada columna de la matriz de pagos es el “punto anti-ideal” Así en nuestro modelo el punto anti-ideal corresponde al mínimo margen neto y el máximo riesgo.

Tabla 2. Matriz de Pagos

	Margen Neto (Euros)	Riesgo (Euros)
Margen Neto	12.221.564	10.099.406

Riesgo	345.478.662.333	65.580.169.913
--------	-----------------	-----------------------

Dos objetivos son considerados como parte del proceso de decisión de los agricultores. Estos tratan de reflejar las inquietudes que consideramos más relevantes de los agricultores de la zona en la toma de decisiones. Los objetivos buscan por una parte Maximizar el Margen Neto y por otra Minimizar el Riesgo. La elección del margen neto, en lugar del margen bruto, para el primer objetivo, es aconsejable cuando se dispone de datos de costes fiables que permiten mejorar el trabajo. El objetivo de minimizar el riesgo, se justifica debido a que la variabilidad de las condiciones climáticas en que se llevan a cabo los cultivos, aconsejan considerar este objetivo como prioritario en el proceso de decisión.

El problema de optimización se expresa como sigue:

$$\text{Min} \left[\sum_{j=1}^2 \left(w_j \frac{|z_j w_j - z_j^*|}{z_{jt}^* - z_{j*}^*} \right)^p \right]^{1/p} \quad z^* = (z_1^*, z_2^*)$$

Para $p = \infty$, se minimiza la máxima desviación de entre todas las desviaciones individuales

$$\text{Min}_d (z, z^*)$$

Una vez construidos los escenarios de resiliencia, estos deben simularse para los distintos niveles de dióxido de carbono. La validación, se realiza examinando las superficies de cultivo, el consumo de agua y el margen neto. La superficie de cada cultivo se ha examinado a distintos niveles de agregación geográfica, términos municipales y conjunto de la comarca, y por tipo de suelo. Los resultados obtenidos en cada municipio deben aproximarse a las superficies de referencia, si bien la aproximación varía por municipios.

3.2 Datos para construcción del modelo

El modelo se construye usando información técnica y económica de la zona analizada. Los datos de costes provienen de publicaciones oficiales y están agrupados en costes directos, maquinaria, mano de obra, costes indirectos y amortizaciones. Las superficies de cultivos se calculan a partir de los cuestionarios y de las bases de datos municipales o provinciales, que dan origen a las estadísticas oficiales. Los coeficientes técnicos de la función objetivo han sido definidos de manera precisa, así los rendimientos son el resultado de la combinación de fuentes estadísticas, experimentos de campo, y los obtenidos del modelo de simulación de cultivos. Los datos climáticos de un equivalente a doble concentración de dióxido de carbono provienen de diversos Modelos de Circulación General. Estos datos son corregidos con generadores de tiempo (LARS-WG) que permite conseguir series “estadísticamente idénticas” a las locales, pero

incorporando los cambios en medias y varianzas mensuales según el escenario climático considerado (Calanca P, y col., 2013).

Los coeficientes de mano de obra para cada actividad se han calculado a partir de los requerimientos horarios de maquinaria y mano de obra, empleando para ello publicaciones oficiales de actividades agrarias y boletines técnicos. Las cifras de agua de riego han sido calculadas a partir de las necesidades netas de los cultivos dependientes de los datos meteorológicos. Posteriormente, la eficiencia de riego ha sido determinada para cada sistema de riego y tipo de suelo. Los coeficientes de sucesión, frecuencia, políticas agrarias y empleo de recursos se han definido después de una amplia exploración sobre las condiciones agronómicas, fechas de siembra, fechas de recolección, periodos de cultivos y de barbecho. Así como las condiciones de manejo y mano de obra para cada cultivo.

4. Resultados

Después de planteados los distintos modelos de simulación para cada escenario de resiliencia, éstos son resueltos obteniéndose como resultado el plan de cultivo elegido por los agricultores en cada caso. Además, los modelos han establecido el valor de los atributos de especial relevancia para el análisis del uso de factores y su evolución en los diferentes escenarios.

Para una mejor interpretación de los resultados obtenidos en las simulaciones, es necesario aclarar los supuestos en los que se sustenta el modelo y así reconocer las limitaciones del mismo. En primer lugar, se considera que los precios percibidos por los agricultores son iguales a los percibidos en el escenario de referencia. Esta simplificación del problema ignora las oscilaciones de los mercados agrarios, lo que hace que se consideren de forma neutra las perspectivas de futuro. Por otra parte, se considera que los costes variables, permanecen constantes en los diferentes casos, esto permite poner de relieve los factores de análisis que interesan como punto de partida para la simulación.

Finalmente, los cambios tecnológicos pueden ser incorporados para la construcción de los escenarios y de esa forma escoger las opciones más resilientes que aseguren el mantenimiento de la producción en condiciones adversas.

Los resultados esperados con el uso de esta metodología y de la construcción de los diferentes escenarios permiten observar variaciones en los márgenes netos que se producen si comparamos los planes de cultivo del año base, considerados como referencia. También permiten estudiar la interacción de escenarios climáticos con la reducción de la disponibilidad de recursos y analizar en qué medida pueden aportarse combinaciones de cultivos más resilientes. Si bien cabe esperar que ninguno de los escenarios de cambio climático logre los niveles de beneficio del escenario de referencia.

Es posible conseguir una producción por la simulación de cultivos, con los datos de clima modificado y con escenarios de disponibilidad de agua que permitan valorar los efectos observados en las producciones obtenidas por unidad de superficie y en consecuencia, sobre los valores de Margen Neto para los diferentes escenarios respecto al año tomado como referencia. Esto a su vez puede afectar el empleo global de recursos.

Al examinar las opciones que tienen los agricultores para asignar los recursos disponibles a distintas actividades de cultivo, el riesgo ocupa un lugar cada vez más preponderante, por este motivo se incluye

como objetivo a alcanzar, expresado a través de la varianza en el Margen Neto de las explotaciones agrarias. Por otra parte, en lo que respecta al impacto económico que puede observarse, además de las caídas de margen neto, cabe añadir los mayores costes derivados del incremento de los ratios de consumo de agua respecto a la unidad de margen neto.

Así mismo, los impactos que en el aspecto social pueden preverse en función de los resultados y de lo adelantado en los informes del Grupo de Trabajo II del IPCC en el que se hace referencia a la vulnerabilidad de las explotaciones en determinadas regiones. Es posible observar que el empleo de mano de obra en los escenarios de cambio climático, podría afectar negativamente al número de jornales empleados. Además, se producen cambios en el empleo agrario como consecuencia de la alteración de los calendarios de las prácticas agrícolas, en los que la mayor parte de las labores ven anticipada su fecha de realización debido al desarrollo acelerado de los cultivos.

5. Conclusiones

En este trabajo se ha elaborado un modelo metodológico que representa las actividades de cultivo del regadío y secano en un conjunto de explotaciones agrarias que puede ser aplicado a diversas zonas de estudio. La información agronómica, climática, económica y de política agraria se incluye en este modelo mediante diferentes restricciones de superficie, sucesión de cultivos, frecuencia de cultivos, limitaciones hídricas y de mano de obra, así como variables de política agraria. El modelo se puede utilizar para examinar el impacto sobre las actividades de cultivo ante escenarios de cambio climático, en las variables económicas, de política agraria, y de disponibilidad de recursos. También es posible analizar escenarios con distinto nivel de resiliencia que permitan atenuar los impactos adversos que afectan a los cultivos.

A través del planteamiento de los diferentes escenarios es posible observar el comportamiento de los agricultores frente a los efectos adversos del cambio climático, distintas políticas hídricas que se pueden representar como recortes en la disponibilidad de agua. Estos comportamientos observados pueden ser utilizados para trazar un perfil conductual de los gestores de las explotaciones agrarias.

Una importante conclusión respecto de la metodología propuesta, es que ésta se muestra como un instrumento válido para medir los impactos y escenarios resilientes frente al cambio climático tanto a nivel de explotaciones como en áreas más extensas. Esta metodología, permite discriminar entre, los pobres resultados económicos debidos a una mala gestión de las explotaciones agrarias, de otros que se derivan de unas condiciones más restrictivas en los factores productivos agrarios debidas a la incidencia del cambio climático. Dicha apreciación y su vinculación al cambio climático, sólo es posible poner de manifiesto a través de un análisis metodológico multidisciplinar como el que se propone en este enfoque metodológico.

En el aspecto social, el efecto que se observa en los escenarios de cambio climático sobre la mano de obra, tiene dos elementos a destacar, por una parte la incidencia que tiene sobre el número de jornales ocupados, mientras que por otra, podría observarse también una alteración del calendario previsto para los trabajos que además ven reducido su plazo de ejecución.

Finalmente, la metodología presentada, puede ser de mucho valor para la evaluación de políticas de resiliencia frente al cambio climático en el sector agrario. Esto permite determinar las explotaciones agrarias más eficientes y discriminar los efectos debidos al manejo de cultivos deficiente, de los efectos que se observan en una zona de producción marginal, afectada negativamente por el cambio climático.

Agradecimientos: a la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SNESCYT) por la aportación hecha a través del programa Prometeo que ha hecho posible la realización de este trabajo.

Bibliografía

Amador, F.; Sumpsi, J.M. y Romero, C. 1998. A Non-interactive Methodology to Assess Farmers' Utility Functions: An Application to Large Farms in Andalusia. ERAE, 25:95-109.

Ayala-Carcedo, F.J. 1996. Reducción de los recursos hídricos en España por el posible Cambio Climático. Tecnoambiente, Madrid.

Bell M. L., Hobbs B. F., Elliot, E. M. 1998. An evaluation of Multicriteria Decision-Making Methods in integrated assessment of climate policy. Research and Practice in MDM.

Bocco, M.; S. Sayago; E. Tártara 2000. Elección de alternativas productivas en explotaciones hortícolas Modelización a partir de P. Multiobjetivo. I. A. P y P. Vegetal. Vol. 15 (1-2).

Boixadera J., Porta J. 1991. Información de suelos y evaluación catastral. Método del valor índice. Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria. M. Economía y Hacienda. Madrid

Calanca P, Semenov MA. 2013. Local-scale climate scenarios for impact studies and risk assessments: integration of early 21st century ENSEMBLES projections into the ELPIS database Theor.Appl. Climatol, 113:445-455.

EPIC 1990. Environmental Policy Impact Calculator USDA, Agricultural Research Service Grassland, Soil and Water Research Laboratory. Blackland. Temple TX-USA.

Feijóo M. L, Calvo E., Albiac J. 2000. Economic and Environmental Policy Analysis of the Flumen-Monegros Irrigation System in Huesca, Spain. Geographical Analysis. Vol. 32 N°3.

Gómez-Limón J. A. 2002. La reforma de la PAC y la aplicación de la Directiva Marco de Agua: Estudios de Economía Aplicada. Vol. 20-I, 2002. Pág. 155-195

Hazell P., Norton R. 1986. Mathematical programming for economic analysis in agriculture. Macmillan. New York.

IPCC, 1990. Informe Grupo de Trabajo N° II. AR1

IPCC, Informe WGII, AR2 1995. Cambio Climático. Evaluación de Impactos.

IPCC, Informe WGII, AR3 2001. Cambio Climático. Evaluación de Impactos.

IPCC, Informe WGII, AR4 2007. Cambio Climático. Evaluación de Impactos.

IPCC, Informe WGII, AR5 2014. Cambio Climático. Evaluación de Impactos.

Jones, J. W.; Tsuji, G. Y.; Hoogenboom, G.; Hunt, L. A.; Thornton, P. K.; Wilkens, P. W.; Imamura, D. T.; Bowen, W. T. y Singh, U. 1998. Decision support system for agrotechnology transfer: DSSAT, vol. 3, p. 157-177. 25.

Mestre Sanchís, F. 2003. Integración del Cambio Climático en los procesos de decisión agraria. Una aproximación Multicriterio a la planificación de cultivos en la comarca de Los Monegros. TD Dpto. Estructura e Historia Económica y Economía Pública Universidad de Zaragoza

Mestre-Sanchís, F. ML Feijóo-Bello. 2009. Climate change and its marginalizing effect on agriculture - Ecological Economics, - Elsevier

Nogués J. 1994. Evaluación de tierras mediante la aplicación del método FAO -(Huesca). ETSEA de Lérida, Lérida.

Romero, C. 1993. Teoría de la decisión multicriterio: conceptos, técnicas y aplicaciones, Alianza Editorial Textos.

Thornton, P. K.; Hoogenboom, G.; Wilkens, P. W. y Bowen, W. T. 1995. A computer program to analyze multiple season crop model outputs. *Agronomy Journal*, no. 87, p. 131-136.

Tietenberg, T. 1992. *Environmental and Natural Resource Economics* 3rd E Harper Collins P.

WWF, 2001. Fondo Mundial para la Naturaleza. Elementos de buena práctica en la gestión integrada de cuencas hidrográficas. Directiva marco del agua de la UE Bruselas, Bélgica.

Yu P. L. 1973. A class of solution for group decision problems. *M. Science* 19,936-946.

Zeleny M. 1973. Compromise programming. In: *Multicriteria decision making*, Cochrane J.L. and Zeleny M (Eds.) University of South Carolina Press, Columbia, pp 262-301.

1. CONTRIBUCIÓN AL PLAN DEL BUEN VIVIR

En este apartado, indicar como su propuesta contribuyó a nivel macro y según los lineamientos del Plan Nacional del Buen Vivir. (Revisar meta y objetivos del plan)

El plan nacional del buen vivir prevé que la “transformación de la matriz productiva debe suponer una interacción con la frontera científico-técnica, en la que se producen cambios estructurales que direccionan las formas tradicionales del proceso y la estructura productiva actual, hacia nuevas formas de producir que promueven la diversificación productiva en nuevos sectores”.

La propuesta de este proyecto de investigación se realiza a partir de las siguientes consideraciones:

Proveerá de manera específica un avance significativo en el rescate de saberes ancestrales, el aprovechamiento de los recursos naturales en el desarrollo diversificación de fuentes de alimentos, seguridad y soberanía alimentaria, de gestión ambiental, el desarrollo de tecnología para la integración de una infraestructura de datos territoriales, lo que se traduce en el aumento de la resiliencia frente al cambio climático a la vez que, se contribuye al cambio de la matriz productiva. Los resultados se alinean con los intereses de los Objetivos 1, 3, 4, 7, 8 y 10 del Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017 .

Asimismo en el lineamiento 10.4. Impulsar la producción y la productividad de forma sostenible y sustentable, fomentar la inclusión y redistribuir los factores y recursos de la producción en el sector agropecuario, acuícola y pesquero

c) Impulsar la experimentación local, el desarrollo y acceso al conocimiento, el intercambio de técnicas y tecnologías, la capacidad de innovación social, la sistematización de experiencias e inter-aprendizaje, para mejorar los procesos productivos, especialmente de la agricultura familiar campesina, de la Economía Popular y Solidaria y las Mipymes en el sector rural.

2. DESCRIPCIÓN DE PRODUCTOS ALCANZADOS

Además se han realizado los siguientes trabajos y comunicaciones:

1. Metodología para la integración del Cambio Climático en los procesos de decisión agraria Capítulo de libro. SENESCYT. Marzo 2015.
2. Los sistemas de emprendimientos regionales e incubadoras de empresa en la provincia de Los Ríos-Ecuador. 1er Congreso internacional de economía, contabilidad y administración. Cuba Octubre 2014.
3. Caracterización de las Microempresas Comerciales de la Ciudad de Machala, Provincia de El Oro - Ecuador. Actas congreso XL International Conference on Regional Science. Zaragoza. España. Noviembre 2014.
4. Ventajas de los enfoques top-down/botton up para lograr una mayor resiliencia de los sistemas productivos frente al cambio climático. El caso de la provincia de El Oro, Ecuador. Congreso Society for the Advancement of Socio-Economics. México. Diciembre 2013.
5. Sistema de cama profunda en la crianza de cerdos como alternativa resiliente frente al cambio climático. Simposio latinoamericano de producción animal-ALPA-Quevedo. Noviembre 2014.

6. Cambio climático, alimentación y presión sobre los recursos. VII Foro Iberoamericano de los recursos marinos y la Acuicultura. FIRMA, Machala, Ecuador, Noviembre 2014 .

7. Capítulo de Libro, ALPA 2014: (La coordinación de los grupos de trabajo de Economía- Emprendimientos y de Medio Ambiente va a trabajar en la maquetación de los 90 trabajos del Simposio ALPA-UTEQ-Quevedo. Se está procediendo a la reorganización de los trabajos presentados para la elaboración de un proceeding con todos los trabajos a texto completo, tras las mejoras propuestas por los pares. Posteriormente se extraerán los mejores trabajos y se someterán a evaluación por pares buscando el apoyo de una revista JCR.)

8. Capítulo de Libro: Participación en el Libro *Buenas Practicas Ambientales y Económicas en Emprendimientos*. con la aportación de un Capítulo de libro titulado: *Resiliencia al Cambio Climático. El paradigma de la cama profunda como sistema de producción porcina*.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Componente ASESORIA EN LA ELABORACIÓN DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Con motivo de la elaboración de la propuesta de Investigación presentada a la Convocatoria de la SENESCYT 2014 con el Título "Programa de Resiliencia frente al Cambio Climático" (PRfC2) liderado por el Dr. Mestre Sanchís, Se ha iniciado una cooperación con el Gobierno Autónomo de El Oro y los cantones de Chilla y Zaruma de gran valor estratégico por ser cabeceras de las cuencas que abastecen de agua a varios núcleos urbanos entre ellos a la ciudad de Machala. En ese contexto se ha dado asesoramiento a los gobiernos locales para la elaboración de proyectos dirigidos a conseguir financiación a organismos como la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) en un proyecto de desarrollo rural para la integración del cambio climático.

Para mejorar la capacitación de los responsables en materia de aguas en estas localidades se les ha ofrecido la posibilidad de llevar a cabo un Master semipresencial de Gestión de Gestión Fluvial Sostenible con la o <http://www.mastergestionaguas.eu/>.

Fruto de la asesoría al gobierno de la provincia de El Oro se ha conseguido el apoyo expreso de la prefectura a la Propuesta del PRfC2 en la que pueden producirse sinergias si finalmente esta propuesta es aceptada. Además se ha asesorado al Consejo Ciudadano Sectorial Campesino (CCSC) de la Provincia de El Oro y se han establecido acuerdos de colaboración con CCSC nacional que servirán para potenciar los resultados de investigación del PRfC2.

En este componente se alcanza el porcentaje de cumplimiento previsto en la matriz y han quedado abiertas vías de colaboración con las distintas instituciones, que podrán seguir explotándose.

Componente de DOCENCIA

Ha sido impartido el curso optativo de Resiliencia Frente al Cambio Climático dirigido a alumnos de noveno ciclo de las Cuatro Titulaciones de la FCA-UTMACH, Ingeniería Agronómica, Economía Agropecuaria, Medicina Veterinaria y Acuicultura. Los estudiantes han elaborado un trabajos de investigación sobre la Resiliencia al Cambio Climático y vinculadas a su área de especialización.

Además, como parte de la asignatura han participado del curso Online de la Universidad de Zaragoza sobre Gestión de la información para investigación que han tenido disponible durante todo el curso académico.

El curso virtual, ha estado disponible también para docentes e investigadores de la UTMACH y ha contado con 50 participantes entre docentes y estudiantes avanzados. Así también, se ha impartido un seminario a

docentes de la UTMACH y se ha dado asesoramiento a profesores de la UTMACH en las presentaciones de sus proyectos de tesis doctorales en Universidades de Argentina y España.

En docencia se alcanzó el porcentaje de cumplimiento previsto en la matriz y han quedado trabajos que los estudiantes podrán seguir realizando de cara a sus Tesis de grado.

Componente de ASESORÍA Y DISEÑO DE PROGRAMAS DE POSTGRADO

En lo que respecta a este apartado y vinculado con el Relacionamento estratégico interinstitucional a nivel nacional, el Dr. Mestre Sanchís ha colaborado en la elaboración de una propuesta de programa de posgrado para la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Este documento podría servir para la realización de propuestas de Postgrado en la UTMach una vez que esta Universidad ascienda a las categoría mínima que permita hacer esta oferta formativa.

En este componente se alcanzó el porcentaje de cumplimiento previsto en la matriz y está previsto que se concluya una propuesta de master de resiliencia que comenzará a impartirse en 2015.

Componente de GESTIÓN DE RECURSOS NACIONALES E INTERNACIONALES

En este apartado la propuesta de Investigación coordinada y presentada a la Convocatoria SENESCYT 2014 titulada “Programa de Resiliencia frente al Cambio Climático” (PRfC2) ha servido para poner en marcha una Red de Investigación que pone a Ecuador en el mapa científico en un tema de alta sensibilidad internacional como es el Cambio Climático. Esta propuesta está avalada por la participación más de 70 investigadores (37 de ellos PhD, y 13 del Programa Prometeo) procedentes de más de veinte Universidades y Centros de Investigación de Argentina, Brasil, Cuba, Ecuador, España, EEUU y Reino Unido. La participación de varios centros de Investigación hacen de esta propuesta un motor de relacionamiento interinstitucional que será de mucha importancia si se aprueba finalmente la propuesta.

En consonancia con la propuesta PRfC2 se presentó la Propuesta titulada “Programa FCA de Resiliencia de El Oro frente al Cambio Climático” PFCAREOC2 a la convocatoria de la Vicerrectoría Académica y la dirección de Investigación de la UTMACH si bien no ha tenido respuesta de la comisión de evaluación. Si han sido evaluados los proyectos incluidos en dicho programa.

Las gestiones realizadas ha permitido superar el porcentaje de cumplimiento previsto en la matriz sin embargo todo el trabajo realizado en este componente queda pendiente de que sean aprobadas las propuestas presentadas.

Componente RELACIONAMIENTO ESTRATÉGICO INTERINSTITUCIONAL A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL

Respecto de la labor realizada en este apartado, se ha contribuido de forma decisiva a llevar a cabo las gestiones para el relacionamiento institucional, que han dado como resultado la firma de Convenios Marco entre Instituciones de Ecuador y diversas Universidades y centros de investigación argentinas y españolas.

De forma directa se gestionó la visita de la vicerrectora y el Responsable de Relaciones Interinstitucionales de la UTMACH a la Universidad de Zaragoza que dio lugar a la firma de un Convenio Marco. Colaboró además en las gestiones de los Convenios Marco firmados con las Universidades de Almería y La Coruña. También se han realizado gestiones para la firma del Convenio Marco entre el Consejo Nacional de Investigación, Ciencia y Técnica (CONICET) de Argentina a través del Instituto de Investigación Agroindustrial del Noroeste Argentino (ITANOA) con la SENESCYT. Esta labor de Relacionamiento Estratégico puesta en marcha por el Dr. Mestre Sanchís ha sido clave para la consecución de la Propuesta de Investigación presentada a la Convocatoria SENESCYT 2014 y puede suponer un mayor impacto positivo si la propuesta finalmente es financiada, ya que de esta forma se consolidarían los vínculos entre las Instituciones participantes.

El porcentaje de cumplimiento en este caso también ha alcanzado con creces lo propuesto en la Matriz y como en el caso anterior, gran parte del aprovechamiento de esta labor deberá hacerse en la etapa

siguiente al final de la presente vinculación.

RECOMENDACIONES

En relación con lo apuntado en las conclusiones existen una serie de procesos que se han puesto en marcha en los distintos componentes de la matriz de actividades, como resultado del trabajo realizado en el marco del programa Prometeo. Resulta esencial dar continuidad a dichos procesos iniciados para evitar que se produzcan retrocesos en los

LIMITACIONES

Las principales dificultades han sido las derivadas de la falta de información fiable requerida en una propuesta de carácter interdisciplinar como la que nos ocupa, fruto de la falta de equipamiento de laboratorios con el debido equipamiento. La experiencia adquirida en la en proyectos desarrollados en otros países de Latinoamérica, ha sido clave para aprovechar los recursos existentes en la Utah para seguir adelante con su trabajo sin alejarse de los lineamientos trazados inicialmente. De ese modo han surgido las propuestas de investigación transdisciplinares que trataban de suplir esas carencias y que fueron presentadas a la diferentes convocatorias.

BIBLIOGRAFÍA

Amador, F.; Sumpsi, J.M. y Romero, C. 1998. A Non-interactive Methodology to Assess Farmers' Utility Functions: An Application to Large Farms in Andalusia. ERAE, 25:95-109.

Ayala-Carcedo, F.J. 1996. Reducción de los recursos hídricos en España por el posible Cambio Climático. Tecnoambiente, Madrid.

Bell M. L., Hobbs B. F., Elliot, E. M. 1998. An evaluation of Multicriteria Decision-Making Methods in integrated assessment of climate policy. Research and Practice in MDM.

Bocco, M.; S. Sayago; E. Tártara 2000. Elección de alternativas productivas en explotaciones hortícolas Modelización a partir de P. Multiobjetivo. I. A. P y P. Vegetal. Vol. 15 (1-2).

Boixadera J., Porta J. 1991. Información de suelos y evaluación catastral. Método del valor índice. Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria. M. Economía y Hacienda. Madrid

Calanca P, Semenov MA. 2013. Local-scale climate scenarios for impact studies and risk assessments: integration of early 21st century ENSEMBLES projections into the ELPIS database Theor.Appl. Climatol, 113:445-455.

