

**Beef food chain in Mexico: some factors to be considered in the
integration of the cow-calf producer and the lotfeeders**

Zorrilla, J. M. y Palma, J. M. / 3

Rural aquaculture in the south coast of Jalisco: a case study

García-Ulloa, M. / 29

Sugarcane NDVI from Huasteca Potosina

Aguilar, N.; Galindo, G.; Fortanelli, J. y Contreras, C. / 49

**Relationship between bacterial community structure
and suppression of *Rhizoctonia solani* damping-off in different
potting mixes for tomato seedlings growth**

Robledo, O.; Etchebehere, C. y Lercari, D. / 67

**Vegetable species potentially used as feed by herbivores
in a pine-oak forest in Mexico**

Amezcuca, T.; Sanginés, L. y Pérez-Gil, F. / 85

Editorial

El acceso a las publicaciones científicas en la actualidad se mueve en dos sentidos: aquellas que cobran por publicar y tener acceso a la información, generando con ello un negocio con la propia ciencia; y el otro, que implica tener acceso abierto a la información científica.

Nuestra revista se declara partidaria del movimiento *Open Access* (OA). Muestra de ello es la búsqueda permanente de espacios para su difusión, el modelo híbrido propuesto y, recientemente, en la organización de un curso sobre este movimiento para que nuestra publicación, así como todas las demás revistas científicas de la Universidad de Colima, se beneficien con esta herramienta. Por lo cual, esperamos que en lo que resta del año, logremos incursionar en este sistema; éste, por sus implicaciones favorecerá la visibilidad de *REVAIA*; y con ello, el de darle continuidad a una de las políticas que consistentemente hemos mantenido en ese sentido.

El monopolio creado por las grandes editoriales significa un pago oneroso que afecta a las bibliotecas, ocasionando con ello una disminución de los títulos adquiridos y el fraccionamiento de la información disponible. Este es un fenómeno recurrente en nuestros países latinoamericanos, generado por los vaivenes en el presupuesto destinado a tales servicios.

Por lo antes descrito, otro fenómeno observado en la propia comunidad científica es el de la adhesión al movimiento de *acceso abierto*, en virtud de que dicha comunidad es la que produce los contenidos y los evalúa, y que representa los pilares del avance de la ciencia; por ello, desde las universidades, institutos de investigación, generadores y clientes, deben jugar un papel importante de apoyo a este movimiento, a través de las políticas editoriales que tienen cada una de las diversas revistas.

En este contexto, es necesario clarificar algunos aspectos sobre el *acceso abierto* a las publicaciones científicas: esta corriente se basa en iniciativas o proyectos que favorecen el acceso abierto, libre, sin restricciones a las publicaciones científicas generadas por la comunidad. El concepto de libre (*free*) y abierto (*open*) no son equivalentes; el primero es sinónimo de gratuito, mientras que el segundo considera el acceso sin barreras económicas y valora los derechos del autor sobre sus artículos. Es decir, la libre disponibilidad en el internet en forma pública, para permitirle al usuario: leer, descargar, copiar, distribuir, imprimir, buscar o enlazar los textos completos de estos artículos para rastrearlos a través de los índices, y usarlos con cualquier otro propósito legítimo, sin otras barreras financieras, legales o técnicas más que las que suponga el internet en sí mismo. Dicho con otras palabras: sin costo alguno. Y el único papel del *copyright* en este ámbito, del *Open Access*, debe ser el de otorgar a los autores el control

sobre la integridad de su trabajo, así como el derecho a ser adecuadamente reconocidos y citados (Declaración de Budapest, 2002).

Las características del movimiento de acceso abierto son: cobertura, acceso, meta-datos, calidad y periodicidad. Por lo tanto, el enfoque permite que las revistas incrementen su visibilidad, siendo, por lo tanto, un movimiento solidario.

La cobertura es amplia, pues la temática es extensa, en donde los trabajos de investigación o artículos de revisión estén a texto completo, mismos que provienen de organizaciones académicas, gubernamentales, comerciales, organismos sin ánimo de lucro, en donde su público objetivo son los investigadores.

El acceso será gratuito tanto para los usuarios como para las instituciones; la suscripción es gratuita *on-line*. Las revistas deben estar exentas del periodo de embargo.

Es obligatorio que en los meta-datos aparezca el título de la revista.