EPIC 1990. Environmental Policy Impact Calculator USDA, Agricultural Reseach Service Grassland, Soil and Water Research Laboratory. Blackland. Temple TX-USA.

Feijóo M. L, Calvo E., Albiac J. 2000. Economic and Environmental Policy Analysis of the Flumen-Monegros Irrigation System in Huesca, Spain. Geographical Analysis. Vol. 32 N°3.

Gómez-Limón J. A. 2002. La reforma de la PAC y la aplicación de la Directiva Marco de Agua: Estudios de Economía Aplicada. Vol. 20-I, 2002. Pág. 155-195

Hazell P., Norton R. 1986. Mathematical programming for economic analysis in agriculture. Macmillan. New York.

IPCC, 1990. Informe Grupo de Trabajo N° II. AR1

IPCC, Informe WGII, AR2 1995. Cambio Climático. Evaluación de Impactos.

IPCC, Informe WGII, AR3 2001. Cambio Climático. Evaluación de Impactos.

IPCC, Informe WGII, AR4 2007. Cambio Climático. Evaluación de Impactos.

IPCC, Informe WGII, AR5 2014. Cambio Climático. Evaluación de Impactos.

Jones, J. W.; Tsuji, G. Y.; Hoogenboom, G.; Hunt, L. A.; Thornton, P. K.; Wilkens, P. W.; Imamura, D. T.; Bowen, W. T. y Singh, U. 1998. Decision support system for agrotechnology transfer: DSSAT, vol. 3, p. 157-177. 25.

Mestre Sanchís, F. 2003. Integración del Cambio Climático en los procesos de decisión agraria. Una aproximación Multicriterio a la planificación de cultivos en la comarca de Los Monegros. TD Dpto. Estructura e Historia Económica y Economía Pública Universidad de Zaragoza

Mestre-Sanchís, F. ML Feijóo-Bello. 2009. Climate change and its marginalizing effect on agriculture - Ecological Economics, - Elsevier

Nogués J. 1994. Evaluación de tierras mediante la aplicación del método FAO -(Huesca). ETSEA de Lérida, Lérida.

Romero, C. 1993. Teoría de la decisión multicriterio: conceptos, técnicas y aplicaciones, Alianza Editorial Textos.

Thornton, P. K.; Hoogenboom, G.; Wilkens, P. W. y Bowen, W. T. 1995. A computer program to analyze multiple season crop model outputs. Agronomy Journal, no. 87, p. 131-136.

Tietenberg, T, 1992. Environmental and Natural Resource Economics 3rd E Harper Collins P.

WWF, 2001. Fondo Mundial para la Naturaleza. Elementos de buena práctica en la gestión integrada de cuencas hidrográficas. Directiva marco del agua de la UE Bruselas, Bélgica.

Yu P. L. 1973. A class of solution for group decision problems. M. Science 19,936-946.

Zeleny M. 1973. Compromise programming. In: Multicriteria decision making, Cochrane J.L. and Zeleny M (Eds.) University of South Carolina Press, Columbia, pp 262-301.

FIRMA DEL INVESTIGADOR /DOCENTE	(rúbrica)
FIRMA CONTRAPARTE INSTITUCIONAL 1	(rúbrica)
FIRMA CONTRAPARTE INSTITUCIONAL 2	(rúbrica)

ANEXOS

ANEXO 1

En este anexo se presentan los trabajos de investigación dirigidos y tutorados a los estudiantes de 9º Ciclo del Curso Optativo de Resiliencia Frente al Cambio Climático. Y informe de mitad de vinculación.

INDUCCIÓN DE RESISTENCIA CON EL USO DE ISDV_s EN BANANO (*Musa sapientum* L.)

Ivanna Gabriela Tuz Guncay*
gaby17_igtg@hotmail.com
Edison Stalin Cajamarca Marín*
aksk_24@hotmail.es

Estudiante 9º Ciclo de Ingeniería Agronómica -Universidad Técnica de Machala

ABSTRACT

The banana is a herbaceous plant whose origin is the center of Southeast Asia and the Pacific islands, the main problem is the presence the phytopathogenic fungus *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Morelet which causes decreased performance. The decrease of the production and the quality of bananas in Ecuador has forced the producer to increase control measures, with the consequent increase in production costs. The producers have It increased the number of applications of fungicides, which manifests itself in a high cost of production. To help the banana sector innumerable methods have been used, the use of inducers of resistance, which is based on the expression of responses from the plant after the infection caused by a pathogen, therefore an induced plant is currently capable of withstanding attack by pathogens since they have increased his ability to express his defense to an infection.

Key words: Banano, *Mycosphaerella fijiensis*, hongo fitopatógono, resistance.

RESUMEN

El banano es una planta herbácea cuyo centro de origen son el sureste de Asia y las Islas del Pacífico, el principal problema del cultivo es la presencia del hongo fitopatógono *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Morelet el cual causa severas pérdidas de rendimiento. La disminución de la producción y la calidad de los bananos en Ecuador han obligado al productor a incrementar las medidas de control, con el consecuente aumento en los costos de producción. Los productores han aumentado la cantidad de aplicaciones de fungicidas, lo que se manifiesta en un elevado costo de producción. Para ayudar al sector bananero se han empleado innumerables métodos, actualmente el uso de inductores de resistencia, el cual se basa en la expresión de respuestas por parte de la planta luego de la infección causada por un patógeno, por lo tanto una planta inducida es capaz de resistir el

ataque de patógenos ya que han incrementado su habilidad para expresar su defensa a una infección.

Palabras clave: Banano, *Mycosphaerella fijiensis*, hongo fitopatógeno, resistencia.

INTRODUCCIÓN

EL BANANO

El centro de origen del banano (*Musa sapientum* L.) silvestre es el sureste de Asia y las islas del Pacífico, extendiéndose desde la India hasta Papua Nueva Guinea, incluyendo Malasia e Indonesia (De Langhe, 1996; Reynolds, 1927; Simmonds, 1959; Soto, 1992).

Desde 1940, comenzó a cultivarse en nuestro país y con el tiempo su exportación se convirtió en la principal fuente generadora de divisas para el estado. En la década de los años 50 se dio el boom bananero convirtiéndose el Ecuador en el primer exportador mundial. El Ecuador reemplazó a los países productores de Centro América y el Caribe. En los últimos años, se ha tratado de reducir la superficie de cultivos de esta fruta, debido a una política de diversificación de la producción, que buscan reemplazar cultivos bananeros por otros productos de mayor rentabilidad. El banano constituye en la actualidad el segundo rubro de exportación de nuestro país, sustituido sólo por la producción petrolera (Vázquez, n.d.)

Uno de los principales problemas que se presentan en el manejo del cultivo de banano es sin duda la enfermedad conocida como Sigatoka Negra, de la cual en 2014 se cumplen aproximadamente 42 años del primer informe de la presencia de la Sigatoka negra en Centroamérica.

SIGATOKA NEGRA

Esta enfermedad es originaria del Sureste Asiático y es causada por el hongo ascomiceto *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* M. (Stover, 1976; Mulder y Stover, 1976; Stover, 1978; Jones, 2000; Marín *et. al.*, 2003). A diferencia de otras enfermedades, este patógeno no llega a causar la muerte de las plantas, pero el efecto que ocasiona se observa en la fisiología, el crecimiento y la producción, por ese motivo ha sido ubicada en un primer plano de importancia.

Fue descrita por primera vez en la isla de Fiji en 1963. Sin embargo, la enfermedad estaba ampliamente difundida en las islas del Pacífico antes de su descubrimiento.

La enfermedad se ha diseminado por casi todos los países del continente americano, ubicados entre el trópico de Cáncer y el trópico de Capricornio. Hacia el norte la enfermedad ha llegado hasta México (1980) y la península de la Florida (1998) y hacia el sur hasta Bolivia (1996) y Brasil (1998). En Guyana apareció en el 2009 y se ha dispersado en todo el país, incluido el borde fronterizo con Surinam donde aún no han informado oficialmente la presencia de la enfermedad.

Los países y territorios en el Caribe, a pesar de su condición de islas, no han podido escapar a la enfermedad. A partir de la década de los 90's, la Sigatoka negra se dispersó por el

Caribe; apareció en Cuba en 1990, Jamaica en 1995, República Dominicana en 1996 y Puerto Rico en el 2004. En el sur del mar Caribe su primer registro fue en Trinidad y Tobago en el 2005 y San Vicente en el año 2009. En el 2010 fue detectada en las islas de Santa Lucía y Martinica, así como en Dominica y Guadalupe en el 2012 (Jones, 2000; Marín *et. al.*, 2003; Fortune *et. al.*, 2005; loos *et. al.*, 2011; Anselm, 2012).

En un principio la Sigatoka negra estuvo restringida a una región muy definida de Honduras, en forma casi quiescente y coexistiendo con la Sigatoka amarilla por cerca de cinco años, es muy probable que por esta razón, en un inicio, se subestimara su potencial destructivo. Fue de una manera casi sorpresiva que la Sigatoka negra irrumpió severamente en las plantaciones de Honduras (Stover y Dickson, 1976), hasta desplazar por completo a la Sigatoka amarilla.

Guzmán, M. *et. al.*, (2013) determinan que la Sigatoka negra ha disminuido marcadamente la producción y la calidad de los bananos y esto ha obligado el incremento de las medidas de control, con el consecuente aumento en los costos de producción. Los productores de banano para exportación han tenido que incrementar la cantidad de aplicaciones, optimizar las técnicas de aplicación y el control cultural (Guzmán, 2002; 2003 y 2006; Marín *et. al.*, 2003; Orozco *et. al.*, 2013).

INDUCTORES DE RESISTENCIA

Gómez & Reis (2011) mencionan que el término “resistencia inducida” fue propuesto en el Primer Simposio Internacional de Resistencia Inducida a Enfermedades de Plantas (First international Symposium on Induced Resistance to Plant Diseases) realizado en Corfú, Grecia, en el año 2000, para designar a todos los tipos de respuestas que promueve que las plantas se protejan de las enfermedades y plagas como insectos. Esta expresión está dada para dos fenómenos de resistencia que son: Resistencia Sistémica Adquirida (RSA) y Resistencia Sistémica Inducida (RSI).

Al mecanismo implementado se le conoce como Resistencia Adquirida Sistémica (RSA), esta se basa en la expresión de respuestas por parte de la planta luego de la infección causada por un patógeno o de manera similar por el tratamiento con inductores de resistencia (Sticher *et al.*, 1997).

Molina & Rodríguez (2008) determinan que la ISR se activa por de terminadas cepas bacterianas del suelo (rizobacterias) que son capaces de colonizar las raíces de las plantas. Al la ISR es una resistencia sistémica, de amplio espectro y duradera en condiciones de laboratorio y de campo. La activación de la ISR no depende de un incremento endógeno local y sistémico, por el contrario depende de las rutas reguladas por las hormonas etileno (ET) y ácido jasmónico (JA), siendo no operativa en plantas que tiene bloqueadas las rutas del ET y JA.

Son una expresión de defensa o regulación en la planta. Las infecciones o algunos tipos de tratamientos basados en diferentes componentes, pueden Inducir Resistencia. Una planta inducida es capaz de resistir el ataque de patógenos ya que han incrementado su habilidad para expresar su defensa a una infección (FAGRO, 2012).

El concepto de que las plantas se defienden activamente y tienen resistencia inducida contra patógenos virulentos, se conoce desde hace más de 100 años, diferentes personajes de la ciencia han dejado huella importante en el trabajo con la inducción de resistencia como:

La evidencia bioquímica inicial para la inducción de defensas, fue reportada en los años 50's e incluía la Inducción de Resistencia. Kué, Allen, Müller y otros investigadores encontraron que la aplicación de la D o de la DL fenilalanina inducía resistencia en las hojas de manzana para *Venturia inaequalis*. Otros investigadores de la época Cruickshank y Mandryk (1960) determinaron que al inyectar esporangios de *Peronospora tabacina* a los tallos de tabaco, se inducía resistencia en el follaje a futuras infecciones de este patógeno.

A fines de los 70's, se observó que el ácido salicílico es un inductor de resistencia.

Otros agentes que son inductores de resistencia según FAGRO (2012) son:

Microorganismos

- Hongos, bacterias
- Productos metabólicos de los mismos (glucanos, iposacáridos, esfingolípidos)
- Antibióticos
- Quitina
- Ergosterol
- Proteínas y Péptidos
- Ácido Salicílico
- Compuestos Orgánicos Volátiles

Productos de Plantas

- Brasinolida
- Jasmonatos y compuestos relacionados
- Oligogalacturónidos
- Oxalatos
- Etileno

Y otros como: DL-3-Ácido Aminobutírico (BABA), Lípidos y Óxido Nítrico.

El tratamiento de plantas con inductores de resistencia es una alternativa implementada para el control de enfermedades en otros patosistemas pero de manera limitada en el cultivo del plátano contra *Mycosphaerella spp.*

Algunos trabajos han reportado que el Acibenzolar-S-metil (ASM) actúa como inductor de resistencia en plántulas de plátano Dominico-Hartón contra *Mycosphaerella spp.* (Márquez & Castaño, 2007; Patiño, 2002).

BIBLIOGRAFÍA

1. De Langhe, E. 1996. Banana and plantain: The earliest fruit crops? In INIBAP Annual Report 1995. Montpellier, France, INIBA P.p. 6 - 8.
2. FAGRO. (n.d.). Inductores de Resistencia. Inductores de Resistencia. Recuperado el 5 de agosto de la web: <http://www.fagro.mx/inductores-de-resistencia.html>
3. Fortune M.P., Gosine S., Chow S., Dilbar A., St. Hill A., Gibbs H., and Rambaran N. (2005). First report of black sigatoka disease (causal agent *Mycosphaerella fijiensis*) from Trinidad. *Plant Pathology* 54:246.
4. Gómez & Reis. 2011. Inductores abióticos de resistencia contra fitopatógenos. *Revista QuímicaViva*. Número 1, año 10. p. 12.
5. Guzmán, M., Orozco, M. & Pérez, L. 2013. Las enfermedades sigatoka de las hojas del banano: dispersión, impacto y evolución de las estrategias de manejo en américa latina y el caribe. Disponible en web: http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/ACORBAT2013/Paletras_Acorbat2013/10%20Sigatokas.pdf
6. loos, R., Hubert, J., Abadie, C., Duféal, D., Opdebeeck, G. & lotti, J. (2011). First report of black Sigatoka disease in banana caused by *Mycosphaerella fijiensis* on Martinique island. *Plant*.
7. Jones, D.R. 2000. Diseases of banana, abaca and enset. CAB Int. Wallingford. UK. 544 p
8. Marín, DH., Romero, R.A., Guzmán, M. & Sutton, T.B. 2003. Black Sigatoka: An Increasing Threat to Banana Cultivation. *Plant Disease* 87 (3): 208-222.
9. Márquez L. & J. Castaño-Zapata. 2007. Inducción de resistencia a sigatokas en plántulas de plátano Dominico-Hartón. *Agronomía* 15 (2):49-57.
10. Molina, A. & Rodríguez, P. 2008. Resistencia sistémica inducida: ¿Una herramienta bio-ecológica?. *SoilACE*. II Conferencia Internacional sobre eco-biología del suelo y el compost. Disponible en: http://www.soilace.com/pdf/pon2008/d28/Cas/20_PRodriguezPalenzuela.pdf
11. Mulder, J.L. and Stover, R.H. (1976). *Mycosphaerella* species causing banana leaf spot. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 67(1): 77-82.
12. Orozco-Santos *et al.* 2013. La sigatoka negra y su manejo integrado en banano. Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA, INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México. 153 p.
13. Patiño. 2002. Efecto de una fuente de energía, tres inductores de resistencia y un sustrato foliar sobre Sigatoka negra en banano. pp. 135-142. En: Acorbat. Memorias XV reunión. Asociación de Bananeros de Colombia AUGURA. Cartagena de Indias.
14. Simmonds, NW. 1959. Bananas. London, Longmans, Green. p. 76 - 97, 308 - 3
15. Soto, M. 1992. Bananos: Cultivo y comercialización. 2. ed. San José, Costa Rica, Lil.
16. Stover, R.H. 1976. Distribution and cultural characteristics of the pathogens causing banana leaf spots. *Trop. Agric. (Trin.)*. 53: 111-114.
17. Stover, R.H. 1978. Distribution and probable origin of *Mycosphaerella fijiensis* in southeast Asia. *Trop. Agric. (Trin.)*. 55(1): 65-68.
18. Sticher L., B. Mauch-Mani & J. Metraux. 1997. Systemic acquired resistance. *Annual Review of Phytopathology* 35:235-270.
19. Reynolds, PK. 1927 .The Banana: It's History, Cultivation and Place Among Staple Foods. Cambridge, MA, Houghton Mifflin. p. 13 - 38.
20. Vázquez, R., (n.d.). El impacto del comercio del Banano en el desarrollo del Ecuador. Disponible en: <http://www.afese.com/img/revistas/revista53/comerbanano.pdf>

ESTUDIO DE POSIBLES SUSTITUTOS DE LA HARINA DE PESCADO PARA LA ELABORACIÓN DE ALIMENTO BALANCEADO PARA ANIMALES ACUÁTICOS

Rodríguez¹, J.; Barros,¹ J.; Montero,¹ W.

Escuela de Ingeniería Acuícola. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Machala.

RESUMEN

La rápida expansión de la acuicultura en las últimas dos décadas ha ocasionado un incremento considerable en la demanda de alimentos balanceados los cuales dependen en buena medida de la inclusión de ingredientes de origen marino. La harina de pescado ha sido siempre el insumo considerado en la formulación del alimento para animales acuáticos, debido a su buen perfil de aminoácidos, atractabilidad, entre otros. Cuando se considera reemplazar la harina de pescado por proteína vegetal, inicialmente, debemos tomar en cuenta la digestibilidad de la proteína y los aminoácidos que determinan el perfil de la proteína, para simplificar por si misma. Desde hace años, los procesos de los ingredientes deberían haber sido observados fuertemente como sustitutos de la harina de pescado. La tecnología de la producción de alimentos podría cambiar, probablemente o adaptarse a las necesidades de las nuevas formulaciones (calidad de agua, textura del alimento, eliminación de factores antinutricionales, mejora del producto como textura, entre otros).

ABSTRACT

The rapid expansion of aquaculture in the past two decades has led to a considerable increase in demand for balanced meals which depend largely on the inclusion of ingredients of marine origin. Fishmeal has always been considered the input in the formulation of food for aquatic animals, because of its good amino acid profile, attractability, among others. When considering replacing fish meal with vegetable protein, initially, we must take into account the digestibility of protein and amino acids that determine the protein profile for simplicity itself. For years, the processes of the ingredients should have been observed strongly as substitutes for fishmeal. The technology of food production could change, probably or adapt to the needs of the new formulations (water quality, food texture, removal of anti-nutritional factors, product improvement as texture, etc.).

PALABRAS CLAVES (KEYWORDS): Nutrición, sustitutos, digestibilidad, harina de pescado

INTRODUCCIÓN

HARINA DE PESCADO

La harina de pescado ha sido siempre el insumo considerado en la formulación del alimento para animales acuáticos, debido a su buen perfil de aminoácidos, atractabilidad, entre otros.

Cuando se considera reemplazar la harina de pescado por proteína vegetal, inicialmente, debemos tomar en cuenta la digestibilidad de la proteína y los aminoácidos que determinan el perfil de la proteína, para simplificar por sí misma. Lo mismo ocurre cuando se considera reemplazar por proteína animal, o subproductos de origen animal.

Se debe considerar factores antinutricionales, anticuerpos y algunas toxinas que generan el proceso de elaboración de harinas de origen animal; también las deficiencias de nutrientes esenciales que ayudan al crecimiento y desarrollo normal del animal.

La necesidad de producir proteínas de bajo costo ha hecho del cultivo de organismos acuáticos un objetivo estratégico para afrontar la producción de alimentos.

Los precios de los alimentos proteicos en el mercado mundial se han elevado considerablemente; de ahí la necesidad cada vez mayor de cubrir los requerimientos nutritivos de los animales con recursos nacionales, en lo cual los subproductos juegan un papel fundamental (FAO, 2007).

La mayoría de las investigaciones en acuicultura están encaminadas a encontrar sustitutos sostenibles de las harinas y aceites de pescado.

Estos ingredientes deben cumplir con los requisitos estándar de calidad nutricional, de seguridad e inocuidad de los alimentos, de rentabilidad y de bienestar animal, debiendo resultar una producción sostenible y aportar un buen valor nutricional a los consumidores (Domínguez, 1997).

PRUEBAS EXPERIMENTALES EN PECES

En el cultivo de la tilapia el suministro limitado y el alto costo de la harina de pescado han obligado a los nutricionistas a considerar fuentes alternativas de proteína.

Los ingredientes alternativos utilizados en dietas para tilapia incluyen proteínas y aceites vegetales, subproductos agroindustriales, plantas acuáticas, además de subproductos animales transformados y levaduras fermentadas

Existe un alto potencial para utilizar productos y subproductos de origen vegetal, animal y agroindustrial en forma fresca y procesada para la alimentación de la tilapia, pero dependiendo del

producto y subproducto puede requerir de un tratamiento previo para mejorar su balance de nutrientes o eliminar los factores antinutricionales.

SUBPRODUCTOS DE ORIGEN VEGETAL

Harina de algodón

Los subproductos de semillas oleaginosas son las proteínas vegetales más ampliamente utilizadas en la alimentación animal, por su alto contenido de proteína, su amplia disponibilidad y su costo generalmente menor al de la harina de pescado.

La harina de algodón (*Gossypium* spp) es muy popular en alimentos para peces por su alto valor nutritivo y buena palatabilidad.

Su calidad es menor a la de la harina de soya debido al contenido de gossipol que reduce la disponibilidad de lisina, aun cuando los peces soportan niveles altos gracias al elevado contenido de proteína en su dieta; sin embargo, se recomienda el uso de variedades de algodón sin glándula de pigmento o de harinas desengrasadas con solventes para evitar su presencia.

Ofojekwu y Ejike (1984) observaron un lento crecimiento en tilapias *Oreochromis niloticus* y *O. aureus* alimentadas con dietas en base a harina de semillas de algodón en comparación con la dieta control conteniendo harina de pescado. Por el contrario Jackson et al., (1982) obtuvieron buenos resultados utilizando la torta de semillas de algodón como única fuente proteica en la dieta para *O. mossambicus* y *O. niloticus*.

Soya

Dentro de los ingredientes más importantes de origen vegetal que actualmente se utilizan en dietas para peces se encuentra la harina de soya, considerada la mejor fuente nutricional en función de su contenido de proteínas y perfil de aminoácidos esenciales.

Sin embargo, ésta presenta limitaciones en el contenido de metionina, lisina y cistina. El nivel de inclusión de la harina de soya que se utiliza en las dietas prácticas para tilapia es del 30 %, pero Llanes y Toledo (2011) encontraron que es factible incluir hasta 55 % de harina de soya en los alimentos de *O. niloticus*.

Maíz

El gluten de maíz es uno de los subproductos que más se utilizan, el cual contiene un elevado porcentaje de metionina, pero deficiente en lisina, arginina y triptófano (Akimaya, 1995).

La proteína de este subproducto se ha utilizado para sustituir hasta el 42 % de la proteína de la harina de soya en raciones para alevines de tilapia del Nilo (*O. niloticus*), obteniéndose buenos resultados con respecto a la supervivencia y la conversión alimenticia (Hisano et al., 2003).

Sklan et al., (2004) encontraron que el maíz tiene una energía digestible para la tilapia de 10.74 kJ g⁻¹, pero el gluten de maíz tiene una más alta de 18.02 kJ g⁻¹ y una mayor digestibilidad (96.5, 90.3, 80.1 y 83.4 % para proteína, lípidos, carbohidratos y energía) que la harina de maíz (75.1, 75.6, 57.9 y 61.4 % para proteína, lípidos, carbohidratos y energía).

Trigo

El germen de trigo ha mostrado tener un excelente valor nutritivo en dietas para diversas especies de peces.

Los resultados experimentales mostraron que el germen de trigo desengrasado y la harina de pescado mezclados con tasas de inclusión de 50:50 y 25:75 de harina de pescado dieron los mejores crecimientos en *Sarotherodon galilaeus*.

Estudios en tilapia muestran que la digestibilidad del trigo fue de 79.5, 79.9, 71.7 y 71.9 % para proteína cruda, lípidos, carbohidratos, y energía, respectivamente. Para el salvado de trigo fue mayor encontrando porcentajes de 83.6, 71.9, 32.5 y 38.8 para proteína cruda, lípidos, carbohidratos, y energía, respectivamente (Sklan et al., 2004).

En cambio encontraron mayor energía digestible para la harina de trigo (12.7 kJ g⁻¹), que para el salvado de trigo (6.95 kJ g⁻¹).

SUBPRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL

Ensilados

Otra alternativa de alimentación que resulta de gran importancia para la acuicultura son los subproductos derivados de la industrialización de la pesca, los cuales deben ser ensilados con el objetivo de aumentar su valor nutritivo.

Llanez et al., (2001) evaluaron una tecnología de alimento húmedo a partir de ensilados preparados con residuos pesqueros y de mataderos de animales como sustituto de la harina de pescado en la alimentación de la tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*), obteniéndose buenos resultados en los indicadores de conversión alimenticia y supervivencia.

Otras investigaciones dirigidas a la alimentación de la tilapia probaron diferentes tipos de sustratos como fuente de carbohidratos en la producción de ensilajes, tales como, melaza de caña, avena, harina de maíz, yuca, trigo, arroz y además de almidón de yuca y maíz .

Lombriz de tierra

La lombriz ha sido considerada un oligoqueto potencial para la agricultura hoy en día hay buena información sobre su uso en piscicultura.

Su importancia radica en la capacidad de regeneración y elevados contenidos nutricionales (Gaigher et al., 2001) máxime que su composición corporal posee entre un 70 % y 80 % de proteínas, aminoácidos y vitaminas entre las que se destacan la lisina 7.5 %, Cistina 1.5 %, Metionina 2.1 %, Fenilalanina, Isoleucina, Leucina, Niacina, Riboflavina, Tiamina (B1), Ácido pantoténico (complejo B), Piridoxina (B6), Vitamina B12 y Ácido Fólico.

Los recientes estudios sobre los métodos de cultivo se han basado principalmente en 5 especies de oligoquetos: *Tubifex tubifex*, *Limodrilus hoffmeisteri*, *Lumbriculus bariegatus*, *Eudrilus eugeniae* y *Eisenia foetida*, especies que se han situado como una importante alternativa de alimentación para una gran variedad de peces y moluscos (Cisneros et al., 2004).

Excretas

La utilización de excretas de animales domésticos para establecer sistemas integrales de cultivo acuícola/ agropecuario es una realidad en varios países de Sudamérica, basado en la rica composición de este material en minerales, nitrógeno y aminoácidos, lo que propicia que esta sea una alternativa con alto grado de eficiencia conducente a reducir los costos de la producción animal.

La metodología para su utilización adecuada ya está estandarizada y existen numerosos trabajos científicos que promueven su uso racional con o sin la adición de sustancias en la fase seca, etapa en la que se destruyen las fases infectantes de los parásitos y se eliminan las bacterias aeróbicas que pudieran afectar a los consumidores finales (peces, hombre, etc.).

Auró et al., (2003) destacaron los resultados obtenidos en el cultivo de peces de agua dulce alimentados con cerdaza ensilada y empastillada donde se comparan en los dos primeros grupos tres tazas de alimentación (2, 3 y 5 %) contra dos grupos testigos alimentados con una dieta balanceada, existiendo diferencias significativas a favor del grupo control, probablemente por la falta de proteínas.

CONCLUSIONES

En el contexto general, está claro que existen soluciones, no es solo cuestión de formulaciones del alimento, hay una necesidad de datos zooquímicos del camarón criado a diferentes niveles de proteína vegetal para obtener el óptimo reemplazo de la harina de pescado.

Desde hace años, los procesos de los ingredientes deberían haber sido observados fuertemente como sustitutos de la harina de pescado.

La harina de pescado ha sido tradicionalmente la base de muchos alimentos comerciales para peces debido a su valor nutritivo y palatabilidad, por considerarse como el ingrediente que tiene el contenido más alto en calidad de proteínas, pero también es el más caro.

Por lo anterior, se han encaminado esfuerzos para utilizar en mayor grado alimentos con altos niveles de proteína de origen vegetal como la soya, sin embargo, los precios de esta oleaginosa tienden cada año a incrementarse compitiendo además con la alimentación humana.

Debido a estas limitantes, la nutrición acuícola tiene ante sí un reto: implementar otras fuentes proteicas de origen vegetal con mayor disponibilidad y bajo costo.

La tecnología de la producción de alimentos podría cambiar, probablemente o adaptarse a las necesidades de las nuevas formulaciones (calidad de agua, textura del alimento, eliminación de factores antinutricionales, mejora del producto como textura, entre otros).

Los mismos que deben continuar y ayudar para proporcionar crecimiento, mejora del FCR, disminución de residuos, contribuyendo cada vez mas, a lo que conocemos como sustentabilidad.

Muchas de las investigaciones y desarrollo han incrementado para proporcionar continuidad y proyección a la industria del camarón.

Evidentemente, hay un esfuerzo de participación entre la industria de alimentos, cultivadores de camarón y el sector de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

AURO, A.A., FRAGOSO, M.C., OCAMPO, C.L. Y SUMANO, L. Estudio comparativo del crecimiento de Carpa Espejo (*Cyprinus carpio* var. *specularis*) alimentadas con cerdaza ensilada y empastillada, y con un alimento balanceado.

AKIMAYA, D. 1995. Nutrición, alimentos, alimentación de los peces. Revista Veterinaria y Zootecnica de ClariasManizales 5: 20-23.

CISNEROS, M.V., SOLANO, G. Y GARCÍA, F. 2004. Alimentos alternativos para la producción animal. Mesa Redonda. En: Congreso Internacional de Agricultura en Ecosistemas Frágiles y Degradados. Bayamo. Cuba.

CUZON, GERARD., 2006.; Análisis sobre la sustitución de harina de pescado como fuente proteica y el futuro de la industria del camarón. Pag. Total.

DOMÍNGUEZ, P.L. 1997. Reciclaje de los residuales porcinos como una alternativa para reducir la contaminación del ambiente. En: Seminario Taller “Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria y Primer Seminario Internacional “Palmas en Sistemas de Producción Agropecuaria para el Trópico”. CIPAV.

FAO. Problemáticas de la utilización de alimentos. Departamento de pesca y acuicultura. FAO. 2007. En: <http://www.fao.org/fi/website/FIRetrieveAction.do?dom =topic&fid=2888>, última consulta: 7 de mayo de 2013.

GAIGHER, I.G., PORATH, D. Y GRANOTH, G. 2001. Evaluation of duckweed (*Lemna gibba*) as feed for tilapia (*Oreochromis niloticus* O. aureus) in a recirculating unit. *Aquaculture* 41: 235-244.

HISANO, H., SAMPAIO, G.G., SAMPAIO, Z.J., DE SOUZA, F.E., CASIMIRO, F.J., BARROS, M.M., ET AL. 2003. Substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do glúten de milho em rações para alevinos de tilápia do Nilo. *Acta Scientiarum. Animal Sciences Maringá* 25: 255-260.

JACKSON, A.J., Capper, B.S. y Matty, A.J. 1982. Evaluation of some plant proteins in complete diets for the tilapia, *Sarotherodon mossambicus*. *Aquaculture* 27: 97-109.

Llanes, J., Toledo, J. y Lazo de la Vega, V.J. 2001. Evaluación del ensilado de pescado en la alimentación de tilapia. En: ACUACUBA Habana. Cuba.

LLANES, J. y Toledo, J. 2011. Desempeño productivo de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) con la inclusión de altos niveles de harina de soya en la dieta. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 45: 83-186.

OFOJEKWU, P.C. Y EJIKE, C. 1984. Growth response and feed utilization in tropical cichlid *Oreochromis niloticus* Lin. fed on cottonseed-based artificial diets. *Aquaculture* 42: 27-36.

SKLAN, D., PRAG, T. Y LUPATSCH, I. 2004. Apparent digestibility coefficients of feed ingredients and their prediction in diets for tilapia *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus* (Teleostei, Cichlidae). *Aquaculture Research* 35: 358-364

INFORMACIÓN SOBRE EL USO DEL SIMULADOR SISTEMA DE DECISIÓN Y SOPORTE PARA TRANSFERENCIA DE AGROECOLOGÍA (DSSAT-CERES-Maíz) EN EL CULTIVO DE MAÍZ

Cabello. J¹; Quezada. L¹; Villa. P¹

¹ 9º Ciclo Ingeniería Agronómica Universidad Técnica de Machala

RESUMEN

Un modelo de simulación del crecimiento de un cultivo es cualquier colección de algoritmos que describe matemáticamente la respuesta de un sistema de cultivo a su entorno. La principal idea de los modelos de crecimiento de los cultivos parte de la necesidad de integrar los respectivos conocimientos de suelo, clima, cultivos y prácticas agrícolas en una herramienta que facilite la toma de decisiones. Además existen un gran número de modelos matemáticos de simulación del maíz, pero el más empleado es DSSAT CERES-Maize, el mismo que se trata de un modelo desarrollado en 1986 que ha sido mejorado en versiones sucesivas para hacer sus empleos más fiables en entornos y condiciones de manejo más diversos.

Se debe mencionar que durante el ciclo, el simulador DSSAT CERES-Maize calcula cada día, el avance de la fenología, la tasa de crecimiento y el reparto de la biomasa entre los órganos en fase de crecimiento. Cuando el agua y el nitrógeno no limitan el crecimiento (crecimiento potencial), los procesos simulados se ven afectados por los valores que toman las principales variables ambientales (radiación solar, temperatura máxima y mínima diaria, y concentración de CO₂ atmosférico), de factores específicos del cultivar, y de las prácticas de cultivo. Mientras que cuando el agua y el nitrógeno pueden limitar el crecimiento potencial del cultivo, DSSAT CERES-Maize efectúa balances de agua y de nitrógeno diarios para estimar el impacto del déficit en el crecimiento del cultivo. Finalmente, se presentan algunos problemas que tiene DSSAT CERES-Maize y, por tanto, aspectos susceptibles de mejora. También se mencionan algunos trabajos realizados en España apoyándose en diferentes modelos de simulación del cultivo del maíz.

Palabras claves: DSSAT CERES-Maize, modelo matemático, crecimiento - desarrollo, rendimiento, modelos de simulación.

INTRODUCCIÓN

Jones et al (2003). Mencionado por F. SAU (2010) señalan que debido a la terrible necesidad de información para poder tomar decisiones en agricultura está aumentando rápidamente debido a la demanda creciente de productos agrícolas, fibras y, más recientemente, biocombustibles. Este uso competitivo que se ejerce sobre la tierra, el agua y otros recursos naturales, hace imprescindible un manejo cada vez más eficiente de los mismos que permita aumentar los rendimientos agrícolas, prestar servicios ambientales añadidos y asegurar la sostenibilidad del sistema. Por otro lado, el cambio climático está provocando un cambio progresivo del medio en el que se desarrollan y crecen los cultivos, lo cual requiere una adaptación adicional de los sistemas agrícolas para, por lo menos, mantener su productividad en el nuevo entorno climático.

En este contexto, la obtención de nuevos datos mediante la experimentación agronómica y la publicación posterior de los resultados no es suficiente para cubrir esta demanda creciente de información, ya que además de ser económicamente costosa, al realizarse la investigación agronómica en un punto concreto del espacio y del tiempo, los resultados obtenidos son específicos para un lugar y una estación de crecimiento.

Campbell y Stockle (1994) citado por F. SAU (2010). Mencionan que un modelo de simulación del crecimiento de un cultivo es cualquier algoritmo que trata de describir de modo cuantitativo la respuesta del sistema de cultivo a su entorno. La idea inicial de los modelos de crecimiento de los cultivos parte de la necesidad de integrar los conocimientos de suelo, clima, cultivos y prácticas agrícolas en una herramienta que facilite la toma de decisiones acertadas, a la hora de transferir tecnología agrícola desde una localidad a otras, con diferentes suelos y climas (IBSNAT, 1993). El enfoque de análisis de sistemas suministra un marco de trabajo en el que se lleva a cabo una investigación para entender el funcionamiento del sistema y de sus componentes (el sistema de cultivo en este caso, y sus componentes, el suelo + los factores meteorológicos + la especie y el cultivar + las prácticas de cultivo).

Esta visión del comportamiento del sistema se plasma a continuación en un modelo matemático que permite reproducir la dinámica del mismo en unas condiciones dadas y, una vez que se considera que el modelo simula de modo adecuado la realidad, se pueden realizar múltiples experimentos de ordenador (simulaciones) para facilitar el contraste de hipótesis de teorías cuantitativas o tratar de optimizar el manejo del sistema.

EL MODELO MATEMÁTICO DE SIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO DSSAT CERES-MAIZE

En general son varios los modelos matemáticos de simulación del maíz que se han desarrollado con el objetivo de predecir su rendimiento en biomasa y en grano en años climáticos sucesivos y en entornos muy distintos. Entre ellos se incluyen "Splinter Model" (Sphnter, 1974), "SIMAIZ" (Duncan, 1975), "Bio-photo-thermal Model" (Coligado y Brown, 1975), "Energy-Crop Growth Model" (Coelho y Dale, 1980), "CORNF" (Stapper y Arkin, 1980), "CERES-Maize" (Jones y Kiniry, 1986), "ALMANAC" (Kiniry et al., 1997; Kiniry y Bockholt, 1998) y más recientemente CSM-IXIM (Lizaso et al, 2011).

DSSAT CERES-Maize (Crop Environmental Resource Synthesis) es un modelo dinámico, con algunas partes mecanicistas y otras empíricas, que simula el desarrollo, el crecimiento y el rendimiento del maíz (Jones y Kiniry, 1986). Durante el ciclo, el modelo calcula cada día, el avance de la fenología, la tasa de crecimiento y el reparto de la biomasa entre los órganos en fase de crecimiento.

Cuando el agua y el nitrógeno no limitan el crecimiento (crecimiento potencial del cultivo), los procesos simulados se ven afectados por los valores que toman las principales variables ambientales (radiación solar, temperatura máxima y mínima diaria, y concentración de CO₂ atmosférico), factores específicos del cultivar empleado (seis coeficientes genéticos definidos), Este modelo de cultivo, como todos los incluidos en el software del DSSAT, permite también simular el desarrollo y crecimiento del cultivo en entornos donde el agua y el nitrógeno son limitantes, cuando las

opciones de balance de agua y nitrógeno están activadas. En estas circunstancias, el modelo realiza a diario un balance hídrico y de nitrógeno del cual deriva unos factores de déficit que permiten modular el crecimiento respecto del potencial.

Es por ello que el objetivo de este trabajo es dar a conocer las características e importancia de los modelos de simulación de cultivos, como herramienta principal en los procesos de toma de decisiones, para poder lograr posteriores aplicaciones de estos modelos como primera aproximación de la capacidad productiva en distintas condiciones edafoclimáticas de Cuba, así como también lograr la investigación de ciertos procesos en plantas que necesitarán una mejor interpretación en su interacción, frente a otros factores productivos, de insumos y ambientales.

DEFINICIÓN DE MODELO

Brand, M. (2003) citado por N. Hernández., et al (2009) indica que un modelo es un bosquejo que representa un conjunto real con cierto grado de precisión y en la forma más completa posible, pero sin pretender aportar una réplica de lo que existe en la realidad. Los modelos son muy útiles para describir, explicar o comprender mejor la realidad, cuando es imposible trabajar directamente en la realidad en sí.

Un modelo es una representación simplificada de un sistema y un sistema es una parte bien delimitada del mundo real. Por ejemplo, un cultivo con todos sus órganos (raíz, tallo, hojas), procesos y mecanismos (crecimiento, desarrollo, fotosíntesis, transpiración, etc.) constituyen un sistema.

La construcción de un modelo consiste en la individualización de una serie de ecuaciones matemáticas, mediante las cuales es posible reproducir del modelo más fiel posible, el comportamiento del sistema examinado.

El uso de modelos, a veces llamado “modelación”, es un instrumento muy común en el estudio de sistemas de toda índole. Los modelos son especialmente importantes, porque ayudan a comprender el funcionamiento de los sistemas. El empleo de modelos facilita el estudio de los sistemas, aun cuando estos puedan contener muchos componentes y mostrar numerosas interacciones

COMPONENTES BÁSICOS DE LA SIMULACIÓN CON DSSAT CERES-MAIZE

DSSAT CERES-Maize utiliza la ecuación más sencilla que permite estimar la biomasa total (B.J., g planta') producida por una planta:

$$B, = g * d$$

Donde g (g planta' d') es la tasa de crecimiento medio diario y d (días) es la duración del crecimiento (Ritchie et al., 1998).

Una vez calculado el crecimiento diario, g, el modelo lo reparte entre los principales órganos que están creciendo. Para decidir qué órganos están creciendo y qué prioridades asignar, se estima en paralelo la progresión del desarrollo físico.

El desarrollo físico se refiere a cambios en los estadios de desarrollo y está casi siempre asociado con grandes cambios en el reparto de asimilados entre los principales órganos de la planta. Existe una gran variabilidad en el desarrollo físico entre cultivares. Esta diversidad permite seleccionar cultivares cuyo ciclo se adapte al período donde tanto el régimen de temperaturas como la disponibilidad hídrica sean menos limitantes. Este aspecto de la modelización es de gran importancia cuando se trata de analizar los riesgos asociados con la producción de un cultivo.

El principal factor ambiental que afecta al desarrollo es la temperatura de la parte de la planta en crecimiento. Por otro lado, el fotoperiodo también puede afectar al desarrollo. No obstante, existen importantes diferencias entre cultivares en su respuesta a este factor ambiental.

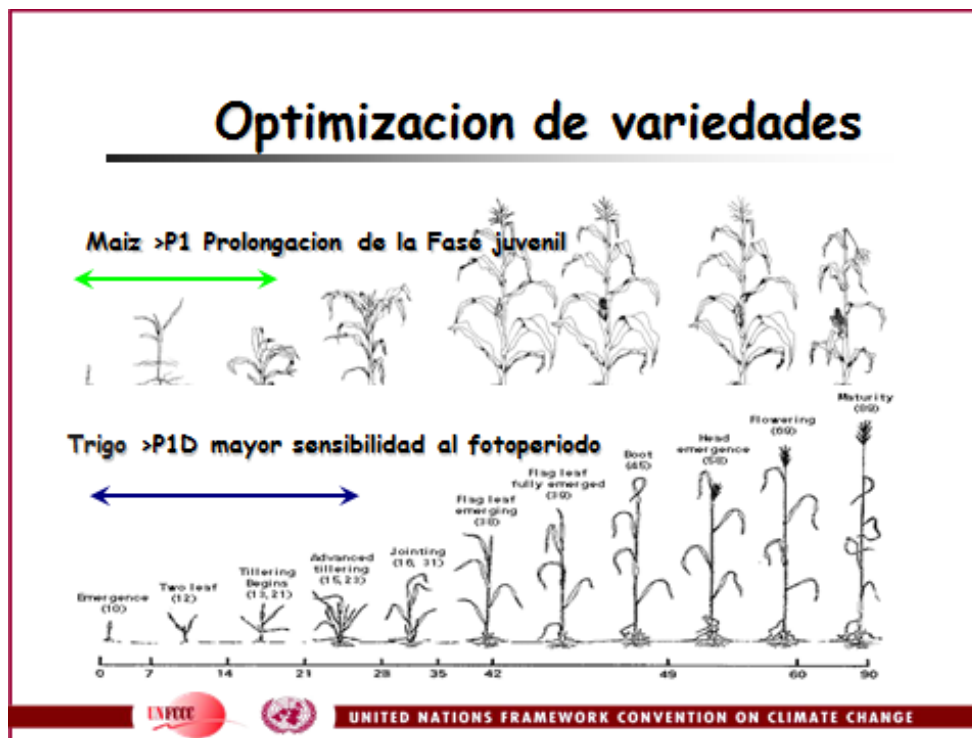
Una razón lógica para separar las ecuaciones que describen los procesos de crecimiento y desarrollo es poder plasmar de modo cuantitativo en el modelo, cómo diferentes niveles de disponibilidad de agua y nitrógeno afectan a cada uno de estos procesos.

DESARROLLO DEL CULTIVO

En DSSAT CERES-Maize, el submodelo de desarrollo físico cuantifica la edad fisiológica del cultivo y describe la duración de 8 fases (Ritchie et al., 1998):

- Siembra - germinación.
- Germinación - emergencia.
- Emergencia - fin del período juvenil.
- Fin del periodo juvenil - iniciación floral.
- Iniciación floral - floración femenina y fin del crecimiento de las hojas.
- Fin del crecimiento foliar - principio del llenado del grano.

El modelo asume que la tasa de desarrollo aumenta linealmente, en función de la temperatura cuya base es de (8 °C) hasta los 34 °C, y decrece linealmente hasta cero cuando la temperatura se incrementa desde 34 a 44 °C. Así mismo, se considera que las tasas de iniciación de hojas y aparición de hojas cambian linealmente y de modo similar en estos dos rangos de temperaturas. El maíz es sensible al fotoperiodo solamente durante la inducción floral. Al ser el maíz una especie de día corto, la inducción fotoperiódica es más rápida en días cortos (menos de 12,5 horas) y se demora más con días más largos (Kiniry, 1991). Esta demora es mayor en cultivares más sensibles al fotoperiodo.



ALGUNAS LIMITACIONES DE CERES-MAIZE Y POSIBLES MEJORAS DEL MODELO

Simulación del índice de área foliar (IAF)

Las cubiertas del cultivo de maíz pueden alcanzar IAFs muy distintos (Elings, 2000; Birch et al., 2003). Incluso híbridos sembrados con la misma densidad y que tienen el mismo número final de hojas pueden mostrar patrones de crecimiento de la cubierta de hojas muy distintos. DSSAT CERES-Maize no permite que el área foliar varíe para un determinado número final de hojas y, probablemente, por esto, son numerosos los trabajos donde la simulación del IAF es imprecisa y las simulaciones en general tienden a infraestimar el IAF. Este hecho puede conducir a que la radiación PAR interceptada por el cultivo, que simula el modelo, sea inferior a la realmente interceptada y que debido a esto, se obtenga un valor de biomasa total producida incorrecto.

Simulación de la fotosíntesis neta de la cubierta vegetal

Como se describió más arriba, DSSAT CERES-Maize simula la acumulación de biomasa en el cultivo mediante unas ecuaciones muy simples que se apoyan en el concepto de la eficiencia en el uso de la radiación (EUR). Algunos autores han sugerido que una aproximación más mecanicista que permita cuantificar la fotosíntesis bruta y la respiración por separado podría mejorar las simulaciones (Yang et. al., 2004), ya que la fotosíntesis y la respiración responden de modo diferente a las condiciones ambientales.

Extracciones de nitrógeno por el cultivo

Aunque DSSAT CERES-Maize permita simular correctamente el nitrógeno total acumulado por el cultivo a final de ciclo, se ha observado que suele sobreestimar la cantidad de N absorbido inmediatamente después de una aplicación de fertilizante. En IXIM, se han modificado las ecuaciones de extracción de N del suelo para tratar de corregir este problema (Lizaso et al., 2011).

Impacto de las altas temperaturas sobre la polinización y el cuajado de los granos. Numerosas evidencias sugieren que temperaturas superiores a 35 °C tienen un impacto negativo sobre el desarrollo floral, la dinámica reproductiva y el rendimiento en grano final del maíz, y que estas respuestas están determinadas genéticamente (Paulsen, 1994). Los modelos de maíz comúnmente utilizados para realizar estudios de cambio climático no tienen en cuenta estos efectos.

UTILIZACIÓN DE MODELOS DE SIMULACIÓN DEL MAÍZ EN ESPAÑA

En España se han realizado numerosos trabajos en los que se han empleado modelos de simulación del crecimiento del maíz. No cabe duda de que muchos de estos trabajos no han sido publicados, por lo que una revisión bibliográfica nos da una visión incompleta del conjunto de los trabajos científicos o técnicos que se han apoyado en este tipo de herramientas. Entre otros, se pueden mencionar los trabajos que se comentan a continuación.

Farré et al. (2000) citado por F. SAU (2010) dicen que las parametrizar y adaptar el modelo LINTUL, consiguieron simular correctamente cultivos de maíz llevados a cabo en el valle del Ebro, con diferentes niveles de riego: riego que permite cubrir la totalidad de la demanda evapotranspirativa y diferentes niveles de riego deficitario. Concluyen que este modelo puede ser usado como herramienta para estudiar las consecuencias de aplicar diferentes estrategias de riego. Por otro lado, identifican algunos procesos en los que las predicciones del modelo LINTUL son poco acertadas y, por tanto, son susceptibles de mejora.

López-Cedrón et al. (2005) citado por F. SAU (2010) señalan que probaron diferentes variantes del modelo DSSAT CERES-Maize en Galicia y observaron que DSSAT CERES-Maize v4.0 consigue mejores predicciones de la cosecha que DSSAT CERES-Maize v3.5, gracias a unas funciones PRFT y RGFILL menos sensibles a la temperatura. Así mismo, López-Cedrón et al. (2008) muestran que, en estas mismas condiciones ambientales, la opción de cálculo de la evapotranspiración PE (Penman-Monteith-FA056) da mejores resultados.

Por su parte, Utset et al. (2006) citado por F. SAU (2010) mencionaron que utilizaron el modelo SWAP para estudiar de modo teórico el uso del agua por cultivos de maíz regados por gravedad en el valle del Ebro mediante dos estrategias: riego que trata de cubrir toda la demanda evapotranspirativa y riego deficitario (ambos con capa freática superficial y sin ella).