El control de calidad de los artículos de la revista se mantiene, pues la parte editorial con el editor, comité editorial y revisión por pares, son los elementos medulares para ello.

En cuanto a la periodicidad de las revistas, el criterio es el mismo, definido como la publicación de la revista en forma seriada a intervalos regulares de tiempo, con carácter indefinido, en los que cada ejemplar se numere en forma consecutiva y que estos números aparezcan, al menos, con una frecuencia de dos veces al año.

Otro elemento importante de mencionar respecto de la Declaración de Berlín (2003), es en donde se menciona que el artículo científico se tiene en un formato electrónico estándar conveniente, se deposita (y así es publicado) en —por lo menos— un repositorio *on-line* que utilice estándares técnicos aceptables (tales como las definiciones del Acceso Abierto), que sea apoyado y mantenido por una institución académica, sociedad erudita, agencia gubernamental, o bien, una organización establecida que busque implementar el acceso abierto, distribución irrestricta, interoperabilidad y capacidad archivística a largo plazo.

En razón de lo anterior, después de haber trabajado en este curso, nos sentimos por un lado satisfechos de acceder a una herramienta que permitirá lograr al menos dos aspectos que nos tienen en jaque como editores de revistas: uno, la disponibilidad de recursos para editar la revista; y otro, lograr estar a tiempo. Por esta situación, el otro aspecto que se debe tener en mente es el compromiso de incorporarnos en el Directorio de Revistas *Open Access* (*Directory of Open Access Journals, DOAJ*), en donde, además, como universidad, se verá favorecido el trabajo científico.

José Manuel Palma García

Director, Rev. AIA

La cadena alimentaria “carne de bovino” en México: factores a considerar en la integración de los eslabones criador y finalizador*

Beef food chain in Mexico: some factors to be considered in the integration of the cow-calf producer and the lotfeeders

Zorrilla, J. M.¹ y Palma, J. M.²

¹Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Km 15.5 Carretera Guadalajara-Nogales, Las Agujas, Zapopan, Jalisco, México (C. P. 44171).

²Centro Universitario de Investigación y Desarrollo Agropecuario, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad de Colima. Tecomán, Colima, México.

* Correspondencia: zorrillarios@yahoo.com.mx

*Artículo invitado

Resumen

Una de las debilidades de las cadenas alimentarias en México es su falta de integración adecuada que les permita posicionarse como la primera opción del consumidor final. La producción de carne de bovino no está exenta de este señalamiento, condición que ha motivado el diseño e implementación de diferentes programas oficiales encaminados a la integración de los eslabones primarios, criador y finalizador. Para que estos programas sean sustentables a mediano y largo plazo requieren enfrentar, en forma racional, el reto de incorporar—en su diseño—enfoques e intereses gremiales de índole económicos, que si bien son interdependientes, frecuentemente son, a la vez, dispares tanto entre los eslabones como dentro de ellos mismos. Consecuentemente, el abordaje de estas acciones se beneficiará de disponer de análisis y propuestas desde posiciones imparciales, independientes de los intereses particulares de los partici-

Abstract

A common weakness in the Mexican food chain supply is its lack of vertical integration. The beef food chain is not an exception, so much that several government programs have been designed and implemented with the target of integrating cow-calf producers with lotfeeders. It is essential to find means and ways acceptable by both segments for these efforts to be sustainable in the medium and long term. Not an easy task as they frequently hold confronting interests among the segments as well as within members of the same segment. Therefore it is considered healthy to count with analyses and proposals built by impartial participants, being the academic sector of Public Universities in this instance, the one that could fill this role.

Key words

Value added, equity, cattle.

pantes incluyendo —entre éstos, además de los eslabones productivos primarios— al mismo poder ejecutivo, cabeza del sector, el cual, por razones de políticas gubernamentales a las que está sujeto, se ve inclinado a dar preferencia a acciones con tintes extra-curriculares. Por lo expuesto anteriormente, el sector académico de las universidades públicas, con base en su compromiso social, se involucra como un ente imparcial en estos procesos de construcción de acuerdos, aportando elementos de análisis y sugerencias para que los esfuerzos de integración sectorial rindan los resultados esperados a mediano y largo plazo, en beneficio de la sociedad. Con este marco referencial en mente se elaboró el presente documento.

Palabras clave

Valor agregado, equidad, bovinos.