Una de las herramientas más empleadas para estudiar el posible impacto del cambio climático sobre las producciones agrícolas, así como para diseñar estrategias de mitigación, es utilizar las salidas de las proyecciones de clima de los modelos de Circulación General de la Atmósfera (CGMs), como variables de entrada en los modelos de simulación de cultivos. En estos trabajos se suman dos tipos de incertidumbres:

1. Las derivadas de los CGMs, 2) las asociadas a los modelos de simulación de los cultivos. Se han realizado varios trabajos en los que se cuantifica el impacto del cambio climático sobre

el cultivo del maíz en España. Estos muestran como, si se mantienen los cultivares actuales, el aumento de las temperaturas provoca una caída de los rendimientos, incluso bajo condiciones no limitantes de agua, debido al acortamiento del ciclo de cultivo. Por tanto, sería conveniente adelantar progresivamente la fecha de siembra y recurrir a ciclos más largos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRANDY, M. Instrumentos para el monitoreo del impacto ambiental sobre la producción agrícola. Modelos para cultivos. [Consultado: 26/03/08]. Disponible en: <[http:// www.ciomta.com.ar/downloads/modelocultivo.pdf](http://www.ciomta.com.ar/downloads/modelocultivo.pdf)>. 2003
- BIRCH, C. J.; VOS, J.; VAN DER PUTTEN, R E. L., 2003. Plant development and leaf área production in contrasting cultivars in a cool températe environment in the field. *Eur. J.Agron.*, 19, 173-188.
- CAMPBELL, G. S.; STOCKLE, C. O., 1994. Principies and appUcations of cropping systems simulation modeling. Manual del Curso de Postgrado. Universidad de Lleida. Lleida (España).
- ELINGS, A., 2000. Estimation of leaf área in tropical maize. *Agron. J.*, 92, 436-444.
- F. SAU, F. LOPEZ. A. CONFALONE, J. LISAZO., 2010. MODELOS DE SIMULACIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES EN ESPAÑA. (España). 40 (2), 117 – 138 pp.
- IBSNAT, INTERNATIONAL BENCHMARK SITES NETWORK FOR AGROTECHNOLOGY TRANSFER, 1993. The IBSNAT decade. Department of Agronomy and Soil Science, College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii. Honolulu, HI 96822 Hawaii (EEUU).
- JONES, J. W; HOOGENBOOM, G.; PORTER, C. H.; BOOTE, K. J.; BATCHELOR, W D.; HUNT, L. A.; WILKENS, P W; SINGH, U.; GUSMAN, A. J.; RITCHIE, J. T, 2003. The DSSAT cropping system model. *Eur.J.Agron.*, 18, 235-265.
- KINIRY, J. R., 1991. Maize phasic development. En: *Modelling plant and soil systems*, 55-70. Ed. J. HANKS, J. T RITCHIE. ASA/CSSA/SSSA agronomy monograph N° 31. Madison, Wisconsin (EEUU).
- LIZASO, J. I.; BOOTE, K. J.; JONES, J. W; PORTER, C. H.; ECHARTE, L.; WESTGATE, M. E.; SONOHAT, G., 2011. CSM-IXIM: A new simulation model for DSSAT versión 4.5. *Agron. J.*, 103, 1-14
- LÓPEZ CEDRÓN, F X.; BOOTE, K. J.; RUÍZ-NOGUEIRA, B.; SAU, F, 2005. Testing CERES-Maize versions to estimate maize production in a cool environment. *Eur.J.Agron.*, 23, 89-102.
- LÓPEZ CEDRÓN, F X.; BOOTE, K. J.; PIÑEIRO, J.; SAU, F, 2008. Improving the CERES-Maize model ability to simulate water déficit impact on maize production and yield components. *Agron. J.*, 100, 296-307.
- PARRÉ, I, OIJEN, M. VAN; LEFFELAAR, P A.; FACÍ, J. M., 2000. Analysis of maize growth for different irrigation strategies in northeastern Spain. *Eur. J.Agron.*, 12, 225-238.

RITCHIE, J. T, SINGH, U., GODWIN, D. C. y BOWEN, W T, 1998. Cereal growth, development and yield. En: Understanding optionsfor agriculturalproduction, 79-98. Ed. G. Y. TSUJI etal. Kluwer Academic Publishers in cooperation with ICASA. Dordrecht/Boston/Londres (Loos Países Bajos).

YANG, H. S.; DOBERMANN, J. L.; LINDQUIST, J. L.; WALTERS, D. T; ARKEBAUER, T J.; CASSMAN,

K. G., 2004. Hybrid maize: a maize simulation model that combines two crop modeling approaches. Field Crops Res.,S7, 131-154.

USO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN DE CULTIVOS (DSSAT-CERES) COMO HERRAMIENTA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EL CULTIVO DE FRÉJOL

González. J¹; Lata. L¹; Tenecota. A¹

¹Estudiante de 9° Ciclo Ingeniería Agronómica- Universidad Técnica de Machala

RESUMEN

Los modelos de simulación de cultivos tienen un sinnúmero de aplicaciones actuales y potenciales en respuesta a temas relacionados con investigación, manejo de cultivos y planificación. Como herramienta de planificación permiten cuantificar a través de la predicción el impacto de los procesos de erosión, contaminación por agroquímicos, distintas estrategias ante el cambio climático y el pronóstico de rendimiento a nivel regional (Boote et al, 1996).

Los modelos pueden ayudar a la comprensión de las interacciones genético-fisiológico-ambientales, con una integración interdisciplinaria. El empleo de estos modelos en el cultivo de fréjol nos permitió definir estrategias de producción en la etapa de planificación de un cultivo futuro o bien ayudar a tomar decisiones tácticas durante el ciclo del cultivo tales como: prácticas culturales, fertilización, irrigación y uso de pesticidas, entre otros.

En este trabajo se abordan las características y utilización de los modelos de simulación en un cultivo indicador, algunas de sus cualidades funcionales, así como las peculiaridades del modelo DSSAT (sistema de apoyo para las decisiones de transferencia agro-tecnológica). Por tanto, esta revisión pretende dar a conocer las características e importancia de los modelos de simulación de cultivos, como herramienta principal en la toma de decisiones, para poder lograr posteriores aplicaciones como primera aproximación de la capacidad productiva en distintas condiciones edafoclimáticas.

Palabras claves: modelos de simulación, predicción, planificación, rendimiento, cambio climático

INTRODUCCIÓN

EL MODELO MATEMÁTICO DE SIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO DSSAT FREJÓL

Existen muchos modelos matemáticos de simulación para vegetales, como es el caso de maíz, fréjol, soya, arroz, caña de azúcar entre otras leguminosas y gramíneas que se han desarrollado con el objetivo de predecir su rendimiento en biomasa y/o en grano en años climáticos sucesivos y en entornos muy distintos. Entre los modelos más conocidos se incluyen "Splinter Model" (Splinter, 1974), "SIMAIZ" (Duncan, 1975), "Bio-photo-thermal Model" (Coligado y Brown, 1975), "Energy-Crop Growth Model" (Coelho y Dale, 1980), "CORNF" (Stapper y Arkin, 1980), "CERES-Maize" (Jones y Kiniry, 1986), "ALMANAC" (Kiniry et al., 1997; Kiniry y Bockholt, 1998) y más recientemente CSM-IXIM (Lizaso et al, 2011). Aunque aún existen muchos modelos más que son útiles en el campo agronómico e industrial.

Este trabajo bibliográfico se ha realizado consultando varias referencias en la Internet que analizan bibliografía sobre el tema en artículos de revistas, se encontró que los índices de las publicaciones relacionadas con modelos evolucionaron de 82 anuales en la década del 70 hasta cerca de 270

anuales en la década del 90 según lo menciona Naivy Hernández, F. Soto y A. Caballero, en su investigación realizada en el 2009.

Con el propósito de entender el uso que muchos investigadores han realizado utilizando este modelo DSSAT, que ha sido una herramienta para apoyar el proceso de la toma de decisiones en diversas disciplinas y áreas de diseño y manejo de la industria. La simulación es una de las herramientas más importantes y más interdisciplinarias (Meira, S. y Guevara, 2007); los modelos de simulación de cultivos tienen varias aplicaciones actuales y potenciales en respuesta a temas relacionados con la investigación, el manejo de cultivos y la planificación.

Este trabajo es de importancia ya que al comprender el uso de este modelo, se podrá tomar decisiones en la agricultura al cuantificar, interpretar y predecir las necesidades hídricas de los cultivos, el desarrollo de estos y sus rendimientos (Ruiz, M. E. 2005).

Es por ello que el objetivo planteado de este trabajo es dar a conocer las características e importancia del DSSAT en fréjol (*Phaseolus vulgaris* L), como herramienta principal en los procesos de toma de decisiones, para poder lograr posteriores aplicaciones de estos modelos como primera aproximación de la capacidad productiva en distintas condiciones edafoclimáticas como también el manejo, uso y beneficios que han reportado muchos investigadores que han usado este modelo durante décadas en varios cultivos desarrollados en especial en países de clima templado, y demostrar además que la simulación es cada vez más “amigable” para el usuario, que no tiene que ser un especialista en computación.

DEFINICIÓN DE MODELO

Un modelo de simulación es un conjunto de ecuaciones que representa procesos, variables y relaciones entre variables de un fenómeno del mundo real y que proporciona indicios aproximados de su comportamiento bajo diferentes manejos de sus variables; los cuales, permiten abordar una cuestión puramente teórica, en cuyo caso su finalidad es puramente teórica, o una situación real, orientado a dar una respuesta concreta, formalizar en un modelo de simulación nuestra percepción del fenómeno real y simular el efecto de diferentes alternativas (Candelaria, B., et al, 2011)

Gálvez, G., et al (2010) definieron que un modelo de cultivo es la simulación dinámica del crecimiento del cultivo por el uso de la integración numérica de los procesos constituyentes con ayuda de las computadoras. Más específicamente esto implica un programa de computación, que describe la dinámica del crecimiento del cultivo en relación con el ambiente, operando en pasos de tiempo y un orden de magnitud por debajo de la estación del crecimiento y con la capacidad de obtener variables que describen el estado del cultivo en diferentes puntos del tiempo, por ejemplo, la biomasa por unidad de área, el estadio de desarrollo, rendimiento, contenido de nitrógeno foliar, etc.

Hernández, N.; Soto, F.; Caballero, A. (2009) mencionaron que un modelo es un bosquejo que representa un conjunto real con cierto grado de precisión y en la forma más completa posible, pero sin pretender aportar una réplica de lo que existe en la realidad. Los modelos son muy útiles para describir, explicar o comprender mejor la realidad, cuando es imposible trabajar directamente en la realidad en sí.

IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE INFORMACION EN LA AGRICULTURA

Gálvez, G., et al (2010) concluyeron que el impetuoso avance de los sistemas de información en la agricultura, muy unidos al desarrollo de los modernos ordenadores, más eficientes, rápidos y con mucha mayor capacidad de cómputo, ha permitido un desarrollo vertiginoso de esta nueva ciencia o conjunto de ciencias que se denomina Modelación de cultivos agrícolas.

Estos modelos que expresan matemáticamente el crecimiento y desarrollo de las plantas, integran conocimientos de fisiología, genética, ciencias del suelo, sistemas de bases de datos agrícolas, datos meteorológicos y otros relacionados con el manejo de las plantas en modernos software.

Una de las aplicaciones más importantes de estos modelos es poder predecir el rendimiento de los cultivos agrícolas en condiciones específicas y ser capaces de adaptarse al cambio de condiciones.

Dichos modelos tienen un enorme potencial para usarlas como herramientas de trabajo en una agricultura moderna.

RESULTADOS OBTENIDOS APLICANDO CROPGRO-Dry Bean EN RENDIMIENTOS DE FRIJOL

Según Villalobos, R., Retana, J. (2003) en los resultados de su investigación con el modelo de simulación realizaron una estimación de la fecha más apropiada para la siembra de frijol en la zona de Los Chiles para un año que fuera particularmente lluvioso, ya que se presentaban a criterio del IMN esas condiciones en el año de análisis.

Tradicionalmente la fecha de siembra del frijol en esta región va del 15 de noviembre al 15 de diciembre. Sin embargo, para años lluviosos, diciembre puede ser un mes poco apto para la preparación del terreno y el desarrollo del cultivo.

Para tratar de establecer un rango de fechas óptimas de acuerdo a los supuestos, se utilizó el modelo para que simulara el desarrollo del cultivo y pronosticara su rendimiento. Para ello se utilizó un escenario lluvioso generado sintéticamente a partir del historial de la estación meteorológica de Los Chiles. Los resultados se presentan en la figura 2. Se muestran 62 corridas del modelo con los rendimientos que se obtendrían modificando la fecha de siembra diariamente.

El **DSSAT** es un programa de computación diseñado para proveer a los usuarios del manejo apropiado de información sobre suelos, clima, cultivo y datos experimentales, con la finalidad de simular el crecimiento, desarrollo y rendimiento de varios cultivos de importancia económica.

El modelo **CROPGro Dry Bean**, ha demostrado ser un modelo operacional y presenta resultados muy prometedores bajo una variedad de condiciones climáticas.

CONCLUSIONES

El impetuoso avance de los sistemas de información en la agricultura, muy unidos al desarrollo de los modernos ordenadores, más eficientes, rápidos y con mucha mayor capacidad de cómputo, ha

permitido un desarrollo vertiginoso de esta nueva ciencia o conjunto de ciencias que se denomina Modelación de cultivos agrícolas.

A partir de los elementos brindados en este trabajo, se puede concluir que los modelos constituyen una herramienta muy útil para poder desarrollar una agricultura eficiente, desde el punto de vista económico, pero tan o más importante es poder hacer un uso racional de los recursos naturales, teniendo en cuenta la conservación del medio ambiente y sobre todo el recurso suelo.

Una de las aplicaciones más importantes de estos modelos es poder predecir el rendimiento de los cultivos agrícolas en condiciones específicas y ser capaces de adaptarse al cambio de condiciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Candelaria, B.; et al. (2011). APLICACIÓN DE MODELOS DE SIMULACIÓN EN EL ESTUDIO Y PLANIFICACIÓN DE LA AGRICULTURA, UNA REVISIÓN. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. (México)14, 999-1010.

CAMPBELL, G. S.; STOCKLE, C. O., 1994. Principies and appUcations of cropping systems simulation modeling. Manual del Curso de Postgrado. Universidad de Lleida. Lleida (España).

GÁLVEZ, G.; SIGARROA, A.; LÓPEZ, T.; FERNÁNDEZ, J. (2010). Modelación de cultivos agrícolas. Algunos ejemplos Cultivos Tropicales. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. (Cuba) vol. 31, núm. 3, pp. 60-65.

Hernández, N.; Soto, F.; Caballero, A. (2009). MODELOS DE SIMULACIÓN DE CULTIVOS. CARACTERÍSTICAS Y USOS. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. (Cuba). vol. 30, núm. 1, pp. 73-82.

IBSNAT, INTERNATIONAL BENCHMARK SITES NETWORK FOR AGROTECHNOLOGY TRANSFER, 1993. The IBSNAT decade. Department of Agronomy and Soil Science, College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii. Honolulu, HI 96822 Hawaii (EEUU).

JONES, J. W; HOOGENBOOM, G.; PORTER, C. H.; BOOTE, K. J.; BATCHELOR, W D.; HUNT, L. A.; WILKENS, P W; SINGH, U.; GUSMAN, A. J.; RITCHIE, J. T, 2003. The DSSAT cropping system model. *Eur.J.Agron.*, 18, 235-265.

LIZASO, J. I.; BOOTE, K. J.; JONES, J. W; PORTER, C. H.; ECHARTE, L.; WESTGATE, M. E.; SONOHAT, G., 2011. CSM-IXIM: A new simulation model for DSSAT versión 4.5. *Agron. J.*, 103, 1-14

VILLALOBOS, R.; RETANA, J. A. (2003). Validación de CROPGRO-Dry Bean, un modelo de simulación del crecimiento y desarrollo del cultivo de frijol en Los Chiles, Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional. (COSTA RICA) 10 (2) 63-68, 2003.

<http://es.scribd.com/doc/2553283/INFORME-BRUNDTLAND>

<http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/42/427>

USO DE BIODIGESTORES PARA LA ELABORACIÓN DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS Y GAS METANO COMO UNA ALTERNATIVA ÚTIL PARA LA AGRICULTURA Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

*Jimbo, Rodrigo**; *Herrera, Linder**; *Vargas, Estefany**; *Alvarado, Kennya**

* Universidad Técnica de Machala

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo dar a conocer tecnologías de producción agropecuaria amigables con el medioambiente, eficaces económicamente y resilientes frente al cambio climático. La revisión bibliográfica consistió en la búsqueda de modelos de biodigestores que se ajustasen a los sistemas agro productivos de nuestra región generando abonos orgánicos y biogás (gas metano), cuyo funcionamiento fuese compatible con el cuidado ambiental, de fácil manejo y que además se pudiera construir por los mismos productores. Por la optimización de los recursos e incremento de la eficiencia en producción la adopción de esta tecnología significará un gran aporte para el mejoramiento de la calidad de vida de los productores y sus familias de la localidad.

Palabras claves: Biodigestores – biogás – abonos orgánicos– calidad de vida

Abstract

The aim of this paper is to present agricultural production technologies friendly to the environment, economically efficient and resilient to climate change. The literature review consisted of a search for models of biodigesters that conform to productive agro systems in our region generating organic fertilizers and biogas (methane gas), whose operation was compatible with environmental protection, easy to use and also could be built by the producers themselves. By optimizing resources and increasing production efficiency adoption of this technology will mean a great contribution to improving the quality of life for farmers and their families in the locality.

Key words: Biodigestores - biogas - manure - quality of life

INTRODUCCIÓN

IMPORTANCIA DEL ESTUDIO:

En el pasado, los biodigestores fueron considerados, principalmente, como una manera de producir gas combustible a partir de desechos orgánicos. Sin embargo, al ser integrados a un sistema de agricultura ecológica los biodigestores pueden brindar muchos otros beneficios, en articular el reciclado de nutrientes para la obtención de fertilizantes de alta calidad contribuyendo en la reducción de la dependencia de los fertilizantes sintéticos y hacer más fácil el cultivar orgánicamente.

Las tecnologías socialmente apropiadas, reúnen las siguientes condiciones: son ecológicamente adecuadas, satisfacen necesidades y contribuyen al mejoramiento de las condiciones de vida sin degradar el ambiente; son económicamente viables, su costo de instalación es accesible y se amortiza. Rinde ganancias durante un largo tiempo y son socialmente equitativas. Son aptas para una aplicación descentralizada y sencillas de instalar y mantener, por lo que son útiles en las zonas rurales, alejadas y de difícil acceso (Groppelli y Grampaoli, 2001).

Avances recientes se han centrado en la integración del biodigestor dentro del sistema agrícola y han demostrado que el proceso de biodigestión produce mejoras importantes en el valor del estiércol de ganado como fertilizante para los cultivos, como también para las plantas acuáticas o los peces cultivados en estanques. (Viglizzo, 1999).

Unos de los problemas más críticos que enfrenta el mundo es el manejo inadecuado de los residuos producidos, tanto en el sector rural, urbano como industrial. Estos materiales habitualmente se eliminan sin un tratamiento previo, por lo que pueden constituirse en agentes contaminantes de considerable alcance; afectando a los ecosistemas, alterando el equilibrio ecológico y la calidad de vida. (Oltjen, 1986).

Generalmente se sostiene que la tecnología es la responsable de los problemas ecológicos, sin distinguir de que tipo de tecnología se habla. Esto lleva a una gran confusión. Ya que si bien, hoy la tecnología predominante es una tecnología dura, gran consumidora de energía y con impactos ambientales y sociales negativos e importantes; a veces destructiva, por ejemplo procesos industriales contaminantes; también existen tecnologías apropiadas es decir tecnologías ecológicamente adecuadas (como por ejemplo, biodigestores, molinos de viento, paneles solares, etc.).

En estas últimas tres décadas hemos asistido a la expansión de una amplia gama de tecnologías respetuosas del ambiente y al servicio de una mejor calidad de vida.

Una posibilidad es la transformación de biomasa en energía mediante una biodigestión anaeróbica. Un beneficio que implica esta tecnología, es la sustitución de leña por el biogás, lo que previene anualmente la destrucción entre 16 y 20 millones de hectáreas de bosques tropicales y zonas arboladas del mundo. Se ha calculado que 1m³ de biogás utilizado para la cocina evita la deforestación de 0,335 ha de bosques. (Sasse 1998).

Objetivos:

Objetivo General:

- Realizar una propuesta de implementación de un sistema integrado por un biodigestor que permita aprovechar el uso integral de los desechos orgánicos, aplicable a pequeños y medianos productores de la región, que provea de biogás para la cocina doméstica y de biofertilizante que puede ser utilizado para la propia producción de cultivos o, para su venta, generando ingresos adicionales.

Objetivos Específicos:

- Construir un modelo básico de biodigestor
- Reducir el impacto de la huella ecológica de los productores agropecuarios de la región

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Debido a la creciente importancia del uso sostenible de los recursos naturales en los sistemas agrícolas, hoy se aprecia el papel de los biodigestores en una perspectiva mucho más amplia y, específicamente, por su aplicación potencial para el reciclaje de los nutrientes de las plantas.

Al estar estrechamente integrado al sistema agrícola un biodigestor puede:

- ser una fuente renovable de combustible para cocinar y para la iluminación, reduciendo la necesidad de leña y el trabajo que implica recogerla. Esto es especialmente importante para las mujeres y los niños. Además, cocinar con biogás deja los utensilios de cocina mucho más limpios y la ausencia de humo mejora la salud de las mujeres y los niños que pasan gran parte de su tiempo en la cocina y que a menudo sufren de problemas respiratorios e irritaciones de los ojos;
- mejorar la calidad del estiércol que alimenta al biodigestor, lo que produce un fertilizante de alta calidad para los cultivos, como también para las plantas acuáticas o los peces cultivados en estanques;
- mejorar las condiciones sanitarias de la granja y reducir la propagación de parásitos y bacterias potencialmente dañinas, al eliminar y descontaminar el estiércol y otros desechos orgánicos;
- mejorar el medio ambiente al reducir la dependencia de la leña, resultando en un índice menor de deforestación. Si el biogás es utilizado, también se reduce la emisión de metano (un gas de invernadero que contribuye al calentamiento global) a la atmósfera.

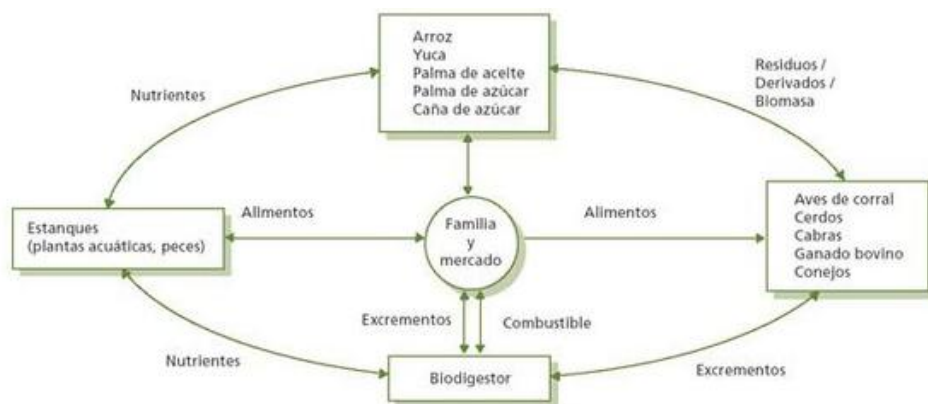


Diagrama 1. El sistema agrícola integrado

Fuente: Just another WordPress.com weblog

BENEFICIOS ECONÓMICOS UTILIZANDO UN BIODIGESTOR

La digestión anaeróbica, biodigestión o metanación se refiere al uso de procesos biológicos en un medio anaeróbico para romper cadenas de moléculas complejas en sustancias más simples (Lettinga

y Van Haandel, 1993). La aplicación de biodigestión se inició antes del siglo XX cuando el biogás era quemado para dar iluminación en Inglaterra (Brown, 1987). En los años 1930s, se mantuvo un interés creciente en la aplicación de digestión anaeróbica, especialmente en zonas rurales, donde los productos de la digestión (biogás y efluente) pueden convertirse en productos aprovechables por los agricultores. El biogás es una fuente renovable de energía y el efluente (material digerido) tiene una alta concentración de nutrimentos, bajo contenido de patógenos y se encuentra prácticamente libre de semillas viables de malezas (Brown, 1987; Marchaim, 1992).

La digestión anaeróbica puede considerarse como la forma más sencilla y segura de dar tratamiento a excrementos humanos y animales en zonas rurales (Brown, 1987). Pero, su aplicación a gran escala se ha visto limitada en parte por razones culturales que desaprueban el uso de excrementos humanos en la producción de biogás y los altos costos de instalación de un biodigestor convencional (Fulford, 1993).

BIODIGESTORES

La adopción de biodigestores ha sido muy alta entre agricultores de áreas donde la leña escasea o el acceso a electricidad u otras fuentes de energía es limitado. Esta situación ha sido observada en campos de Colombia, Costa Rica, Ecuador, y Sri Lanka, donde los autores han estado envueltos en varios programas de extensión. Como un resultado de la investigación en la tecnología de biogás, se han desarrollado diferentes diseños de plantas de biogás como el caso del tipo de la India, con una campana flotante o el modelo chino de campana fija para el almacenamiento de biogás (Brown, 1987; Marchaim, 1992). De acuerdo a la experiencia de Xuan An et al. (1997a), en zonas tropicales los modelos de la India (también conocido como Gobar) y el modelo Chino han tenido problemas por la aparición de grietas en el concreto usado para construir estas unidades, especialmente durante periodos largos de altas temperaturas.

Impulsado por la intención de resolver estos problemas, el Dr. T.R. Preston desarrolló un sistema de biodigestor utilizando polietileno, en vez de cemento, como material esencial en su instalación. Una de las principales ventajas de un biodigestor de polietileno (BDP), comparado con otros modelos de digestores, es el bajo costo de instalación y mantenimiento (Xuan An et al., 1997b; Botero et al., 2000). Además, los materiales usados en la instalación del BDP son normalmente encontrados sin dificultades en zonas rurales y tienen la ventaja de ser de bajo peso (Botero et al., 2000; Aguilar, 2001a).