I. Introducción

Se señala que una de las debilidades de las cadenas alimentarias en México es su falta de integración adecuada que les permita posicionarse como la primera opción del consumidor final (CEDRSSA, 2007). La producción de carne de bovino no está exenta de este señalamiento, condición que ha motivado el diseño e implementación de diferentes programas oficiales, con la participación de los eslabones primarios, criador y finalizador, encaminados a su integración (González, 2009; ASERCA, 2010; FIRA, 2009; AMEG, 2009a).

Sin embargo, para que estos programas sean sustentables a mediano y largo plazo, requieren enfrentar, en forma racional, el reto de incorporar —en su diseño— enfoques e intereses gremiales de índole económicos, frecuentemente dispares tanto entre los eslabones como dentro de ellos mismos, al mismo tiempo que interdependientes; muy en particular, cuando uno de los objetivos es apoyar al pequeño producto primario, el denominado “Productor en Desarrollo nivel 1 (PD1)” (FIRA, 2008).

Consecuentemente, el abordaje de estas acciones se beneficiará al disponer de análisis desde posiciones imparciales, independientes de los intereses particulares de los participantes, incluyendo entre éstos —además de los eslabones productivos primarios— al mismo poder ejecutivo —quien encabeza el sector— el cual, por razones de políticas gubernamentales a las que está sujeto, se vea inclinado a dar preferencia a acciones con tintes extra curriculares.

Por lo expuesto anteriormente, se considera adecuado que el sector académico de las universidades públicas se involucre en estos procesos de construcción de acuerdos sociales, aportando elementos de análisis y sugerencias independientes, para que los esfuerzos de integración sectorial rindan los resultados esperados a mediano y largo plazo en beneficio de la sociedad.

II. Antecedentes

La integración de una cadena de valor debe estar basada en procedimientos sustentables, con méritos propios, que contribuyan a la construcción de un ambiente perdurable de trato justo y equitativo entre las partes; de preferencia, con opciones alternas a través de subsidios oficiales caracterizados por su naturaleza temporal y/o perentoria, esquema frecuentemente utilizado por el ejecutivo responsable del ramo.

La estrategia de ofrecer —al sector productivo primario— apoyos (subsidios) circunstanciales, de corto plazo, impredecibles e inoportunos en el tiempo, han sido poco efectivos por no estar enfocados a modificar estructuras de fondo; y, por ende, carecer de la fortaleza para construir cambios permanentes (CEDRSSA, 2007). Por lo tanto, su potencial utilidad radica en abrir —durante su vigencia— un espacio que, simultáneamente, sea aprovechado para diseñar e implementar mecanismos de integración sustentables entre las partes involucradas, basados fundamentalmente en la creación de ambientes de confianza mutua, producto de la disponibilidad transparente y oportuna de la información productiva y económica con la que se desempeña cada una de ellas.

Con este marco referencial, el propósito del presente trabajo es analizar constructiva e imparcialmente, desde una perspectiva académica, algunos de los principios en los que se debe sustentar un programa perdurable de integración de los eslabones productivos primarios de la cadena de carne de bovino en México: los criadores de becerros de reemplazo y los empresarios finalizadores de ganado en corral, con actividad de transformación y comercialización.

Por lo cual, el presente documento tiene por objetivo ofrecer argumentos que sustentan un enfoque alternativo de integración sustentable entre las partes.

III. Análisis de algunos componentes de la cadena alimentaria “carne de bovino” en México

A continuación se exponen posicionamientos de conceptos torales empleados en el curso de la discusión de la integración de los eslabones primarios criador de becerros y finalizador de ganado bovino en corral:

III. a. *Pequeño productor PD1 (FIRA, 2008)*. Aquel que es parte integral de la operación de la unidad pecuaria, cuya actividad representa su principal fuente de ingresos, mismos que no podrán exceder, al año, en 1,000 veces el salario mínimo de la zona.

III. b. *Cadena de valor*. Se considera que el concepto de cadena de valor es suficiente para abordar la problemática que nos ocupa, en virtud de que el programa oficial de apoyo en cuestión tiene como finalidad establecer un vínculo directo únicamente entre el criador del becerro y el finalizador del mismo en corral.

III. c. *Valor agregado*. Definido como el *valor adicional* que adquieren los bienes (insumos) y servicios al ser transformados durante procesos productivos subsecuentes (http://es.wikipedia.org/wiki/Valor_agregado).

III. d. *El principio de equidad en la relación comercial entre los criadores y el finalizador*. La transferencia de utilidades entre eslabones se puede considerar como una estrategia razonable, siempre y cuando su magnitud y dirección estén basadas en los siguientes principios:

- Ajustes constantes en virtud de la volatilidad de las utilidades.
- Transferencia del sector más favorecido al menos favorecido, siempre y cuando se sustenten en condiciones similares de eficiencia productiva y económica.
- Establecidos bajo un sistema permanente de intercambio oportuno y transparente de información productiva y económica de cada eslabón.

La creación y establecimiento de las anteriores condiciones requiere, entre otros factores, identificar caso por caso, transacción por transacción, la existencia de los márgenes de utilidad generados en los procesos de cría y de finalización, ya que éstos, al estar sujetos a factores bajo y fuera del control del productor, variarán marcadamente entre una operación y otra, razón por la cual el monto y el sentido del flujo del margen de utilidades potencialmente compartibles deberá ser estipulado casuísticamente.

El margen potencial real de transferencia de utilidades sólo se puede establecer una vez que se obtiene el beneficio de la venta del producto y se han descontado todos los gastos en los que se incurrió. Este mecanismo obliga al establecimiento, en el eslabón finalizador, de un sistema de seguimiento individual del comportamiento productivo y económico de cada animal, con el fin de poder identificar, de manera adecuada, el margen de utilidad generado.

Especular que este margen se puede establecer en función del valor histórico o precios corrientes promedio y basar en ello la estructura de un programa de integración, se juzga inapropiado, al adoptar valores altamente susceptibles de no reflejar las enormes variaciones que se dan día con día y caso por caso —aun dentro de una misma unidad productiva— y con ello, cuestionar la viabilidad de esta estrategia.

Los programas oficiales encaminados a promover la integración de estos eslabones basados en la aplicación de condiciones de comercialización predefinidas, tales como

la determinación específica del precio y/o un sobreprecio pactado entre las partes y establecido desde el momento del registro de un contrato de compraventa, será uno de los aspectos que se cuestionan en el presente estudio.

Esta serie de especificaciones de precio y sobreprecios del becerro, a su entrega al finalizador, se podría considerar como una estrategia factible de ser operativamente justa en mercados maduros, donde las características genéticas del becerro en pie, así como su sistema de producción primaria, están circunscritas a combinaciones relativamente consistentes y claramente definidas por su finalidad zootécnica; y en donde los sistemas de finalización en los corrales son bastante estandarizados, en virtud de que las especificaciones del mercado, a nivel del detallista, son igualmente uniformes en su gran mayoría.

Todos estos elementos contrastan con las características que prevalecen en México en la industria de la carne de bovino: el origen genético de los becerros que llegan a los corrales es de una variabilidad enorme, así como sus antecedentes de manejo, antes y durante el destete; las prácticas de manejo durante su estadía en los corrales encierran contrastes marcados, desde los ingredientes a utilizar hasta el de la duración en días; todo ello, como reflejo de la amplia gama de mercados a satisfacer en el territorio mexicano, con características contrastantes en cuanto a su concepto de calidad.

Consecuentemente, lo anterior fortalece el concepto aquí propuesto: de que para alcanzar la adopción de un proceso de integración entre el criador y el empresario finalizador de ganado, que sea perdurable y justo, se requiere generar la información necesaria para especificar, en forma casuística, sus condiciones comerciales y no bajo un esquema rígido —como el propuesto en el esquema oficial— y, por ende, con un alto riesgo de ser inequitativo y, a su vez, no perdurable.

Existen referencias indicativas de que el criador y el finalizador comparten proporciones muy similares —del 9 y 10%, respectivamente— del gasto que ejerce el consumidor final (Sánchez y Sánchez, 2005; SICARNE, 2007), condición que no sustenta un programa de integración entre estos eslabones, basado en la transferencia de recursos del finalizador hacia el criador, como lo considera el programa oficial, en virtud de compartir proporciones similares del gasto efectuado por el consumidor final.

Alternativamente, un esquema de integración que requiriese sustentarse en una transferencia de recursos económicos entre eslabones, en virtud de existir una posible disparidad entre ellos, que dé lugar a tratos inequitativos, debería descansar en la identificación de márgenes de utilidades contrastantes que así lo justificaran, en lugar de la participación porcentual del gasto del consumidor.