Rodríguez y Preston (2000), Botero et al. (2000) y Aguilar (2001a, 2001b) describen en detalle el diseño e instalación de una BDP de bajo costo. El primer prototipo de esta unidad de polietileno fue probado por una familia en Etiopía en el año 1985 por el International Livestock Center for Africa (actualmente International Livestock Research Institute). El polietileno era un material de bajo costo con un precio menor a 10 dólares americanos para un digestor de 4 m³ de capacidad líquida. El sistema trabajó sin problemas y era fácil de manejar (Xuan An et al., 1997a).

Debido a su bajo costo de instalación en comparación a otras plantas de biogás y a su exitosa adopción por parte de agricultores en América Latina y países del Sureste Asiático, el BDP es el sistema utilizado en este documento como modelo para estimar los Beneficios Económicos Totales

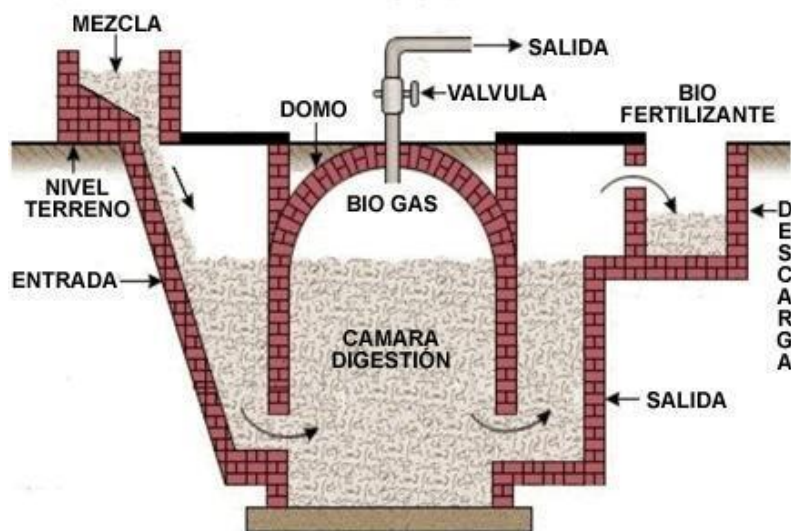
(BET) de la producción de biogás a bajo costo. El objetivo de este estudio es preparar una evaluación preliminar de los BET derivados de la instalación de un BDP de tamaño promedio usado por familias rurales. Los Beneficios Económicos Totales constituyen un concepto que incluye beneficios directos y valores funcionales derivados de la adopción de una nueva tecnología. Los beneficios directos incluyen, por ejemplo, gastos no incurridos en la compra de otros combustibles convencionales, gracias al uso de biogás y del efluente del biodigestor. Valores funcionales incluyen el potencial de la tecnología para disminuir impactos ambientales causados por otras fuentes convencionales de energía.

EL PROCESO DE BIODIGESTIÓN

Los cambios que ocurren en el sustrato durante el proceso de digestión han recibido relativamente poca atención y la preocupación principal se ha centrado en los temas de salud y medio ambiente. Recientemente, se ha empezado a prestar más atención al valor del efluente como fertilizante.

Por ejemplo, está demostrado que la producción de biomasa y el contenido proteínico del follaje de la yuca aumentan significativamente cuando esta planta se fertiliza con efluentes del biodigestor, derivados de estiércol de cerdo o vaca, en comparación con la misma cantidad de nitrógeno aplicado como abono crudo.

Hay informes de resultados similares en el caso de las lentejas de agua (*Lemna spp.*) cultivadas en estanques fertilizados con el efluente o el abono crudo. Informes producidos en China afirman que la productividad en los estanques de peces es mayor cuando se utiliza el efluente de los biodigestores en vez del abono crudo. En Camboya, muchas investigaciones han confirmado el valor superior del efluente de un biodigestor alimentado con estiércol de cerdo al compararlo con el mismo estiércol, con un nivel similar de nitrógeno, aplicado directamente al estanque.



Fuente: <http://www.aacporcinos.com.ar>

El proceso de fermentación que se da en los biodigestores transforma el carbón orgánicamente ligado en dióxido de carbono gaseoso y metano. El proceso anaeróbico (sin oxígeno) y el largo tiempo transcurrido dentro del biodigestor eliminan a la mayoría de organismos, incluso a los parásitos intestinales, que pueden causar enfermedades. De esta manera, el estiércol es mejorado química y biológicamente a partir del proceso de fermentación

BENEFICIOS ECONÓMICOS TOTALES (BET)

Para estimar los Beneficios Económicos Totales (BET) de la digestión anaeróbica a bajo costo, se identificó un biodigestor de polietileno de tamaño promedio como el descrito por Aguilar (2001a, 2001b), y ha sido evaluado por sus características como una unidad en un sistema integrado de producción agropecuaria. El proceso de evaluación incluye un análisis de sistemas con entradas y salidas, al que posteriormente se procede a valorar en términos económicos en base a la información derivada del análisis anterior. El método aplicado para la valoración monetaria (términos económicos) es el de costos evitados como es descrito por Pearce (1993), Turner et al. (1994), Edwards-Jones et al. (2000), Russell (2001), entre otros.

Se ha preparado un análisis de sistemas siguiendo el modelo de compartimentos sugerido por Russell (2001). El modelo de compartimentos se utiliza para simplificar situaciones espaciales complejas. Un ejemplo de este modelo es el análisis de un ecosistema de arroz preparado por Conway (1987), y que también incluye límites sociales y ambientales. Luego, la valoración de la producción de biogás y flujo de nutrientes es utilizada para estimar los beneficios directos. El valor monetario del biogás se estima por su capacidad para reemplazar otras fuentes de energía fósiles usadas comúnmente en zonas rurales. El valor del efluente se calcula por el valor comercial de los nutrientes recolectados al final del proceso de biodigestión. El valor de los nutrientes representa al valor equivalente de nutrientes utilizando fertilizantes comerciales. Los valores han sido estimados usando valores de fertilizantes en Tailandia. El análisis de los valores funcionales de la aplicación de este tipo de biodigestor se basa en el potencial del uso de biogás para reducir el uso de fuentes no renovables de energía y su capacidad teórica para reducir la emisión de CO₂ como un gas de efecto invernadero.

ANÁLISIS DE ECOSISTEMA PARA EL USO DE UN BIODIGESTOR DE POLIETILENO (BDP)

Un biodigestor de tamaño promedio para una familia rural tiene un volumen total de 7,2 m³, con una fase líquida de 5,1 m³ (75 % del total de la capacidad) y 1,8 m³ para el almacenamiento del biogás (25 % del total de su capacidad). EL BDP recibe una carga diaria de 21,6 kg de excrementos frescos mezclados con 86,4 kg de agua. Esto representa una carga anual de 7 885 kg de excrementos frescos y 31 536 kg de agua. Ocho cerdos adultos o una vaca lechera adulta (confinada a tiempo completo) pueden producir la cantidad necesaria por día (Botero y Preston, 1986). La mezcla de excrementos frescos y agua es necesaria para mantener un flujo continuo de material orgánico dentro del biodigestor. Botero y Preston (1986) sugieren esta mezcla en proporción 1/4, (excrementos/agua) para reducir la concentración de sólidos de 15 % en el material fresco a 3 % - 4 % en el material cargado dentro de la planta de biogás.

Durante el proceso de digestión anaeróbica dentro del BDP, el carbono es el único elemento que es emitido en cantidades considerables bajo condiciones normales (Hedlund y Xuan An, 2000). Otros nutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P), y potasio (K) se mantienen en iguales cantidades, pero salen en una mayor concentración en el efluente, dado que el estiércol a sido digerido dentro del biodigestor y se ha reducido su volumen (Botero y Preston, 1986; Hedlund y Xuan An, 2000). Por tanto, la misma cantidad anual de macronutrientes que ingresa al sistema (36,5 kg N, 58,4 kg P y 55,2 kg K) es la que sale del biodigestor a través de su tubo de salida. La Figura 1 muestra un flujo de nutrientes para un BDP de las características descritas previamente.

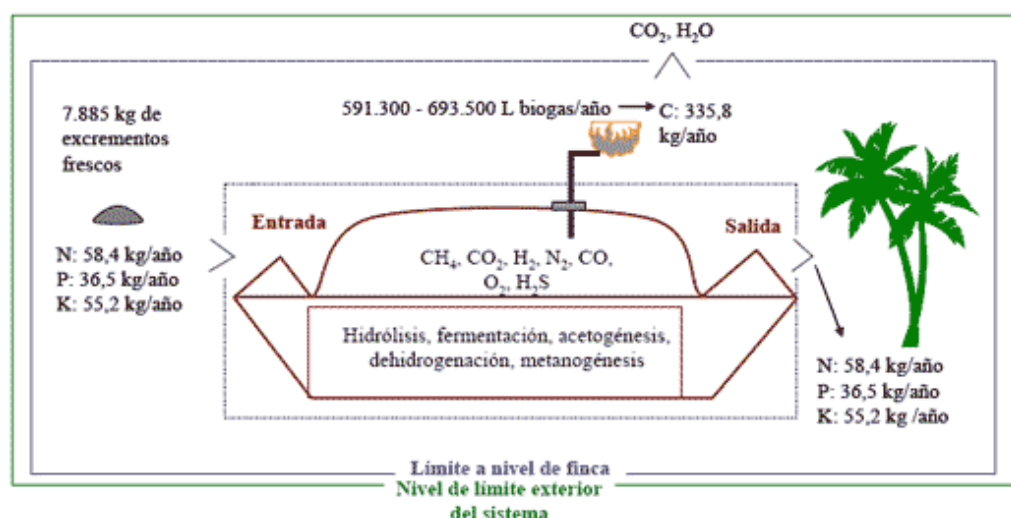


Figura 1. Análisis de ecosistema para un biodigestor de polietileno basado en 7885 kg de excrementos frescos (Hedlund y Xuan An, 2000).

Cuadro 1. Producción total de biogás por año calculado para un biodigestor de polietileno cargado anualmente con un total de 7885 kg de excrementos frescos de cerdo.

Gases	Volumen (%) †	Litros producidos al año	
		Xuan An <i>et al.</i> (1997b)	Botero y Preston (1986)
CH ₄	60,0	384 345	450 775
CO ₂	33,2	196 312	230 242
H ₂	1,0	5913	6935
N ₂	0,5	2957	3468
CO	0,1	591	694
O ₂	0,1	591	694
H ₂ S	0,1	591	694
Biogas	100,0	590 709	693 502

† Fuente: Adaptado de Marchaim (1992).

El Cuadro 1 muestra el potencial de producción de metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), hidrógeno (H₂), nitrógeno (N₂), monóxido de carbono (CO) y sulfuro de hidrógeno (H₂S) por un año. También incluye resultados que pueden ser obtenidos bajo dos tiempos de retención distintos: 20 y 50 días. El tiempo de retención representa el número de días que el material orgánico permanece dentro del BDP para su digestión. El total de CH₄ producido en un año tiene un valor energético equivalente a 13 600 MJ - 15 950 MJ (Megajoules), lo que es equivalente a 37 MJ - 47 MJ por día (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción total de biogás y su equivalente en MJ para un total de 7885 kg de excrementos de cerdo al año.

Tiempo de retención	Biogás			
	L/año	J/L ¶	J/año	MJ/año
20 días †	590 700	23 000	13 599 900 000	13 600
50 días ‡	693 500	23 000	15 950 500 000	15 950

† 75 L de biogás producido por kg de excremento fresco (Xuan An *et al.*, 1997).

‡ Producción diaria de biogás (litros) equivale al 35 % de la fase líquida.

¶ Meynell (1982).

La estimación del potencial que la instalación de un BDP tiene para reducir la emisión de gases de efecto invernadero se basa en su capacidad para disminuir la emisión de CO₂ en comparación con combustibles fósiles. Un análisis teórico estima que un BDP de 7,2 m³ puede producir 3524 kW/año - 4133 kW/año, considerando que un metro cúbico de biogás representa un equivalente de 5,96 kW. Con la combustión de biogás, en lugar de combustibles fósiles, como el caso del diesel que se usará como parámetro en este estudio, hay un potencial de reducir 0,34 kg de CO₂ por kW de energía producido en base a datos propuestos por Kumar *et al.* (2000). El valor total que puede reducirse por año en términos de CO₂ es del orden de 1,20 t - 1,41 t para un BDP de 7,2 m³ (Cuadro 3).

Cuadro 3. Disminución en la emisión de CO₂ por el uso de biogás producido por un biodigestor de 7,2 m³ como alternativa a la combustión de diesel.

Producción de biogás	Energía producida †	Ahorro en emisión ‡	Disminución en emisión de CO ₂	Disminución total en emisión de CO ₂
m ³ /año	kW/año	kg CO ₂ /kW	kg/año	t/año
591,30	3524,15	0,34	1198,21	1,20
683,50	4133,26	0,34	1405,31	1,41

† El equivalente calorífico de 1 m³ de biogás es de 5,96 kW. (Sasse, 1988).

‡ Disminución de emisiones estimado por Kumar *et al.* (2000).

VALORACIÓN MONETARIA DE LOS BENEFICIOS DERIVADOS DE LA INSTALACIÓN DE UN BDP

Beneficios directos

Los beneficios directos del uso de la biodigestión pueden ser estimados en base al uso del biogás, como una fuente alternativa a energías no renovables, y a la aplicación del efluente como una sustitución de nutrientes aportados por fertilizantes sintéticos (Meynell, 1982). El valor comercial del biogás como fuente de energía fue estimado en su equivalente en valor energético de un combustible fósil que puede ser reemplazado por el uso de biogás. Un combustible comúnmente utilizado en zonas rurales donde los BDPs son instalados es el diesel. El valor neto en calorías de un metro cúbico de biogás equivale a la energía emitida por la combustión de 0,55 litros de diesel (Sasse, 1988). Así, la producción anual de 693,50 m³ de biogás (50 días de retención) equivale a 381,43 L de diesel y 591,30 m³ (40 días de retención) equivalen a 325,22 L de diesel.

El valor comercial de un litro de diesel en Costa Rica es de US\$ 0,42. Calculando la cantidad de biogás por su equivalente energético en diesel por su valor comercial, los beneficios directos derivados de la combustión de biogás ascienden a un rango de entre US\$ 137 a US\$ 160.

Cuadro 4. Beneficios directos de la aplicación de un sistema de digestión anaeróbica utilizando un BDP de 7,2 m³ con una carga anual de 7885 kg de excrementos frescos de cerdo.

Beneficios	Valor	
	Caso A	Caso B
A. Biogás como fuente de energía		
a. Producción neta anual de biogás (m ³ /año)	693,50	591,30
b. Equivalente neto a la combustión de combustible fósil (litros de diesel)	381,43	325,22
c. Precio comercial por unidad de combustible fósil (US\$/L)	0,42	0,42
d. Ahorro total anual por el uso de biogás (b * c) US\$	160,20	136,59
B. Efluente como fertilizante		
g. Nitrógeno – US\$	23,10	23,10
h. Fósforo – US\$	148,40	148,40
i. Potasio – US\$	88,75	88,75
k. Beneficios totales derivados del uso del efluente (g + h + i)	260,25	260,25
C. Beneficios directos totales al año (d + k) US\$	420,45	396,84

Caso A: 20 días de tiempo de retención (Xuan An *et al.*, 1997).

Caso B: 50 días de tiempo de retención (Botero y Preston, 1986).

Referente al valor económico del efluente, el precio por nutriente es calculado en base al valor comercial por kilo de cada nutriente de los fertilizantes sintéticos. El valor económico anual del efluente se obtiene mediante el análisis del contenido nutricional del material, multiplicado por el precio comercial por kilo de nutrientes como N, P y K. Este valor se estima en US\$ 23 por la

producción de 58,4 kg N, US\$ 148 por la producción de 36,5 kg P y US\$ 89 por el contenido de 55.2 kg de K, para un total de US\$ 260.

Los principales beneficios directos derivados de la aplicación de la biodigestión a bajo costo (Cuadro 4) pueden incrementarse si el efluente se seca y se vende como fertilizante sólido a otras fincas a un precio mayor que el comercial. Falta por valorar la materia orgánica que contiene el efluente y de la cual carecen por completo los fertilizantes sintéticos.

VALORES FUNCIONALES

Los valores funcionales incluyen beneficios intangibles del uso de biodigestores como algunos de los listados por Brown (1987), Fulford (1993), European Union (2000) y Kumar et al. (2000), como son:

- Reducción de la emisión de gases de efecto invernadero (CH_4 y CO_2 por ejemplo) gracias a la reducción de la demanda de combustibles fósiles y por la captura controlada de gas CH_4 .
- Ahorro en el consumo de leña, previniendo deforestación y aportando energía, aún en períodos de escasa oferta de leña.
- Control de contaminación, disminución de malos olores (reducción en la emisión de SO_2) y disminución de enfermedades respiratorias asociadas a la quema de leña.
- Mejor control de plagas - reducción de patógenos y semillas de maleza.

Para evaluar los valores funcionales de la aplicación de un BDP, este estudio únicamente incluye la capacidad del uso de biodigestión para reducir la emisión de gases de efecto invernadero comparado con la combustión de combustibles fósiles como es el caso del diesel. Otros valores funcionales como el potencial de reducir enfermedades humanas, reducción de patógenos y semillas de maleza no se han incluido. Esto se debe a que no existe un consenso general concerniente al efecto directo o indirecto de la biodigestión en estos asuntos.

Como ya se presentó en el análisis anterior, un BDP de 7,2 m³ puede evitar la emisión de 1,20 t - 1,41 t de CO_2 al año, cuando es comparado con la combustión de diesel. El Departamento del Ambiente del Reino Unido (DOE, 1993) ha estimado que el valor de la emisión de una tonelada de CO_2 a la atmósfera (como un contaminante global) fluctúa entre US\$ 5 a US\$ 45 por año. Por tanto, el ahorro externo gracias a la emisión de esa cantidad de CO_2 al año, gracias a la implementación de un BDP de 7,2 m³ se estima de entre US\$ 7 a US\$ 63.

Este valor puede parecer como un monto minúsculo, pero a una escala regional y mundial adquiere una mayor dimensión. Según Kumar et al. (2000), en la India en el año 1995 se estima existían 14 millones de biodigestores en funcionamiento. De este número 2,1 millones eran plantas de 6 m³ a 10 m³ (Meynell, 1982). De estos datos y el valor estimado de una tonelada de CO_2 emitida en la atmósfera, a nivel nacional, la India podría ahorrar entre US\$ 246 015 840 a US\$ 1 876 392 000 en costos evitados relacionados a daños que puede causar el CO_2 en la atmósfera.

Cuadro 5. Reducción anual hipotética de la emisión de CH₄, CO₂ y óxidos de nitrógeno debido a la aplicación de la tecnología de biodigestión anaeróbica y su valor económico estimado.

Gases	Toneladas totales (000s)	Equivalente CO ₂ por tonelada †	Total CO ₂ (000s)	Valor económico (US\$ /tonelada) ‡	US\$ (millones)
Metano	13 240	25	331 000	5,95 - 44,95	1967,8 - 14 878,5
Dióxido de carbono	420 000	1	420 000	5,95 - 44,95	2496,9 - 18 879,0
Oxido de nitrógeno	49	320	15 680	5,95 - 44,95	93,2 - 704,8
Total					4557,9 - 34 462,3

† Estimado por de Haan *et al.* (1997).

‡ DOE (1993).

Además, Kumar et al. (2000) indican que 30 millones de toneladas de CH₄ son generadas anualmente por diferentes sistemas de producción animal y desechos. Estas emisiones pueden reducirse a aproximadamente 13,24 millones de toneladas de CH₄ al año por la aplicación de sistemas de digestión anaeróbica. A nivel mundial, el uso de la biodigestión puede evitar la emisión de alrededor de 420 millones de toneladas de CO₂ y puede prevenir la emisión de 49 mil toneladas de óxidos de nitrógeno. Si estos números son convertidos a valores monetarios, la aplicación mundial de la biodigestión podría resultar en un ahorro anual de entre 2167,8 y 16 391,1 millones de dólares (US) (Cuadro 5).

BENEFICIOS ECONÓMICOS TOTALES

El Cuadro 6 muestra los Beneficios Económicos Totales de la aplicación de un BDP de 7,2 m³. Los valores directos se calcularon en base al valor comercial que tienen el biogás y el efluente para reemplazar otros insumos. Los valores funcionales representan la reducción en la emisión de gases de efecto invernadero en forma de CO₂. Los Beneficios Económicos Totales para un BDP se estiman para un período de 20 años (Cuadro 6). Es importante recalcar que cada 10 años el sistema debe ser reemplazado completamente. El costo de instalación de un biodigestor de polietileno en Costa Rica (incluyendo materiales y mano de obra) es de US\$ 150.

Cuando se planea iniciar un programa de extensión para la diseminación de la producción de biogás, los costos relacionados con la implementación de la tecnología son siempre un componente muy importante. Los autores han observado interés por parte de organizaciones internacionales, organismos no gubernamentales e individuos en los sistemas de producción de biogás, usando un BDP por su bajo costo, en comparación a otros sistemas. Por ejemplo, el costo de la instalación de un BDP es cinco veces más bajo que una planta de biogás Gobar (caso tomado del sur de la India). Organizaciones e individuos se ven motivados por el bajo costo de una tecnología que ofrece muchos beneficios y los autores han recibido interés en su implementación desde lugares tan distantes como la India, Sri Lanka, Pakistán o Mongolia.

Cuadro 6. Beneficios económicos totales (US\$) derivados de la aplicación de la tecnología de biodigestión para un BDP de 7.2 m³ en un periodo de 20 años. †

	Años					
	0	1	5	10	15	20
Beneficios						
Valor de biogás	148,40	152,85	172,04	199,44	231,20	268,03
Valor de efluente	260,25	268,06	301,70	349,75	405,46	470,04
Valor funcional	35,15	36,20	40,75	47,24	54,76	63,48
Beneficios totales	408,65	420,91	473,74	549,19	636,66	738,07
Costos						
Instalación	150,00	0,00	1,00	201,59	0,00	270,92
Manejo	146,00	150,38	169,25	196,21	227,46	263,69
Costos totales	296,00	150,38	170,25	397,80	227,46	534,61
Beneficios netos por año	112,65	270,53	303,48	151,39	409,20	203,46

† Un descuento anual del 3 % se aplica como sugiere el modelo de Fankhauser (1995). El descuento es una técnica aplicada para evaluar proyectos cuyos costos y beneficios varían a través del tiempo (Craven, 1984).

Estudios como éste muestran los varios beneficios de la tecnología de biodigestión y pueden sugerir su implementación como fuente de combustible y nutrientes. Sin embargo, un programa enfocado a la instalación de BDPs sólo debe ser implementado si sus potenciales usuarios (agricultores y familias) lo consideran como una tecnología útil y están dispuestos a aplicarla. En ocasiones existen barreras culturales y sociales que deben ser identificadas con anterioridad y que pueden limitar el uso de excrementos para la producción de combustible y fertilizante.

Los autores han experimentado la aplicación poco exitosa de programas que han sido propuestos en base a un análisis económico de la tecnología. Al contrario, la mejor experiencia en proyectos de este tipo se ha tenido en la que los mismos usuarios han asumido los costos de instalación y participado del proceso de adopción y diseminación de la tecnología.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

La mayor parte del trabajo de desarrollo de los biodigestores ha sido enfocada desde el punto de vista de la ingeniería, con el fin de maximizar la producción de gas y su eficiencia al mejorar el diseño y la construcción del biodigestor. Se han realizado muy pocos cambios en el diseño básico del sistema de dosel (cubierta) flotante desarrollado en India o el sistema de desplazamiento de líquidos desarrollado en China. El costo relativamente alto de estos sistemas, y el hecho de que su construcción sólo puede ser realizada con éxito por técnicos calificados, han sido los mayores impedimentos para su adopción generalizada. En casi todos los lugares en los que estos sistemas han sido introducidos, en general han sido subsidiados por los gobiernos o por organismos de ayuda.

El biodigestor de manga de lámina de polietileno es una tecnología más económica y simple, que permite a los agricultores de pequeña escala producir gas. Es atractiva para los habitantes del campo debido a su bajo costo de instalación y, por lo tanto, también del gas, así como a la mejora en la calidad del ambiente que resulta de su uso. Puede ser utilizado en zonas rurales o urbanas, tanto en lugares planos como donde el paisaje es accidentado. La introducción de este sistema ha permitido que los biodigestores estén al alcance de una mayor cantidad de personas (se estima, por ejemplo, que en la actualidad hay más de 30.000 usuarios de esta tecnología en Vietnam). Ya no es necesario obtener subsidios para la compra de los materiales de construcción, pues éstos pueden ser adquiridos en la mayoría de ciudades de los países en vías de desarrollo.



Fuente: wordpress.com

Un componente esencial del sistema de manga de lámina de polietileno es la instalación de un tanque para gas, de preferencia sobre el techo de la cocina, lo más cerca posible al fogón donde se utilizará el gas. Esto se debe a que la presión del gas en el biodigestor es muy baja, y si el tanque está ubicado a mucha distancia de la cocina, la velocidad del flujo de gas a lo largo de la tubería será demasiado lenta y no alcanzará para mantener la llama en el fogón. Tener el tanque cerca del punto donde el gas será utilizado permite reducir al mínimo las pérdidas por fricción. Cuando se necesita mayor presión de gas es fácil pasar una faja alrededor del tanque para aumentarla.