La aceptación de una estrategia de esta naturaleza requiere estar sustentada en dos premisas: una, que se evidencie la existencia permanente de un margen de utilidad en el eslabón finalizador de una magnitud tal que justifique afrontar un sobreprecio; y otra, que se avale el nivel de eficiencia productiva-económica del eslabón criador,

donde quede demostrado que su margen de utilidad es nulo o negativo, consistentemente, a pesar de mantener los parámetros de eficiencia productiva-reproductiva adecuados.

Para abordar esta temática, a continuación se presenta información encaminada a atenderla, desde el planteamiento, de las siguientes interrogantes:

—¿Existe, consistentemente, un diferencial de utilidades entre los eslabones de finalización intensiva de bovinos en corral y el criador del becerro de reposición que sustente una integración con base en la transferencia permanente de recursos entre ellos?

—De ser afirmativa la respuesta, cabe preguntarse en qué sentido es justificable que se lleve a cabo esta transferencia de recursos.

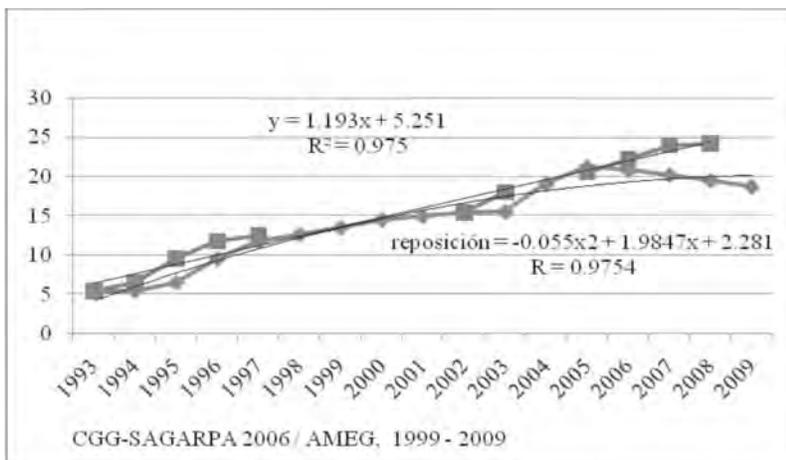
En México las tendencias de los precios nominales del ganado de reposición y el finalizado, de 1993 al 2009, se pueden describir con base en las siguientes ecuaciones, generadas a partir de información oficial (CGG-SAGARPA, 2006) y de una parte del sector (AMEG, 1999, 2009b):

$$\text{\$ kg reemplazo} = -0.055x^2 + 1.9847x + 2.281; r = 0.9754$$

$$\text{\$ kg finalizado} = 1.1936x + 5.2518; r = 0.9875$$

Tendencias que se muestran en la gráfica 1.

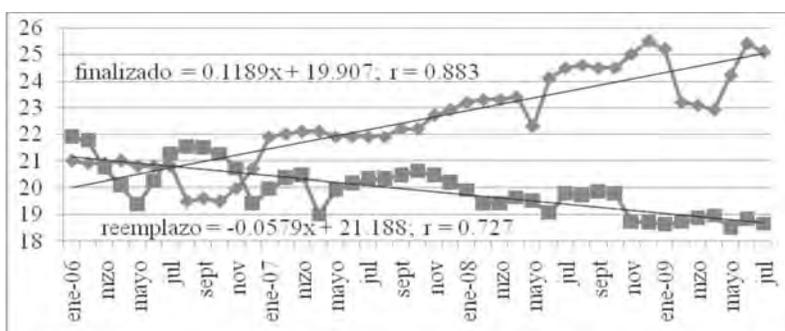
Gráfica 1. Comportamiento histórico de precios (\\$/kg en pie) para el becerro de reposición y el finalizado.



El becerro finalizado ha mantenido una tendencia consistente a la alza, de \$1.19 / kg en pie por año, entre 1999 y 2009, de la misma manera en que el becerro de reemplazo se ha comportado a la alza en el mismo periodo, con una tasa de aproximadamente \$1.98 / kg en pie por año.

Sin embargo, cuando se considera únicamente el periodo de los últimos 4 años (2006-2009) (AMEG, 2009b), se observa una separación entre la tendencia de los precios de ambos productos, como se puede observar en la gráfica 2.

Gráfica 2. Tendencias en los precios (\$/kg en pie) de becerro de reposición y finalizado, en el periodo del 2006 al 2009.



Para el periodo comprendido entre enero de 2006 y julio de 2009, el precio en pie del ganado de reemplazo mostró una tendencia negativa de 5.8 ctvs por kilogramo por mes ($y = -0.058x + 21.19$; $r = 0.727$), mientras que el precio en pie del novillo para abasto mostró una tendencia a la alza, de 11.9 ctvs por kilogramo por mes ($y = 0.119x + 19.91$; $r = 0.883$). Una lectura acotada a este periodo sugiere que el finalizador de ganado enfrentó un ambiente económico más favorable al experimentado por el criador comercial generador del becerro. No obstante lo anterior, en una comparación más equitativa del comportamiento económico de ambos eslabones, requiere analizar las utilidades generadas por cada uno durante este lapso de tiempo.

III. d. 1. Análisis de la eficiencia productiva y económica del eslabón finalizador. El análisis de la eficiencia productiva y económica para el eslabón finalizador en corral se realiza a partir de dos segmentos de información generados por la Asociación Mexicana de Engordadores de Ganado Bovino, A. C., y que, a pesar de reconocer la misma fuente, contienen diferentes datos fundamentales.

III. d. 1. 1. 1er segmento (Garza, 2009). Con base en esta información, el costo total de producción de ganado bovino en confinamiento, en el año 2009, se incrementó en un 16% en comparación con el año 2006. Los datos se muestran en el cuadro 1.

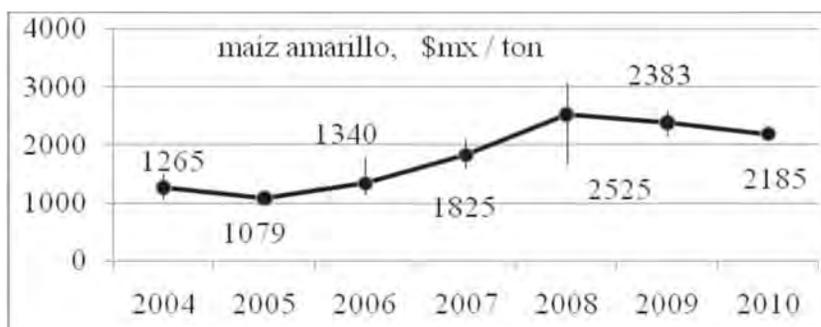
Cuadro 1. Porcentaje de cambio entre el 2009 y el 2006 para costos de producción y utilidad neta por cabeza.

	2006	2007	2008	2009	% del total:				Cambio %
					2006	2008	2008	2009	
<i>Financiero</i>	332	331	412	448	3.9	3.8	4.2	4.5	35
<i>Otros</i>	255	299	356	421	3.0	3.4	3.6	4.2	65
<i>Operativo</i>	400	480	576	691	4.7	5.5	5.9	7.0	73
<i>Alimento</i>	1971	2513	3445	3575	23.0	28.6	35.2	36.0	81
<i>Becerro</i>	5625	5168	4988	4808	65.5	58.8	51.0	48.4	-15
<i>Total</i>	8583	8790	9777	9942	100.0	100.0	100.0	100.0	16
<i>Ingresos</i>	9115	9268	10114	10368					14
<i>Utilidad neta/cab</i>	529	478	337	425					-20

En la estructura de costos, el precio del becerro de reposición disminuyó en un 15%, factor que no alcanzó a compensar los incrementos experimentados en el costo financiero del 35%, en los costos operativos del 73% y en el costo del alimento del 81%. El balance entre ingreso y costo de producción arrojó un descenso en la utilidad neta del 20%.

Si bien es cierto que durante el periodo de 2006 a 2009, el costo financiero como porcentaje del costo total de operación pasó del 11.3, en 2006, al 8.7 en 2009; esta aparente reducción fue consecuencia de un aumento proporcional mayor de otros componentes en el renglón de operación —como es el caso del costo de la alimentación, que pasó de representar el 23%, en 2006, a 36% en 2009— equivalente a un incremento del 81%. Dentro de este rubro de alimentación, el grano forrajero fue el ingrediente que más subió. La variación en el precio de la tonelada de maíz en el periodo de 2004 a 2010 (AMEG, 2010) se presenta en la gráfica 3.

Gráfica 3. Fluctuación en el costo del maíz amarillo (\$/ton).



Fuente: AMEG (2010).