La naturaleza relativamente frágil de las láminas de polietileno es un punto débil del sistema y su modo de operación es relativamente ineficiente si se compara con el de otros biodigestores más sofisticados. Sin embargo, también en comparación con otros sistemas, el precio de construcción del biodigestor de manga de polietileno es muy bajo, como son los requerimientos de habilidades necesarias para construirlo. El precio de la manga de polietileno es sólo de diez USD, y remplazarla toma entre tres y cuatro horas. Todos los demás componentes pueden ser vueltos a usar luego de cambiar el polietileno.

VENTAJAS EN LA UTILIZACIÓN DE BIODIGESTORES

- Su producción es renovable
- Su proceso de producción primaria y elaboración industrial determina un balance de carbono menos contaminante que los combustibles fósiles

- Puede emplearse puro o combinado con los combustibles fósiles en cualquier proporción. No contiene azufre y por tanto no genera emanación de este elemento, las cuales son responsables de las lluvias ácidas.
- Es menos irritante para la epidermis humana
- Desde el punto de vista energético, los biocarburantes constituyen una fuente energética renovable y limpia. Además, su utilización contribuye a reducir la dependencia energética de los combustibles fósiles y otorga una mayor seguridad en cuanto al abastecimiento energético
- Desde el punto de vista socioeconómico, los biocarburantes constituyen una alternativa para aquellas tierras agrícolas afectas a la Política Agrícola Común (PAC). De esta forma, se fijaría la población en el ámbito rural, manteniendo los niveles de trabajo y renta, y fomentando la creación de diferentes industrias agrarias
- La reducción de las emisiones de metano a la atmósfera es uno de los aspectos más considerados en las numerosas cumbres mundiales organizadas para tratar de minimizar el efecto invernadero en el planeta.

CONCLUSIONES

La importancia creciente de desarrollar prácticas agrícolas que estén en armonía con el medio ambiente y que hagan un uso pleno de los recursos locales está generando un clima favorable para la promoción de biodigestores. Sin embargo, todavía es mucho lo que necesitamos hacer para lograr un mayor conocimiento de los biodigestores como componentes integrados de los sistemas agrícolas. Necesitamos conocer más sobre los cambios que se producen en las características químicas y biológicas del substrato durante el proceso de biodigestión para poder hacer un uso más eficiente del efluente como fertilizante para plantas terrestres y acuáticas o en los estanques para peces.

Además, el diseño y la construcción de los biodigestores todavía pueden mejorarse y necesitan desarrollarse más para reducir los costos de instalación y aumentar la eficiencia con la que los materiales incorporados se convierten en biogás y fertilizantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Botero, R. y T. R. Preston, 1995. Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir del estiércol. Manuscrito inédito. CIPAV, Cali, Colombia.
- Decara, Lorena; Sandoval, Gabriela; Funes, Claudio Universidad Nacional Río Cuarto-Facultad de Agronomía y Veterinaria Departamento de Economía Agraria
- Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”, Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba.
- L. Cepero¹, Valentina Savran², D. Blanco¹, M. R. Díaz Piñón³, J. Suárez¹ y A. Palacios⁴
- Pedro Luís Domínguez y Julio Ly Instituto de Investigaciones Porcinas. PO Box 1, Punta Brava. La Habana 19200, Cuba E-mail: julioly@utafoundation.org
- "DSpace ESPOCH: Elaboración de un Biodigestor piloto tubular para producción de Biogás a partir de estiércol de ganado vacuno en una vivienda de la comunidad de Tembo.." DSpace ESPOCH: Elaboración de un Biodigestor piloto tubular para producción de Biogás a partir de estiércol de ganado

vacuno en una vivienda de la comunidad de Tembo.. N.p., n.d. Web. 14 Sept. 2014. <<http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/3398>>.

- "Sistema biodigestor para el tratamiento de desechos orgánicos : (Estelí, Nicaragua)." Sistema biodigestor para el tratamiento de desechos orgánicos : (Estelí, Nicaragua). N.p., n.d. Web. 14 Sept. 2014. <<http://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/10807>>.
- <http://crisisambiental-cambioclimatico.blogspot.com/2013/05/resiliencia-y-cambio-climatico-por-juan.html>
- <http://palominososteniblepei.wordpress.com/>
- <http://www.engormix.com/MA-porcicultura/manejo/articulos/biogas-beneficios-economicos-utilizando-t1795/124-p0.htm>

UTILIZACIÓN DE LA CAMA PROFUNDA EN LA CRIANZA DE CERDOS COMO UNA ALTERNATIVA ORGÁNICA Y ECONÓMICA AL USO DE LOS ABONOS CONVENCIONALES

Selma Avila, Cristian Cordero, Marlon Fernández, Michel Vargas.

¹ Estudiante de 9º Ciclo Veterinaria - Universidad Técnica de Machala

RESUMEN

La crianza de cerdos es una actividad agropecuaria importante para la alimentación humana; sin embargo en este tipo de producción el uso de recursos es alto cuando es manejado con los sistemas tradicionales. El sistema de cama profunda radica su importancia en la resiliencia en la capacidad de reducción en los costos de construcción, disminución en el uso del agua, optimización del espacio, menos mano de obra requerida, una baja en la emanación de olores fuertes, etc.

El objetivo de este artículo es difundir el sistema de cama profunda como una alternativa ecológica a la crianza tradicional de cerdos y el uso del mismo como un abono orgánico luego de haber sido utilizado.

1. INTRODUCCIÓN

El sistema de cama profunda para la crianza de cerdos se originó en China y Hong-Kong en la década de los 70, luego se extendió hacia Europa a finales de los años 80 y eventualmente se fue dando a conocer hacia América del Sur. La reducción en los costos de construcción, disminución en el uso del agua, optimización del espacio, menos mano de obra requerida, una baja en la emanación de olores fuertes, etc., hicieron que este método de crianza haya sea adoptado por muchos productores en todo el mundo.

La técnica fue desarrollándose con el tiempo al punto de obtenerse resultados beneficiosos en la producción, bienestar animal y principalmente creando un sistema amigable con el medio ambiente, dando como resultado la formación de un compostaje a manera de residuo, el cual se lo puede utilizar como un abono orgánico, brindando propiedades físicas, químicas y biológicas en la mejora de suelo agrícola.

En este trabajo analizaremos la técnica, sus ventajas, y su optimización para la obtención de un compostaje que sea el resultado de una práctica amena para con el ambiente, los animales y las personas en el alrededor; y que este producto final sea útil en calidad y precio para la industria agrícola minimizando el uso de abonos convencionales.

OBJETIVO GENERAL

Optimizar el proceso de compostaje resultante del sistema de manejo con cama profunda proveniente de la crianza de cerdos para su uso como un abono orgánico proveniente de un manejo más ecológico, y que sea económicamente rentable para su uso en la agricultura en general.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Sentar las bases para el manejo de explotaciones porcinas con el sistema de cama profunda.
- Minimizar el uso del agua.
- Bajar los costos de instalaciones y mano de obra requeridos.
- Reducir la emisión de residuos líquidos al ambiente.
- Disminuir malos olores y proliferación de moscas
- Contribuir al incremento de la producción de carne de cerdo.
- Favorecer al estado del bienestar animal
- Obtener un desecho de cama profunda viable para su uso en agricultura.

2. MARCO TEORICO

2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CAMA PROFUNDA

El sistema de crianza de cama profunda es un tipo de producción de cerdos en instalaciones donde el piso de concreto se sustituye por una cama de heno, cascarilla de arroz o de café, hojas de maíz, bagazo de caña, paja de trigo, paja de soya, entre otros, con una profundidad de 50-60 cm. Esta tecnología es muy económica ya que se puede utilizar materiales localmente disponibles y hay un ahorro de agua considerable. Es una excelente alternativa para sistemas productivos de pequeña y mediana escala. (Cruz, Almaguel, Mederos, & Ly. 2010)

Es un sistema amigable con el medio ambiente ya que no hay emisión de residuos líquidos, se reducen considerablemente los olores, la presencia de moscas y se obtiene abono orgánico en forma de composta. Se genera una temperatura y acumulación de gases mayores con respecto al sistema convencional por lo que los principios de construcción de las instalaciones y el manejo de los animales son diferentes. (Cruz, Almaguel, Mederos, & Ly. 2010).

Cuba comenzó el estudio y transferencia de esta tecnología en el año 2007 e identificó la temperatura como uno de los puntos críticos más importantes a considerar para su implementación y extensión en el trópico. Sin embargo, los aportes de las experiencias desarrolladas en la producción atenuaron en gran medida la incidencia de este factor y a partir de ese momento constituyó una alternativa excelente para la crianza porcina a pequeña y mediana escala en el país (Cruz, Almaguel, Mederos, & Ly, 2009).

La tecnología de cama profunda puede constituir una alternativa viable en la producción porcina a pequeña escala. Se define bajo el concepto de proveer al animal la habilidad de seleccionar y modificar su propio micro ambiente a través del material de la cama y contribuye al incremento de la producción de carne de cerdo en países en desarrollo con un menor impacto ambiental. Es un sistema muy económico pues permite reciclar instalaciones en desuso o construir instalaciones

nuevas empleando materiales localmente disponibles. Genera un ahorro considerable de agua, y es además un sistema amigable con el medio ambiente por la baja emisión de residuos, la reducción considerable de malos olores y baja presencia de moscas. Con la utilización de esta tecnología las deyecciones animales sufren un compostaje “in situ”, reduciendo los riesgos de contaminación y se obtiene un fertilizante orgánico de excelente calidad para su uso en agricultura, (E Cruz, 2009).

2.2 COMPORTAMIENTO DE LOS CERDOS ALOJADOS BAJO EL SISTEMA DE CAMA PROFUNDA

Los cerdos alojados en cama profunda manifestaron un menor consumo de alimento al compararlos con los cerdos alojados en piso de concreto sólido, estos resultados concuerdan con los obtenidos por Honeyman y Harmon (2003), y pudieran estar relacionados con un aumento del requerimiento energético de los cerdos alojados en piso debido a un mayor movimiento por la ubicación del comedero y bebedero, a diferencia de los criados en cama profunda que tenían el bebedero junto al comedero. Otro factor que pudiera incidir en este comportamiento es la necesidad de los cerdos estabulados en piso de concreto sólido de producir mayor calor metabólico para el mantenimiento de la temperatura corporal, mientras que los animales alojados en cama profunda recibieron el calor que le ofreció el material de la cama. (Cruz E., 2010).

Los cerdos alojados en cama profunda, aprovecharon mejor el alimento, a pesar de tener un consumo inferior, mientras que los alojados en piso de concreto manifestaron un consumo mayor, influenciado quizás por mayor requerimiento energético, debido a que caminaban más del comedero al bebedero durante el día, a diferencia de los criados en cama que tenían el bebedero junto al comedero. Otra posible causa, es el incremento de la necesidad de producir mayor calor metabólico para el mantenimiento de la temperatura corporal, mientras que los animales del sistema de cama tienen el calor de la cama y reducen su producción de calor. Sin embargo, los rasgos de comportamiento son similares en ambas crianzas. (E.Cruz, Almaguel, Mederos, & Ly, 2007).

El comportamiento de los cerdos en cama profunda utilizando raquis de palma fue influenciado por la densidad animal y no por la densidad de la cama. En un sistema de alimentación restringido, el comportamiento de los animales está directamente afectado por el momento de la oferta del alimento. El menor número de comederos respecto al número de cerdos alojados, incrementó la competencia por el alimento a medida que aumentaron de peso los animales y ésta fue mayor en el tratamiento de mayor densidad animal (1,35 m²/animal).(Campiño-Espinosa & Ocampo-Durán, 2010)

Los animales definieron una tendencia de comportamiento: consumo de alimento, seguido de búsqueda de la zona sucia para depositar sus excretas y posteriormente el descanso, siempre en sitios específicos, los cuales mantuvieron durante todo el periodo de engorde.(Campiño-Espinosa & Ocampo-Durán, 2010)

El comportamiento espacial de los cerdos permitió definir tres zonas en el corral: zona sucia, zona húmeda y zona limpia; con tendencia a aumentar las dos primeras y desaparecer la zona limpia al finalizar el engorde. El comportamiento productivo de los cerdos y los parámetros de bienestar animal evaluados, demostraron que la densidad de 1,5 m²/animal fue mejor comparada con 1,35 m²/animal. (Campiño-Espinosa & Ocampo-Durán, 2010).

El monitoreo del comportamiento de los cerdos durante el periodo de engorde resultó en la conclusión que los animales mantenidos en cama profunda estuvieron más tiempo caminando y mostraron un carácter menos agresivo que los que no estuvieron en cama profunda. (Margeta et al., 2005)

En un estudio llevado a cabo en la universidad de Giessen, Alemania, se comprobó que los cerdos alojados en sistemas tradicionales con slats vs cerdos alojados en cama profunda, tuvieron mayor tendencia a presentar conductas anormales como mordisqueo de orejas y colas.

Fuente: Steffen Hoy, 2001

2.3 ASPECTOS ECONÓMICOS Y PRODUCTIVOS

En la actualidad existe la tendencia de desarrollar sistemas de producción porcina que satisfagan los requerimientos ecológicos y de bienestar animal, pero en la cual no se vea afectada los costos de producción. (Margeta et al., 2005)

El sistema de cama profunda está siendo considerado como una posible solución a estos requerimientos, por lo cual se ha convertido en una manera popular de criar cerdos en países agropecuarios desarrollados.

Muchas investigaciones han mostrado las ventajas de este sistema; sin embargo también se han encontrado algunas desventajas frente a los sistemas convencionales.

Cuando se compara con la crianza tradicional, muchos científicos acuerdan que los costos/beneficios del sistema de cama profunda es más rentable (Gentry et al., 2002, Morrison et al., 2002, Kralik et al. 2004.), y más favorable para el bienestar animal y la protección del ambiente (Lyons et al., 1995, De Jong et al., 1998, Kelly et al., 2000, Klont et al., 2001, Guy et al., 2002, Morrison et al., 2003, Margeta et al., 2004).

Considerando la productividad y las características al sacrificio de los cerdos, la mayoría de autores señalan que no solo las ventajas de la cama profunda (Beattie, 1996, Morgan et al., 1998, Beattie et al., 2000, Spolder et al., 2000, Turner et al., 2000, Klont et al., 2001, Maw et al., 2001, Lombooji et al., 2004.) también mencionan que algunos efectos negativos sobre la manera de crianza ya mencionados.

Diferentes resultados de investigaciones muestran que muchos factores ajenos al sistema de crianza afectan a la productividad y características de la carne en algún grado. (Margeta et al., 2005)

Beattie et al. (2000) indicó que los cerdos finalización en cama profunda tuvieron mejor conversión alimenticia, menor consumo de alimento por kilogramo de peso vivo, mejor ganancia de peso, y una menor proporción de grasa de la espalda cuando se comparaban con cerdos alojados en sistemas convencionales.

En una tesis realizada por John Feijoo en el 2013 en la Universidad Técnica de Machala en la Parroquia Zaracay del cantón Piñas, denominada “Evaluación de Bienestar Animal de Cerdos en

Ceba alojados en Sistema de Cama Profunda”, se llegaron a los siguientes resultados resumidos en las siguientes tablas:

Fuente: Feijoo, 2013

El respectivo análisis de varianza arrojaron los siguientes resultados:

Fuente: Feijoo, 2013

El autor concluye que la según su ANOVA para el peso se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias para los dos tratamiento, por lo tanto uno de los dos tratamientos es diferente.

Claramente se comprueba los puntos de vista de otras investigaciones que afirman que el sistema de cama profunda en términos de productividad es igual o mejor al tradicional en rendimiento.

El impacto ambiental por otro lado también fue analizado usando una matriz de Leopold, la cuál arrojó los siguiente datos en la investigación: En los cuadros elaborados, de una escala de 1-10 , siendo 1 la mínima importancia y 10 la máxima importancia.

De acuerdo a la matriz de Leopold elaborada en la tesis , el impacto ambiental que causó el sistema de cama profunda es menor que el producido por el sistema tradicional (Feijoo, 2013)

2.4 IMPORTANCIA EN EL MANEJO DE DESECHOS CON EL SISTEMA DE CAMA PROFUNDA

El mayor problema que posee la producción convencional de cerdos es el alto nivel de contaminación causado por residuos líquidos, producto del agua de lavado de corrales y orina de los animales; el cual no puede ser eliminado directamente a cursos de agua o como agua de riego, por poseer alta carga contaminante de coliformes fecales, de sólidos suspendidos y totales, de materia orgánica, residuos con alta demanda química y biológica de oxígeno, nitrógeno y fósforo. Es por ello que existe una creciente preocupación en cuanto a los altos volúmenes de excretas generados en la producción porcina y los altos niveles de contaminación presentes en los mantos acuíferos primarios. Los efluentes de las granjas de producción superan hasta por el doble la capacidad de utilización de nitrógeno del suelo en que se depositan (Cruz, Almague, Robert, & Ly, 2012).

Este sistema permite reducir la cantidad de líquidos residuales emitidos al ambiente, provenientes del lavado de los corrales en la crianza tradicional y los materiales usados como cama sufren un proceso de compostaje in situ debido a la permanente incorporación de las excretas de los cerdos (Campiño y Ocampo 2007), lo cual facilita el manejo de los residuales líquidos y genera una fuente de materia orgánica en forma de composta que puede ser usada posteriormente como abono orgánico (Uicab-Brito 2004).

Esta composta puede ser utilizada según como abono orgánico de diferentes cultivos si aporta nutrientes al suelo, como enmienda húmica si evita la pérdida de materia orgánica del suelo, como

enmienda de corrección si aporta materia orgánica el suelo o como sustrato de cultivo cuando se utiliza como soporte total o parcial de los cultivos.

Los campos de aplicación de la composta son amplios y se basan principalmente en los requerimientos de las plantas y en la falta de nutrientes del suelo. Esta fuente de materia orgánica puede emplearse como mejorador de suelos, en cultivos de invernadero, como inóculo para la producción de otra composta, así como, para incrementar la biomasa y el rendimiento de las plantas (Utría et al 2006, Uicab-Brito 2004). Por esta razón se puede decir que los usos de la composta redundan en beneficio al productor, en este caso al porcicultor, porque es una técnica de conversión de sus residuos a un bajo costo. Por otro lado, también puede aplicarse en cultivos caseros como las hortalizas e incluso cuando la producción es elevada puede utilizarse en pastos a nivel de hectáreas o en algún otro cultivo que se tenga en proceso.

En este sentido (R.E.S, 2004) plantea que los lixiviados generados por los procesos de compostaje y lombricompostaje mejoran las características físicas y previenen la erosión de los suelos, favorecen la nutrición y sanidad de las plantas, además de proveer un valor ecológico y económico, dependiendo de su procedencia, preparación del compostaje, composición, calidad y grado de maduración.

Los materiales de cama, dependiendo de su composición serán más o menos absorbentes, y por consiguiente permitirán más o menos filtrado de los residuales al suelo. Para la extensión de los ciclos de crianza sobre una misma cama es imprescindible realizar los análisis establecidos internacionalmente, para conocer el comportamiento físico-químico y microbiológico de todos los elementos que participan en el proceso y de esta forma evitar el deterioro de la cama, los problemas sanitarios y de salud en el sistema, así como, la contaminación no deseada al suelo. (Cruz, Almague, Robert, & Ly, 2012).

Determinar el tipo de suelo sobre el cual se va a implementar el sistema es otro aspecto de importancia, ya que dependiendo de su textura será mayor o menor la posibilidad de incorporar materia orgánica al manto freático.(Cruz, Almague, Robert, & Ly, 2012).

En un estudio llevado a cabo en el Livestock Research Institute en Taiwán, luego de 70 días de compostaje, la cama se transformó en compost maduro con un 28,6% de humedad, 69,8% de materia orgánica y 4,1% de nitrógeno (Sheen, 2001). Este compost es un buen fertilizante orgánico. (Sheen, 2001).

En la siguiente tabla se puede resumir la evolución de la maduración del compostaje.

Figure 5 The Temperature Changes of Rice-Husk Litter in the Litter-Bed Pig House

Com- posting time	pH	Moisture	Organic matter	TN	NH ₄ ⁺ -N	NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N	TKN
days		%			ppm			
0	6.4	62.6	77.7	2.8	95	0.77	689	796
15	5.7	62.7	77.2	3.1	137	0.40	129	510
20	5.1	60.6	76.7	3.6	199	0.56	120	538
29	6.4	59.4	75.3	3.8	221	0.69	151	577
37	6.7	54.7	74.0	3.5	289	1.13	87	650
44	6.7	50.0	72.6	3.7	233	29.38	78	443
51	6.7	47.7	70.6	3.6	188	46.88	120	359
70	6.6	28.6	69.8	4.1	216	7.30	118	381

Fuente: Sheen, 2011

3. CONCLUSIONES

Finalizada la revisión bibliográfica sobre el sistema de cama profunda se concluye que es un método rentable, amigable con el medio ambiente y su residuo puede ser usado como un alternativa a los ecológica a los abonos convencionales en la agricultura.

4. BIBLIOGRAFÍA

Beattie, V.E., O'Connell, N.E., Moss, B.W. 2000. Influence of environmental enrichment on the behaviour, performance and meat quality of domestic pigs. *Livestock Production Science* 65:71- 79

Campiño-Espinosa, G. P., & Ocampo-Durán, Á. (01 de 10 de 2010). Comportamiento de Cerdos de Engorde en un Sistema de Cama Profunda Utilizando Racimos Vacíos de Palma de Aceite *Elaeis guineensis* Jacq. Obtenido de Grupo de Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción con énfasis en Palmas Tropicales Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales:

Cruz E., A. R. (2010). Uso de camas profundas en los sistemas de engorde de cerdos en el sector campesino en Cuba. Obtenido de Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP) Carretera del Guatao km 1 ½. Punta Brava. La Lisa. Ciudad Habana. C.P 19200.:

Cruz, E., Almague, R. E., Robert, M., & Ly, & J. (30 de 02 de 2012). Estudio sobre la contaminación del suelo después de tres ciclos de crianza de cerdos con el sistema de cama profunda a pequeña escala. Obtenido de Sitio Argentino de Producción Animal:

Cruz, E., Almaguel, R., Mederos, C., & Ly, J. (2009). CAMAS PROFUNDAS EN LA CRIANZA PORCINA. Obtenido de Instituto de Investigaciones Porcinas. Gaveta Postal No. 1. Punta Brava. La Habana. Cuba. C. P. 19200:

Cruz, E., Almaguel, R., Mederos, C., & Ly, J. (2010). Instituto de Investigaciones Porcinas. Obtenido de CAMAS PROFUNDAS EN LA CRIANZA PORCINA. UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA LA PRODUCCIÓN FAMILIAR:

E Cruz, R. E. (2009). Rasgos de comportamiento de cerdos de engorde alojados en cama profunda de bagazo y alimentados con dietas basadas en mieles enriquecidas de caña de azúcar. Obtenido de Instituto de Investigaciones Porcinas, Gaveta Postal No. 1, Punta Brava, La Habana, Cuba.

E.Cruz, Almaguel, R., Mederos, C., & Ly, C. G. (2007). Cama profunda en la producción porcina cubana a pequeña escala. Obtenido de O.B. Instituto de Investigaciones Porcinas.

Feijoó, S. 2014. Evaluación del bienestar animal de cerdos en ceba alojados en sistema de cama profunda.

Gentry, J.C., McGlone, J.J., Blanton Jr., J.R., Miller, M.F. 2002. Impact of spontaneous exercise on performance, meat quality, and muscle fiber characteristics of growing/finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 80:2833-2839.

Guy, J.H., Rowlinson, P., Chadwick, J.P., Ellis, M. 2002. Health conditions of two genotypes of growing-finishing pig in three different housing systems: implications for welfare. *Livestock Production Science* 75:233-243.

Lyons, C.A.P., Bruce, J.M., Fowler, V.R., English, P.R. (1995): A comparison of productivity and welfare of growing pigs in four intensive systems. *Livestock Production Science* 43:265-274.

Hoy, S. 2001. Deep Litter vs Slats. *Pig Progress* Volume 17. No 10. Artículo Disponible en: http://www.pigprogress.net/PageFiles/23242/001_boerderij-download-PP5577D01.pdf

Margeta, V., Tolusić, Z., Kralik, I. 2005. Production and economic aspects of conventional and alternative pig fattening. *UDK* 636.4:636-084.5.003

R.E.S, L. (2004). Desarrollo y Evaluación de Lixiviados de Compost y Lombricompost para el manejo de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet).

Sheen, SY. 2005. Litter-Bed house system: Caring for both the animal and the environment. Artículo Disponible en: http://www.agnet.org/library.php?func=view&id=20110802094545&type_id=4

EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE BANANO MANEJADOS BAJO LOS ENFOQUES: CONVENCIONAL Y AGROECOLÓGICO EN EL CANTÓN SANTA ROSA DE LA PROVINCIA DEL ORO APLICANDO LA METODOLOGÍA MESMI.

Pizarro, J; Jaramillo, G; Guevara, R; Galarza, F. *

* Universidad Técnica de Machala. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera de Economía Agropecuaria.

RESUMEN

El objetivo de este estudio ha sido evaluar de forma comparativa la sostenibilidad socioeconómica y ambiental en la producción de banano del sistema convencional, Agroecológico en dos unidades de producción en la Provincia del Oro, Cantón Santa Rosa por medio del uso de indicadores estratégicos. La zona estudiada está ubicada al este del Cantón. Se ha elegido para la medición de los índices y para la evaluación de la sostenibilidad, se ha empleado el método denominado “Marco para la Evaluación de Sistemas de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS).” Se obtuvo un total de 26 indicadores agrupados en 13 atributos de sustentabilidad: productividad, adaptabilidad, resiliencia, autogestión, confiabilidad y estabilidad, equidad. Se estudiaron 2 sistemas de banano bajo producción familiar: el cultivo convencional y el Agroecológico en una muestra de 2 fincas. El mayor rendimiento se encontró en el sistema (36 cajas/a); por su parte su semejante (27cajas/ha). Se ha encontrado que en el sistema agroecológico tiene valores altos en cuanto al manejo de cobertura vegetal, diversidad de cultivos frente al sistema convencional, de forma general los indicadores socioeconómicos y ambientales están situados cerca o por debajo del nivel crítico de sustentabilidad. Esto indica que el sistema necesita de medidas correctivas urgentes. Los resultados obtenidos permiten poner de manifiesto algunos aspectos relevantes a la hora de diseñar Políticas Públicas de Desarrollo Rural relacionadas con este sector.

Palabras clave: Indicadores de Sustentabilidad, Producción Agroecológico.

ABSTRACT.

The aim of this study was to assess comparatively the socio-economic and environmental sustainability in banana production of the conventional system, Agroecology in two production units in Oro Province, Canton Santa Rosa by using strategic indicators. The study area is located east of Canton. It has been chosen for the measurement of indices and for sustainability assessment, we used the method called "Framework for the Assessment of Natural Resources Systems incorporating Sustainability Indicators (MESMIS.)" A total of 26 indicators grouped Obtained in 13 sustainability attributes: productivity, adaptability, resilience, self-management, reliability and stability, equity. 2 sets of bananas on household production were studied: conventional tillage and

Agroecology in a sample of 2 properties. The highest yield was found in the system (36 boxes / a); meanwhile its like (27cajas / ha). It has been found that agroecological system has high values in the management of vegetation, crop diversity compared to the conventional system, in general socioeconomic and environmental indicators are located near or below the critical level of sustainability. This indicates that the system needs urgent remedial action. The results obtained highlight some relevant to the design Public Policies for Rural Development issues related to this sector

INTRODUCCIÓN.

Muchos agricultores realizan la conversión del sistema de banano convencional de monocultivo, manejado con insumos sintéticos a sistemas más diversificados, que incluyen árboles de sombra, con el objetivo de lograr una producción de calidad, estable en el tiempo y menos dependiente de insumos externos, lo cual reduce los costos de producción y favorece la conservación de los recursos naturales de la finca, tales como suelo, agua y biodiversidad (Altieri 1995). El objetivo final de los investigadores que desarrollan y promueven técnicas de manejo orgánico, es llegar a diseñar agroecosistemas con gran resistencia a plagas, buena capacidad de reciclaje y de retención de nutrimentos, as. Como altos niveles de biodiversidad (Gliessman 1998). Un sistema más diversificado, con un suelo rico en materia orgánica y biológicamente activo es considerado un sistema no degradado, robusto y productivo.

En otras palabras, un agroecosistema de banano., rico en biodiversidad, la cual, a partir de una serie de sinergismos contribuye con la fertilidad edáfica, la fitoprotección y la productividad del sistema, se considera *sustentable o saludable* (Fern.andez y Muschler 1999).

La agroecología es vista como una herramienta fundamental para mejorar la calidad de vida de las familias campesinas mediante el ordenamiento y utilización del territorio, de acuerdo a sus potencialidades y limitantes, que orientada hacia un desarrollo sustentable, aporta instrumentos y herramientas que permitan a los campesinos valorar y reconocer especies tradicionales con algunas formas de utilización en procesos integrados dentro de la parcela, producir alimentos no contaminados conservar la biodiversidad y los recursos naturales, rescatar los saberes populares y ancestrales, formular y ejecutar proyectos productivos alternativos e impulsar formas asociativas y organizativas propias para la autogestión comunitaria (Alemán *et al.* 2001). La construcción de esta alternativa productiva integra lo ambiental, político, económico, social, cultural y plantea enormes retos teóricos y éticos. El incremento en la producción y la productividad agrícola, pueden contribuir al desarrollo económico a través de la provisión de alimentos, vista esta de dos formas se considera que el incremento en la oferta de alimentos mejoraría el nivel de vida de los pobres tanto rurales como urbanos, y si existe exportación de productos agrícolas, esta podría ser fuente generadora de divisas, las cuales servirían para importar bienes de capital que se utilizarían en otros sectores. También el desarrollo económico se vería incrementado por el sector agrícola al haber transferencia de fuerza de trabajo de la agricultura a la industria, de la ampliación del mercado para los productos industriales al existir aumentos en los ingresos netos de la población agrícola (Barajas 2005).

La importancia de la concepción de la finca como unidad de producción nos lleva a reflexionar sobre el interés y objetivos que se presentan en la realización de un análisis; la entrevista y la observación de la estructura y función, nos darán una idea global del sistema. Ejemplo de ello lo tenemos en los tipos de cultivo o animales que se encuentran en las prácticas de manejo, la toma de decisiones y las salidas o

productos que se venden. Se supone que sistemas de cultivo que están orientados más por un sentido económico agroempresarial, con alta productividad y eficiencia, tendrán un menor número de componentes o agroecosistemas en razón de la homogeneidad de los mismos y de las prácticas que les son consustanciales, es decir, son sistemas de cultivo monoculturales cuyas labores están casi estandarizadas, mientras que los sistemas de producción campesina estarán conformados por un sinnúmero de agroecosistemas con múltiples interacciones entre ellos (Malagon & Prager 2001).

La importancia del estudio de los agroecosistemas radica en que su investigación se enfatiza en algunas características especiales de producción (procesos y técnicas de transformación), las cuales incluyen respuestas biológicas y económicas de cultivos agrícolas a determinadas prácticas de manejo, como en el caso de agroecosistemas con componentes de cultivos, o de incrementos en las variables productivas y reproductivas en animales de interés zootécnico, derivados de los arreglos establecidos por el productor.

La seguridad alimentaria de una familia significa lograr la satisfacción de las necesidades alimentarias en cantidad y calidad suficientes. Los tres elementos claves para esta seguridad los constituyen el acceso, la disponibilidad y el buen uso de los alimentos.

En el presente trabajo se hace referencia al término sustentabilidad ambiental, es decir, al equilibrio dinámico en las relaciones sociedad naturaleza; la sustentabilidad ambiental es el resultado de un conjunto de acciones que se realizan con una visión integral de los procesos de desarrollo, en perspectiva de largo plazo (Gomero & Velasquez 2000). Se parte de la realidad y del contexto en la cual se está, y teniendo en cuenta su historia, se proyecta al futuro, con propósitos que orientan el aprovechamiento equitativo de los recursos, la participación de los actores sociales, el uso y conservación de la biodiversidad de acuerdo a las posibilidades de corto, mediano y largo plazo. El concepto de sustentabilidad ambiental permite analizar las condiciones que hacen posible que las comunidades locales, a pesar de las difíciles condiciones políticas, sociales y económicas, puedan estrechar relaciones conviviales con la naturaleza. Martin O'Connor, eco socialista neozelandés y reconocido ambientalista a nivel mundial, sugiere que la mirada agro productiva está adquiriendo una nueva modalidad en lo que denomina la fase ecológica, es decir, la naturaleza no es vista como una realidad externa a ser explotada por cualquier medio, como en la concepción predominante de la modernidad; ahora la naturaleza es vista como una fuente de valor en sí misma.

Por tanto, “la dinámica productivista cambia de forma, de la acumulación y crecimiento con base en una realidad externa, a la conservación y autogestión de un sistema de naturaleza productivista cerrada sobre sí misma” (Arango 2004). La metodología MESMIS evalúa las iniciativas campesinas hacia la sustentabilidad, la autonomía, la autosuficiencia y la soberanía alimentaria. Las investigaciones realizadas han demostrado que los sistemas de producción orgánicos, agroecológicos o alternativos (términos que usaremos indistintamente) pueden ser tan productivos como los convencionales, prescinden de los agroquímicos, consumen menos energía importada, conservan los recursos naturales y mantienen con vida el suelo y el agua (Speelman *et al.* 2007). Uno de los desafíos que enfrentan tanto agricultores, como extensionistas e investigadores es saber ¿Cuándo un agroecosistema puede ser considerado saludable?, o ¿en qué estado de salud se encuentra, después de que se ha iniciado la conversión a un manejo agroecológico?

Los investigadores que trabajan en agricultura sostenible han propuesto una serie de indicadores de sostenibilidad para evaluar el estado de los agroecosistemas (Gómez et al. 1996, Maser et al. 1999). Algunos indicadores consisten en observaciones o mediciones que se realizan a nivel de finca para determinar la fertilidad y conservación del suelo y si las plantas están sanas, vigorosas y productivas. En este artículo se presenta una metodología para el diagnóstico de la calidad del suelo y la salud del cultivo en plantaciones de banano usando indicadores sencillos. Se utilizan indicadores específicos para las bananeras de la zona de San Antonio, Ecuador, aunque con algunas modificaciones, esta metodología puede ser aplicada a una gran diversidad de agroecosistemas en otras regiones. Los indicadores utilizados se seleccionaron porque son fáciles y prácticos de utilizar por los agricultores. Además, son precisos y fáciles de interpretar, sensitivos a

los cambios ambientales y al impacto de las prácticas de manejo sobre el suelo y el cultivo, integran propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y pueden relacionarse con procesos del ecosistema, por ejemplo determinan la relación entre diversidad vegetal y estabilidad de poblaciones de plagas (Altieri 1994).

Siendo importante que dichos sistemas productivos propuestos sean evaluados con el fin de conocer si las prácticas y técnicas establecidas en las fincas permiten alcanzar los objetivos de la sustentabilidad que son los de ser una finca ecológicamente adecuada, económicamente rentable y socialmente aceptable o son fincas insustentables. En este sentido la presente investigación se basa en la evaluación de la sustentabilidad de dos fincas de producción bajo los enfoques: convencional y agroecológico, con el desarrollo y uso de indicadores cuyos valores son plasmados al final en un gráfico de tela araña denominado amoeba con el fin de comparar cuál de las dos granjas evaluadas es más sustentable que la otra e identificar puntos críticos que de otra manera no pueden ser identificados.

El estudio realizado tuvo como *objetivo general* evaluar **dos sistemas de producción de banano manejados bajo los enfoques: convencional y agroecológico en el cantón santa rosa de la provincia del oro aplicando la metodología Mesmi**. Como *objetivos específicos*, caracterizar los sistemas de producción agrícola evaluados, establecer comparaciones entre los atributos de sustentabilidad de cada uno de los sistemas de producción agropecuaria; y, por último, evaluar la contribución al mantenimiento de la agro biodiversidad de los tres sistemas de producción agrícola.

Definición de categorías de análisis, descriptores e indicadores

Siguiendo los lineamientos de Sarandón y Flores (2009), para cada dimensión, se deben definir diferentes niveles de evaluación. Estos niveles han sido denominados, de lo más general a lo particular, categorías de análisis, descriptores e indicadores. Las categorías de análisis son un aspecto de un sistema, significativo desde el punto de vista de la sustentabilidad, mientras que los descriptores son criterios de diagnóstico o características significativas de un elemento de acuerdo con los principales atributos de sostenibilidad de un sistema determinado (Sarandón y Flores, 2009). Obteniendo como resultado las siguientes tres dimensiones cada una de ellas con sus respectivas categorías y, descriptores a los cuales respondieron los indicadores.

Los indicadores de sostenibilidad

Una vez definidos los requerimientos de sostenibilidad de las bananeras (diversidad de cultivos, cobertura de suelo, cantidad adecuada de materia orgánica, entre otros), se seleccionaron en total veinte cinco indicadores entre ellos: Ecológico, con 12 indicadores (cobertura vegetal, rotación de cultivos, diversificación de cultivos, contenido de m.o., relación c/n, conductividad eléctrica, pH del suelo, conductividad eléctrica, diversidad temporal, diversidad espacial, diversidad forestal, fauna edáfica). Económico, con 7 indicadores (productividad, Ingreso neto mensual, Diversidad para la venta, Diversidad productiva, Diversidad de crianza de animales, Superficie de producción de auto consumo, Dependencia de insumos externos). Socio-Cultural, con 6 indicadores (aceptabilidad del sistema de producción, Conocimiento y conciencia ecológica, Salud, Vivienda, Acceso a la educación, Servicios básicos).

Estos indicadores fueron discutidos con los administradores, dueños y validados en dos fincas de productores. Esta evaluación fue realizada por los autores de este artículo. Cada indicador se estima en forma separada y se le asigna un valor de 0 a 5 (siendo 0 el valor menos deseable, 3 un valor medio y 5 el valor deseado) de acuerdo a las características que presenta el suelo o el cultivo, y los atributos a evaluar para cada indicador (Cuadro 1). Por ejemplo, Conservación de la vida del suelo. Un sistema es sustentable si las prácticas mantienen o mejoran la vida en el suelo. Para este descriptor se tomó en cuenta 3 indicadores: el

primero: Cobertura vegetal.- La misma provee al suelo de una protección contra los agentes climáticos y disminuye el riesgo de erosión (Sarandón et al, sf). ESCALA DE VALORACIÓN (5) = 100% de cobertura (4) = 99 a 75 %; (3) = 75 a 50 %; (2) = 50 a 25 %; (1) = < 25 %).

Los resultados de las dos fincas se pueden graficar, permitiendo visualizar el estado de las fincas en relación al umbral de calidad de suelo y salud de cultivo. Esto permite identificar las fincas que presentan promedios altos. Las fincas cuyos valores son más altos son consideradas "faros agroecológicos", en los cuales se pueden estudiar las interacciones y sinergismos ecológicos que explican el adecuado funcionamiento del sistema. El aspecto clave no es que los agricultores copien las técnicas que usa el agricultor en la finca "faro", sino que emulen los procesos e interacciones promovidos por la infraestructura ecológica de esa finca, que conllevan al éxito del sistema desde el punto de vista de rotación de cultivos y cobertura vegetal. Puede ser que en la finca "faro" la clave es la alta actividad biológica o la cobertura viva del suelo. Los agricultores de otras fincas cercanas no necesariamente tienen que usar el mismo tipo de compost o cobertura que el agricultor de la finca "faro", sino técnicas que están a su alcance y que optimicen los mismos procesos.

Las fincas con valores de rotación de cultivos y cobertura vegetal inferiores a 5 se encuentran por debajo del umbral de sostenibilidad, y por lo tanto requieren un manejo que permita mejorar los aspectos en que los indicadores tienen valores bajos. Los valores de los indicadores son más fáciles de observar si se grafican los resultados de cada finca en una figura tipo "ameba". Esto permite visualizar el estado general de la calidad del suelo o la salud del cultivo, considerando que mientras más se aproxime la "ameba" al diámetro del círculo (valor 5) más sostenible es el sistema. La "ameba" permite también observar en que aspectos hay debilidades (valores menores a 5), lo cual permite priorizar el tipo de intervenciones agroecológicas necesarias para corregir ciertos atributos del suelo, del cultivo o del agroecosistema. En ocasiones, la intervención para corregir un atributo, por ejemplo incrementando la diversidad de especies o el nivel de materia orgánica en el suelo, es suficiente para corregir otros atributos. La adición de materia orgánica, además de incrementar la capacidad de almacenamiento de agua, puede aumentar la actividad biológica del suelo, lo que a su vez puede mejorar la estructura del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Comparación entre Fincas.

Para los propósitos de este estudio se han establecido dos sistemas de producción agrícolas que son:

- Sistema de Producción Agroecológico:(La Lucha), la cual cuenta con una extensión de 40.0 ha. El propietario quien después de intentar con el paquete de la agricultura convencional realizó una conversión tecnológica a Agroecológica, propuesta de vida con la cual se identifica el agricultor que lleva más de 10 años
- Sistema de producción Convencional: (Los Tamarindos). El predio tiene un área de 45 ha, en este sistema se trabaja con químicos de síntesis industrial para la producción de cultivo de banano.

La metodología empleada en este trabajo fue la propuesta por el Marco para Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad(MESMIS) López & Masera (2000). MESMIS cuenta con una serie de propiedades o atributos generales. Estos atributos servirán de guía para el análisis de los aspectos más relevantes en la evaluación de la sustentabilidad de los sistemas de manejo de recursos naturales.

RESULTADOS

Una vez obtenidos los datos de la entrevista, de las observaciones directas, trabajos de campo y los análisis de suelo y agua de cada finca, estos son reunidos y registrados en una primera matriz denominada “Matriz de Resultados” para posteriormente registrar estos datos y dar sus respectivos valores a cada indicador en una segunda matriz denominada “Protocolo de Evaluación de Sustentabilidad” la cual nos permite obtener el diagrama final de tipo “tela araña” o “amoeba” del estado de sustentabilidad de la granja por dimensiones facilitando la caracterización socio económica ambiental y la identificación de los puntos críticos y fortalezas de cada una de las fincas.

La Evaluación de la Sustentabilidad Ambiental de los dos Sistemas de Producción (Tabla 2) muestra que el Sistema de Producción Agroecológico es ambientalmente más sustentable que el convencional. Este orden si varía desde el punto de vista económico, es decir, si se valoran los sistemas productivos en relación con su rentabilidad, en este caso, el Sistema de Producción Agroecológico resulta ser el menos rentable por su ratio de producción. Uno de los aspectos externos desfavorables para las prácticas de los agricultores tiene que ver con la producción de Banano; la fumigación impacta de manera fundamental el agua, el aire y el suelo, afectando de manera directa tanto la producción como la salud, el bienestar y la sustentabilidad ambiental de los dos sistemas de producción.

Para construir este indicador de conservación del suelo. Un sistema es sustentable si las prácticas mantienen o mejoran la vida en el suelo.

- ✓ Manejo de la cobertura vegetal. La misma provee al suelo de una protección contra los agentes climáticos y disminuye el riesgo de erosión. En el sistema agroecológico es del 80% y 20% en el convencional.

Tabla N° 2. Resultados de la Matriz de Resultados de la Sustentabilidad Ecológica.

	Agroecológico		Convencional
	80 a 100% de cobertura		< 25 %
ECOLÓGICO	Cobertura vegetal	Rotan todos los ciclos. No deja descansar el suelo.	No realiza rotaciones
	Rotacion de cultivos	Establecimiento totalmente diversificado, con asociaciones de cultivos y con vegetación natural	Monocultivo.
	Diversificación de cultivos	>3,10 a 3,44 % Ligeramente alto	= 1,30-2,00% Muy bajo
	Contenido de materia orgánica	= 11-13 Ligeramente alto	= <8 Muy bajo
	Relación carbono / nitrógeno	= 4.0 a 8.0 Medianamente salino Prosperan solamente los cultivos que toleran cierto grado de salinidad.	= 8.0 a 12.0 Fuertemente salino Solo los cultivos tolerantes rinden apropiadamente
	Conductividad eléctrica	= 6,5-7,3 Mínimos efectos tóxicos	= 5,6-6,0 Intervalo adecuado para la mayoría de cultivos
	Ph del suelo	= 3,45 - 4,8 ds/m	= 6,15 - 7,5 ds/m
	Conductividad eléctrica	Rota cada 2 ó 3 ciclos	No realiza rotaciones.
	Diversidad temporal	Establecimiento totalmente diversificado, con asociaciones entre ellos y con vegetación natural;	Monocultivo.
	Diversidad espacial	De 6 a más especies	De 1 a 2 especies
	Diversidad forestal	De 80 - 100 a más especies	De 1 a 20 especies
	Fauna edáfica		

Tabla N° 3. Resultados de la Matriz de Resultados de la Sustentabilidad Económica.

	Agroecológico	Convencional
	Baja (26-35 cajas/ha)	Media (36-45 cajas/ha)
ECONÓMICO	Producción cajas/ha	Media (36-45 cajas/ha)
	Ingreso neto mensual	338,8-437,2 dólares
	Diversidad para la venta	1 producto
	Diversidad productiva	1 producto
	Diversidad de crianza de animales	0 especies

Superficie de producción de auto consumo	0,1 has	0,1 has
Dependencia de insumos externos	de 20 a 40 % de insumos externos	de 80 a 100 % de insumos externos

Tabla N° 4. Resultados de la Matriz de Resultados de la Sustentabilidad Socio-Cultural

	Agroecológico	Convencional	
SOCIO-CULTURAL	Aceptabilidad del sistema de producción	Está muy contento con lo que hace. No haría otra actividad aun que ésta le reporte más ingresos	Está desilusionado con la vida que lleva, no lo haría más. Está esperando que se le presente una oportunidad para dejar la producción.
	Conocimiento y conciencia ecológica	Tiene un conocimiento de la ecología desde su práctica cotidiana. Sus conocimientos se reducen a la finca con el no uso de agroquímicos más prácticas conservacionistas;	Sin ningún tipo de conciencia ecológica. Realiza una práctica agresiva al medio por causa de este desconocimiento.
	Acceso a la salud	Centro de salud mal equipado y personal temporal	Médico Privado
	Vivienda	De bloque, piedra o ladrillo sin terminar o deteriorada. Regular.	De hormigón armado. Muy buena.
	Acceso a la Educación Servicios Básicos	Acceso a la escuela primaria y secundaria con restricciones; Instalación de agua potable y energía eléctrica	Acceso a educación superior y/ o cursos de capacitación; Instalación completa de agua potable, energía eléctrica y línea de teléfono

En cuanto a la seguridad alimentaria podemos decir que en el Sistema de Producción Agroecológico existe una mayor oferta de alimentos que conlleva a que pueda haber una mejor dieta (teniendo en cuenta que de muchas de las especies se conocen su uso). En el Sistema de Producción Convencional existe poca oferta de productos alimenticios ya que este sistema solo cuenta con un cultivo.

La materia orgánica en los dos sistemas productivos (Convencional y Agroecológico) es aceptable (Tabla 1), en el Sistema Agroecológico es del (80%). El contenido de materia orgánica es esencial para la fertilidad y la buena producción agropecuaria. Los suelos sin materia orgánica son suelos pobres y de características físicas inadecuadas para el crecimiento de las plantas. De allí la importancia de este resultado tanto para la fertilidad del suelo como para la valoración de la calidad nutricional de los productos. En el Sistema de Producción Agroecológico se reciclan casi todos los materiales de los subsistemas. Teniendo en cuenta que cualquier residuo vegetal o animal es materia orgánica, y su descomposición los transforma en materiales importantes en la composición del suelo y en la producción de plantas, se resalta que su descomposición por microorganismos y transformación en materia adecuada para el crecimiento de las plantas, conocida como humus, genera una mayor disponibilidad de nutrientes, haciendo el sistema productivo independiente de los nutrientes externos.

En cuanto a la diversidad de especies animales es mayor en el Sistema Agroecológico, pues presenta una variedad de animales, la alimentación de estos animales se hace con insumos de los subsistemas. En el Sistema Convencional no hay presencia de especies animales para el consumo.

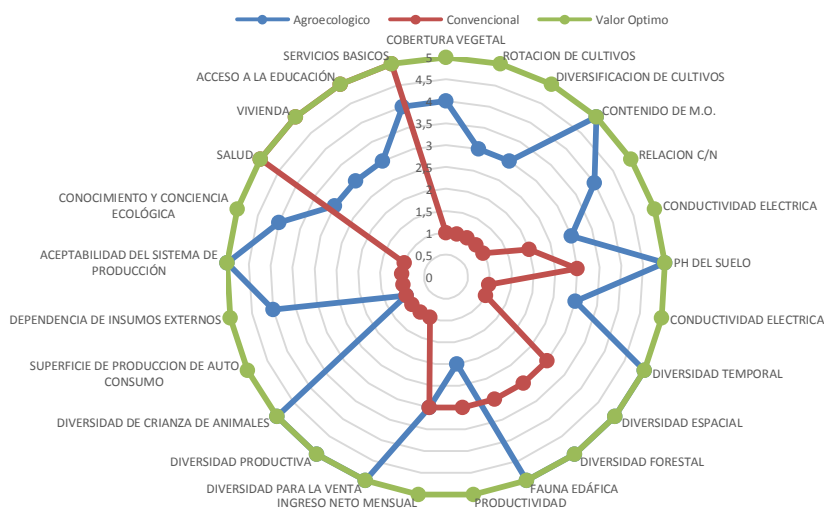
Tabla 5 Matriz "Protocolo de Evaluación de Sustentabilidad"

Componentes	Puntos Críticos	Indicadores	Agroecológico	Convencional	Valor Optimo
ECOLÓGICA	CONSERVACIÓN DEL SUELO	1 COBERTURA VEGETAL	4	2	5
		2 ROTACIÓN DE CULTIVOS	3	1	5
		3 DIVERSIFICACIÓN DE CULTIVOS	4	1	5
	CALIDAD DEL SUELO	4 CONTENIDO DE M.O.	4	1	5
		5 RELACIÓN C/N	4	2	5
		6 CONDUCTIVIDAD	3	4	5

		ELÉCTRICA					
ECONÓMICA	CALIDAD DEL AGUA	7	PH DEL SUELO	4	4	5	
		8	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	4	3	5	
	BIODIVERSIDAD DE CULTIVOS	9	DIVERSIDAD TEMPORAL	3	1	5	
		10	DIVERSIDAD ESPACIAL	4	1	5	
		11	DIVERSIDAD FORESTAL	4	1	5	
	FAUNA EDÁFICA	12	FAUNA EDÁFICA	4	1	5	
	PRODUCTIVIDAD	13	PRODUCTIVIDAD	2	3	5	
	INGRESO NETO MENSUAL	14	INGRESO NETO MENSUAL	4	4	5	
	EXCEDENTE PARA LA VENTA	15	DIVERSIDAD PARA LA VENTA	4	1	5	
	AUTOSUFICIENCIA ALIMENTARIA	16	DIVERSIDAD PRODUCTIVA	4	1	5	
		17	DIVERSIDAD DE CRIANZA DE ANIMALES	4	1	5	
		18	SUPERFICIE DE PRODUCCIÓN DE AUTO CONSUMO	2	1	5	
	DEPENDENCIA DE INSUMOS EXTERNOS	19	DEPENDENCIA DE INSUMOS EXTERNOS	4	1	5	
	SOCIO-CULTURAL	ACEPTABILIDAD	20	ACEPTABILIDAD DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN	2	2	5
		CONOCIMIENTO Y CONCIENCIA ECOLÓGICA	21	CONOCIMIENTO Y CONCIENCIA ECOLÓGICA	3	1	5
		SATISFACCIÓN DE LAS NECESIDADES BÁSICAS	22	SALUD	4	4	5
			23	VIVIENDA	4	4	5
		24	ACCESO A LA EDUCACIÓN	4	4	5	
25		SERVICIOS BÁSICOS	4	4	5		

El análisis de los indicadores de las 2 fincas se realiza a través de un diagrama de amoeba, el cual permitió detectar grandes diferencias en los componentes de la sustentabilidad. El cual se muestra en la siguiente gráfica.

Gráfico N°1. Valores de los indicadores en las 2 fincas.



También se realizó el levantamiento de información de las dos finas estudiadas, como son datos de enfunde, recobro, ratio, costos de producción. A continuación detallamos los parámetros productivos en las dos fincas evaluadas:

Tabla N°6. Indicadores de Producción de Banano.

PARÁMETROS	CONVENCIONAL	AGROECOLÓGICA
Hectáreaje	45	40
Racimos Enfundados	1664	1480
Racimos Cosechados	1597	1350
Recobro	96%	91%
Cajas Procesadas	1629	1242
Ratio	1,02	0,92
Cajas/Ha/Año	1882,4	1435,2
Cajas/Ha/Sem	36,20	27,60

* Cajas de 43 lbs

Tabla N°7. Costos de Producción y Utilidad x Caja

PARÁMETROS	CONVENCIONAL	AGROECOLÓGICA
Cantidad Cajas/año	84708	57408
Precio Caja	\$ 6,00	\$ 8,00
Ventas/año	\$ 508.248,00	\$ 459.264,00
Costo Producción		
Total	\$ 301.877,99	\$ 326.420,00
Costo Producción Ha	\$ 6.708,40	\$ 8.160,50
Costo Producción Caja	\$ 4,12	\$ 6,57
Utilidad Caja	\$ 1,88	\$ 1,43
Utilidad x Ha	\$ 4.586,00	\$ 3.321,10
Utilidad Total	\$ 206.370,01	\$ 132.844,00

Tabla N°8. Ratios Financieros

Indicador	Sistema	Sistema
	Convencional	Agroecológico
Costos de producción	\$ 6.708,40	\$ 8.160,50
Ingresos	\$ 508.248,00	\$ 459.264,00
Utilidad	\$ 4.586,00	\$ 3.321,10
Relación beneficio-costos	\$ 0,68	\$ 0,41

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

El sistema de producción agroecológico es ambientalmente más sustentable que el sistema de producción convencional, pues, en este sistema de producción se enfatiza en la conservación de los recursos naturales, en la preservación de la biodiversidad, en el uso de insumos de origen biológico para el control de plagas y enfermedades y hay una interacción hombre-naturaleza que no está mediada por la agro productividad, sino por el respeto de los ciclos, ritmos y tiempos de la naturaleza, configurando un paisaje biodiverso y rico en singularidades.

El sistema de producción agroecológico es más sustentable económicamente que el sistema de producción convencional, debido a la amplia oferta de productos para el mercado y a la calidad de los mismos, por lo cual los precios son más altos. El Sistema de producción Agroecológico y cuentan con mayor mano de obra tanto externa y familiar que el sistema de producción convencional, donde se genera poca demanda de fuerza de trabajo y es de carácter externo.

Para los agricultores que están interesados en realizar una reconversión tecnológica de sistemas de producción agro productivistas agroecológicos resulta de particular importancia resaltar que el cambio es viable tanto económico, social y ambientalmente. Los estudios de Evaluación de la Sustentabilidad de los sistemas de producción resultan ser una herramienta valiosa para determinar el impacto de las tecnologías agroecológicas e identificar los puntos débiles de los sistemas que ponen en riesgo su sustentabilidad a corto, mediano y largo plazo

Asimismo, permiten un monitoreo rápido y permanente dentro de los sistemas, lo que facilita su evaluación, su seguimiento y mejoramiento. El Sistema de Producción Convencional tiende a ser desplazado por el Sistema de Producción Agroecológico debido a las ventajas que este ofrece. Como principales recomendaciones, resulta conveniente la socialización con campesinos de la región que pueden estar en condiciones similares respecto de los dos agroecosistemas analizados, es necesario que trabajos de esta naturaleza se realicen en otros lugares con el fin de crear un sistema de información que permita establecer criterios claros y precisos en cuanto a la evaluación y sostenibilidad de los distintos agroecosistemas considerados.

En los Sistemas de Producción Agroecológico le sugerimos a los agricultores adoptar medidas de control para evitar la contaminación del agua en los pozos (entre ellas adecuar los pozos colocándole una tapa para evitar el contacto con los animales). En el Sistema de Producción Agroecológico se requiere la construcción de un biodigestor para realizar un control de las emisiones de aguas residuales contaminadas con porquinaza y otros estiércoles. Se debe orientar a la comunidad sobre la buena utilización del uso del suelo (por ejemplo tecnología limpias como un Sistema Agroecológico) para evitar la contaminación del ambiente y mejorar la Calidad de vida de los habitantes. Para el Sistema de Producción Convencional se recomienda la asociación de cultivos (por ejemplo frutales) y la adopción de productos orgánicos para mejorar la calidad del suelo, sus productos e ingresos.

Las auditorias de labores de campo dan como resultado: racimos enfundados en la finca convencional es de 1664 y 1480 en la agroecológica. Tenemos un recobro del 96% y del 91, con un ratio de 1.02 y 0.92; y caja/ha/año es del 36 y 27 respectivamente. Las cajas producidas al año son del 84708 y 57408 en el sistema convencional y agroecológico. Y el costo de producción x ha es de \$ 6.708,40 y \$ 8.160,50; dando un costo de producción x caja de 4,12 y 6,57; obteniendo una utilidad x ha/año de: \$ 4568 y \$ 3321; y un costo beneficio de \$ 0,68 y \$ 0,41 por cada dólar que se necesita para producir una caja de banano.

En el estudio realizado no se tomaron en cuenta los ingresos por ventas de otros cultivos y de animales que se cría en el sistema agroecológico. Por lo que se llega a la conclusión que el sistema agroecológico es rentable económicamente si se consigue los mecanismo para la comercialización directa ya que los productos agroecológicos son más caros.

REFERENCIAS

- 1.- Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. 2000. Agroecología, teoría y práctica para una agricultura sustentable. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- 2.- Astier, M. 2007. Curso Internacional de Agroecología, Medellín- Colombia.
- 3.- Alonso MAM (2004) Impactos Socioeconómicos de la Agricultura Ecológica. En: Marrón JMJ, García FG(coord) Agricultura Medio Ambiente y Sociedad. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.280 pp.
- 4.- Galvan, Y. 2006. MESMIS Interactivo. Grupo Gira.
- 5.- Gliessman, S. 1998. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. Sleeping Bear/ Ann Arbor Press.
- 6.- Guzmán G.I., Alonso A.M. 2007. La investigación participativa en agroecología: una herramienta para el desarrollo sustentable. Ecosistemas.
- 7.- Masera, O; Astier, M y López S, 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. GIRA- Mundi-prensa, México.
- 8.- Núñez. M. A. 2005. Bases científicas de la agricultura tropical sustentable. In Motion Magazine. June 11. http://www.inmotionmagazine.com/global/man_base.html 01/12/06, 12:00PM.
- 9.- Pino, C. 2007. Primer encuentro agroecológico en Venezuela. Mérida, Mérida.
- 10.- Rosset, P. 1999. On the Benefits of Small Farms. Food firth.
- 11.- Toledo, V. 2002. Agroecología, sustentabilidad y reforma agraria: la superioridad de la pequeña producción familiar. Agroecol.e Desenv.Rur.Sustent., Porto Alegre, v.3, n.2.
- 12.- Toledo, V. 2007. Curso Internacional de Agroecología, Medellín- Colombia.
- 13.- López, S. & O. Masera. 2000. (Ed.). Sustentabilidad y sistemas campesinos. Cinco experiencias de evaluación en el México rural. GIRA; Mundi-Prensa, PNUMA, México.
- 14.- Gomeró, L. & H. Velásquez. 2003. Evaluación de la sustentabilidad del sistema de algodón orgánico en la zona de Trópico Húmedo del Perú. LEISA, Revista de Agroecología, Ocho estudios de caso, Edición especial 19: 47-52.
- 15.- http://www.bvs.sld.cu/revistas/enf/vol13_1_97/enf05197.htm
- 16.- http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162012000100001&script=sci_arttext



UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA

DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN

PROYECTO PROMETEO

INFORME DE AVANCES

Prometeo: PhD. Fernando Mestre Sanchís.

Proyecto: "Metodología para el levantamiento de información base para la generación de agriculturas sustentables ante el Cambio Climático"

RESUMEN DE LO ACTUADO EN LA PRIMERA PARTE DEL LA VINCULACION

En líneas generales en esta primera parte de la vinculación se han consiguiendo los objetivos planteados en el plan de trabajo inicial, prestando así un servicio importante a la Universidad Técnica de Machala que se concreto con la visibilidad a través del Taller Internacional de Resiliencia Frente al cambio Climático que ha dado pie a la firma de Convenios con Instituciones de otros países que están en vías de concreción como el de ITANOA (Instituto de Tecnología Agroindustrial del Noroeste Argentino) de Argentina. También se ha logrado la firma de Convenios Marco y de colaboración con la Universidad de Zaragoza y el Departamento de Ordenación del Territorio, del Gobierno de la Comunidad Autónoma de Aragón, en España. Con estos convenios y con proyectos de investigación conjuntos que se están impulsando, se pretende que los vínculos establecidos se prolonguen en el tiempo mas allá de la vinculación del programa Prometeo y que adquieran carácter autónomo. Con las acciones emprendidas en la primera parte de la vinculación se han sentado las bases para acometer los trabajos que se llevaran a cabo con los Modelos de Simulación de Cultivos que requieren de una visión transdisciplinar que se enriquecerá con la participación de los estudiantes de noveno ciclo de Agronomía, Economía Agropecuaria, Veterinaria, y Acuicultura. Además estos trabajos se potencializaran si se concreta algunos de los proyectos planteados. Hasta la fecha hay mucho trabajo realizado y voluntad continuar haciéndolo, para el logro de los objetivos personales como del Programa en relación a esta vinculación cuento con la importante la implicación de otros investigadores.

DESCRIPCION

Durante este primer de trabajo se ha puesto en marcha el proyecto y se han establecido las bases para la organización del trabajo.

Se han enviado un resumen de trabajo para su presentación en el congreso de Sase (*Society for the Advancement of Socio-Economics*) México National Autonomous University, México City, 4-6 de Diciembre de 2013. El trabajo lleva por título: "Ventajas de los enfoques conjuntos Top-Down / Botton-Up para lograr una

mayor resiliencia de los sistemas productivos frente al Cambio Climático. El caso de la provincia de El Oro – Ecuador”. Fuera de las actividades previstas inicialmente en la matriz se han iniciado las gestiones para vincular este Proyecto Prometeo con el que desarrolla en la Investigadora Prometeo Dra. Luisa Rojas con el fin de presentar una propuesta de investigación para la financiación de la SENESCYT en la que se está trabajando y cuyo título es: *“Investigaciones de plantas medicinales para el desarrollo de Fitofármacos”*

En las primeras semanas de **setiembre** en la Universidad Técnica de Machala se llevó a cabo las siguientes actividades:

Presentación de la propuesta de investigación en la Universidad a los profesores de la Facultad de Ciencias Empresariales que posteriormente fue debatida con asistentes.

Participación de Jornada de Economía Popular y Solidaria (Certificado y listado de participantes)

Se ha comenzado la revisión bibliográfica de los modelos de simulación de cultivos y trabajos de impactos sobre cambio climático llevados a cabo en Ecuador.

Reuniones con autoridades de la Universidad del Puyo y la Universidad de Quevedo para la constitución de la Red de Investigación prevista en la Matriz de Investigación. (Se adjunta certificado de reuniones preparatorias)

Se envió abstract a congreso de Sase Society for the Advancement of Socio-Economics. México National Autonomous University, México City, December 4-6, 2013

La tarea investigadora en este mes de **octubre** ha estado centrada en tres temas fundamentales que tienen que ver con la matriz a la que estoy comprometido, como son: 1- La organización de un Taller Internacional sobre Resiliencia al Cambio Climático. 2- La colaboración en la elaboración de un proyecto interdisciplinar para la producción de fitofármacos con vistas a solicitar financiación de la SENESCYT y 3- El trabajo de redacción de un paper para presentar en el congreso. En los párrafos siguientes se describen con más detalle estos tres temas además de otros que están implícitos en los primeros.

La organización del primer **“Taller de Resiliencia Frente al Cambio Climático”** que tendrá Lugar el 02-03 de Diciembre de 2013 en la Universidad Técnica de Machala. Cuenta con el apoyo de las autoridades de la Universidad. Tanto el Rector como la Vicerrectora Académica manifestaron su apoyo a la iniciativa, y a pesar de la escasez de recursos económicos disponibles para el evento, asignaron al Responsable de Relaciones Interinstitucionales Ing. Luis Britos para facilitar las gestiones necesarias cosa que nos ha sido de mucha utilidad. Para el evento se han contactado a numerosos expertos de reconocida trayectoria diferentes disciplinas a nivel internacional: Argentina, Bolivia, España, Chile, otros Ver resúmenes curriculares se adjunta al presente informe. También se curso invitación a los Prometeos en activo.

La aprobación del resumen de trabajo para su presentación en el congreso de Sase (*Society for the Advancement of Socio-Economics*) México National Autonomous University, México City, 4-6 de Diciembre de 2013. El trabajo lleva por título: **“Ventajas de los enfoques conjuntos Top-Down / Botton-Up para lograr una mayor resiliencia de los sistemas productivos frente al Cambio Climático. El caso de la provincia de El Oro – Ecuador”**. Este paso supone un comienzo de una serie de trabajos que forman parte del compromiso investigador asumido e ira dando paso a otros conforme se puedan generar los datos para la investigación.

Se ha llevado a cabo la revisión de las Curricula de candidatos a ponentes y demás participantes en el “Taller de Resiliencia Frente al Cambio Climático” que tendrá lugar en la Universidad Técnica de Machala los días 02 y 03 de diciembre de 2013.

Se recibió la aceptación del Abstract al congreso de Sase Society for the Advancement of Socio-Economics México National Autonomous University, México City, December 4-6, 2013, lo cual supone un aval a la temática de investigación propuesta.

Entrevistas con actores locales. Se llevó a cabo una visita a las Autoridades del Medioambiente de la Provincia de El Oro encabezadas por su Director el Ing. Hugo Añazco acompañado por expertos del área de Medioambiente. A dicha visita asistimos el Ing. Luis Britos como Responsable de Relaciones Institucionales y yo como investigador del Programa Prometeo. Si bien el motivo principal de la visita fue la solicitud del apoyo de la institución al Taller, surgieron de la reunión diversos puntos de colaboración que se irán poniendo en marcha en las próximas semanas.

En relación con el proyecto de producción de fitofármacos hasta la fecha del presente informe han tenido lugar dos reuniones con actividades que aparecen en los documentos que se adjuntan. Ver Registro de actividades de 14/10 Y 16/10 con participación en el primero de ellos del Vicerrector Administrativo. Hasta final de mes hay previstas dos reuniones de coordinación y revisión.

Se prevé para final de mes la realización de un seminario para interesados en estudios de postgrado las oportunidades en Argentina Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria.

Lo actuado en el mes de **noviembre** se corresponde a lo planificado para dicho mes a la espera de una reestructuración de las actuaciones dentro de la de la matriz de trabajo acordada con las contrapartes y en función de los recursos existentes. Los avances de cumplimiento de lo previsto en la matriz aprobada inicialmente están en un porcentaje próximo al 15% de las actividades previstas.

En esta primera etapa de vinculación a la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la Universidad Técnica de Machala se llevaron a cabo las siguientes actividades:

Se han llevado a cabo un seminario con profesores de Economía Agraria para formar el grupo principal de trabajo y definir líneas de investigación de pregrado y posgrado.

Continúa con la revisión de la bibliográfica de los modelos de simulación de cultivos y sus opciones de aplicación en cambio climático en Ecuador.

Proyecto de Fitofármacos en el cual participa Facultad de Ciencias Agropecuarias. Dado que forma parte del trabajo final para la titulación de Ingeniero Agrónomo Coordinado por el Ing. Jorge Cun (Tesis: Jinsoph Ludeña Curillo), Se ha iniciado la siembra de Culantro correspondiente a la producción de materia prima para la elaboración de fitofármacos.

Ha concluido la organización del 1º Taller Internacional de Resiliencia Frente al Cambio Climático este ha supuesto en este mes un alto porcentaje del tiempo de trabajo. Para ello se ha contado con la Colaboración de la Secretaria de Planificación Elizabeth Brito y del Ingeniero Luis Brito.

Se ha propuesto la realización de un *Curso Online* desde la Universidad de Zaragoza en España sobre: **FORMACIÓN Y COMPETENCIAS INFORMACIONALES (CI)** ha sido aceptado por el **Centro de Posgrado** una vez que sea autorizado será publicado y daría comienzo cuando se haya cubierto el número mínimo de participantes.

Se ha ofrecido a las autoridades de la FCA (Decano y Vicedecana) la realización de un Seminario vinculado a programa Prometeo para poner en marcha desde la Facultad un "Programa Transdisciplinar de Resiliencia al Cambio Climático". En el marco de este programa podrían estructurarse diversos proyectos financiados que darían lugar a trabajos de grado y posgrado.

Se ha dado una conferencia/seminario a estudiantes del Dr. Rigoberto García Batista, de las carreras de Agronomía Ciclo VIII y Veterinaria Ciclo VI, a los que se ha invitado a formar parte del grupo de investigación que estamos formando.

Las actividades de diciembre en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, se desarrollan con normalidad dentro del área de Economía Agraria. Se han llevado a cabo varias reuniones y la presentación del Programa de Resiliencia al Cambio Climático para formar grupos de Investigación con el fin de poder presentar solicitudes de financiación de proyectos de investigación coordinados y vinculados con instituciones nacionales y extranjeras. Estos se deberán concretar a comienzo de 2014 con la presentación oficial del Programa. De esta manera se podrán realizar trabajos de fin de grado que tributen a tesis de grado de posgrado a presentar en otras Universidades.

La organización del Primer Taller Internacional de "Resiliencia Frente al Cambio Climático" en la Universidad Técnica de Machala, se llevó a cabo con un resultado muy positivo desde diferentes puntos de vista, proyectos, contactos y compromisos de colaboración con diversas instituciones surgidos del evento y que deberán afianzarse en los próximos meses.

En esta parte de la estancia en la Universidad Técnica de Machala se llevaron a cabo las siguientes actividades:

El 1º Taller Internacional de Resiliencia Frente al Cambio Climático se desarrolló con normalidad y ha tenido un resultado muy positivo a tal punto que hay solicitudes de llevar a cabo una segunda edición para el próximo año próximo. (Ver evidencias adjuntas)

Como resultado del Taller y para dar continuidad a las ideas surgidas del mismo se ha hecho presentación de un Programa de Resiliencia Frente al Cambio Climático, del que formaran parte varios proyectos en los que estarían involucrados investigadores de UTMachala, U. de Quevedo, U de Loja, así como UN de Tucumán (Argentina) y la U. Autónoma de Madrid (España) (ver evidencias adjuntas)

Continúa la elaboración de las partes agronómica y económica del **Proyecto de Fitofármacos**, que nos fue asignada, correspondiente a la producción de materia prima y el estudio de los canales de comercialización más adecuados de los productos finales.

Visita a la Universidad Técnica de Quevedo con un doble propósito. 1º Dar una clase Magistral en un Curso de "Evaluación de impacto ambiental" y 2º en el marco del Programa de Resiliencia, reunión preparatoria de ensayos coordinados con bioproductos para el control de Sigatoka. (Ver evidencias adjuntas)

Ponente Invitado en el “Primer Congreso Regional: Juventud, Desarrollo y Buen Vivir” para dar la conferencia “Agricultura Sustentable y Cambio Climático” patrocinado por el Gobierno Provincial Autónomo de El Oro, la Corporación Orense de Desarrollo Económico y Territorial (CORPODET). (Ver evidencias adjuntas)

En el mes de **enero** se ha terminado la elaboración de un artículo que supone una aportación metodológica al estudio del Cambio Climático titulado: “METODOLOGIA PARA LA INTEGRACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PROCESOS DE DECISIÓN AGRARIA. Una aproximación Multicriterio para la planificación resiliente de los cultivos” Este trabajo se han colaborado mis contrapartes, ha sido aprobado para su publicación en la revista: Anales científicos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (Ver artículo adjunto)

Paralelamente con el trabajo anterior y sobre temática relativa a la metodología se está escribiendo otro artículo para ser enviado a revista de alto impacto.

Se continua trabajando en la elaboración de propuestas que permitan poner en marcha el **Programa de Resiliencia Frente al Cambio Climático (PRFC²)** bajo cuya coordinación se están escribiendo varios proyectos de investigación para ser presentados a la SENESCYT para su evaluación y eventual financiación

En relación con el cultivo de culantro con destino a la elaboración de fitofármacos se ha llevado a cabo la siembra de los dos tipos de suelo con 64 parcelas cada uno de ellos.

Se han llevado a cabo reuniones de coordinación del Programa de Resiliencia (Se adjuntan Firmas de asistentes)

Hemos recibido los datos meteorológicos de las estaciones meteorológicas de la provincia de El Oro, que permitirá, una vez conseguido el resto de la información, en los próximos meses poner en marcha los modelos de simulación de cultivos. Los archivos han sido convertidos a formatos compatibles para los modelos de simulación

Adjunto Certificado de la CONFERENCIA en el “Primer Congreso Regional: Juventud, Desarrollo y Buen Vivir” para dar la conferencia “Agricultura Sustentable y Cambio Climático” patrocinado por el Gobierno Provincial Autónomo de El Oro, la Corporación Orense de Desarrollo Económico y Territorial (CORPODET).

Ha tenido lugar la visita científica a ITANOA (CONICET EEAOC) y la U. Nacional de Tucumán, para realizar gestiones en relación con proyectos en el Marco del Programa de Resiliencia Frente al Cambio Climático (PRFC²) bajo cuya coordinación se están elaborando proyectos de investigación para ser presentados a la SENESCYT para su evaluación y eventual financiación. Así mismo se iniciaron las gestiones para la firma de un Convenio Marco ITANOA – SENESCYT.

He participado como ponente en un Seminario-Taller para la Actualización y Capacitación en Agrotecnología coordinado por el Ing. Agr. Julio Chabla MgSc Director de la Carrera de Ingeniería Agronómica. Con el tema “Desafío para el Profesional Agropecuario en los próximos decenios” (Se adjuntan Firmas de asistentes)

En sucesivas reuniones mantenidas con Decano y Sub-decana de la Facultad de Ciencias Agropecuarias se acordó incluir en la oferta educativa de 9º ciclo de las titulaciones de Veterinaria, Acuicultura, Agronomía y Economía Agropecuaria, la asignatura de Resiliencia Frente al Cambio Climático de la que seré Profesor responsable.

Durante los meses transcurridos desde el mes de febrero y principios de mayo, en parte fuera del periodo de vinculación, se ha llevado a cabo gestiones para conseguir cartas de invitación a las autoridades de la UTMach, de diversas universidades e Instituciones españolas. Estas gestiones han dado lugar a la firma de Convenios Marco con la Universidad de Zaragoza y responsables de Ordenación del Territorio del Gobierno de la Comunidad Autónoma de Aragón (Ver fotos adjuntas)

Machala, 13 de mayo de 2014

PhD Fernando Mestre Sanchís

ANEXO 2

Se adjunta un CD con la siguiente información:

- 1. Artículos**
- 2. Congresos**
- 3. Invitaciones-conferencias-institucionales**
- 4. Programas de posgrado y líneas de investigación**
- 5. Proyectos de investigación presentados**
- 6. Actividades con alumnos-UTMACH**
- 7. Convenios internacionales firmados**
- 8. Documentos relacionados con el desarrollo del proyecto**
- 9. Organización Talleres**