Entre los años 2004 y 2008 el precio promedio de la tonelada de maíz pasó de \$1,265 a \$2,525, un incremento del 99.6%, para posicionarse a un nivel de incremento del 72.7% en el primer trimestre de 2010, cuando cotizó \$2,185 / ton (AMEG, 2010).

Información de AMEG (2007) señala que entre un rango de precio de maíz de \$1,650 a \$2,400 la tonelada, por cada 100 pesos de incremento, en el precio de la tonelada del grano, el costo de producción de 1 kg de ganancia de peso vivo en el corral se encarece en \$0.70. Con el aumento de \$1,260.00 por tonelada en el precio del maíz, observados entre 2004 y 2008, el costo de producción por kilo en pie, por concepto únicamente de alimento, subió \$8.82 y disminuyó en \$1.80 / kg entre 2008 y el primer trimestre de 2010, quedando, por lo tanto, un aumento de \$7.00 / kg entre 2004 y 2010.

De acuerdo a la información de Garza (2009) el alimento representa el 70% del costo de operación (excluyendo el costo del becerro). El restante 30% estaría representado por los “otros gastos”, que incluirían el rubro financiero, operativo y el señalado como “otros”, descritos en el siguiente cuadro.

Con esta información, se deriva una relación existente entre diferentes ganancias diarias de peso vivo en corral, conversiones alimenticias y la proporción en que todos los “otros gastos” influyen en el costo en la ganancia de peso vivo, tomando un precio del alimento de \$2.40 / kg (cuadro 2).

Cuadro 2. Impacto del costo de producción atribuido a todos los gastos, menos alimento, en el costo total de producción.

<i>GDP, kg</i>	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.7
<i>Conversión alimenticia, kg</i>	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	6.5
<i>Otros gastos / total gastos, %</i>	10	12	14	16	18	20	22	30.0
<i>\$/ kg producido SOLO</i>								
<i>ALIMENTO</i>	14.4	15.6	16.8	18	19.2	20.4	21.6	15.6
<i>\$/ kg producido TOTAL</i>	16.0	17.7	19.5	21.4	23.4	25.5	27.7	22.3

Ante un precio de referencia de \$22.00 / kg en pie del animal, para abasto, el punto de equilibrio entre el costo de producción y el de venta requiere que el corral incurra en un monto de “otros gastos”, cercanos al 16% o menos del total, y mantenga parámetros productivos de ganancia de peso diario por arriba de 1.4 kilos con una conversión alimenticia menor a 8 kg. En la frecuencia con que la participación de los “otros gastos” sea del 30%, señalado por Garza (2009), para alcanzar el punto de equilibrio económico en los kilos generados en el corral, se requerirá de una ganancia diaria de peso vivo de 1.7 y una conversión de 6.5 kg, como se muestra en el cuadro anterior.

Estos niveles de productividad están por encima de valores, considerados como los más frecuentes, que serían de 1.5 kg de ganancia de peso diario y una conversión de 7.0 kg de alimento, los cuales corresponderían a un costo de producción únicamente por el concepto de alimento de \$16.80 / kg de ganancia de peso y de \$24.00, al agregarle el 30% de los “otros gastos” operativos. Esto se traduciría en un diferencial negativo de \$2.00 por kilo producido en el corral, que en los 200 kg ganados de pesos vivo, equivaldrían a una pérdida de \$400 por cabeza.

El hecho de que el costo de alimento y del becerro representen, respectivamente, el 36 y el 48% del costo total de producción y que el costo del alimento se haya incrementado en un 81%, en el periodo 2006-2009, explicaría parcialmente la estrategia del eslabón finalizador en buscar una reducción en sus costos totales, a través de una disminución en el precio pagado por el becerro, el insumo más caro en su estructura de costos, insumo en cuyo precio en el mercado sí tiene cierta influencia.

Si se considera que el becerro de reposición, de 250 kg, se paga a \$19.00 (\$4,808 / 250 = 19), y se vende a \$22.00, existe un diferencial de \$3.00 a favor en los 250 kg iniciales; o sea, \$750 / cabeza. Como en la operación en corral, se estimó una pérdida de \$400.00 por cabeza, el saldo final por animal rondaría en los \$350.00, utilidad positiva dependiente totalmente de la existencia de un diferencial a favor en el precio de compra y venta del becerro de, aproximadamente, \$3.00 / kg.

En este sentido, un esquema teórico de productividad económicamente positiva durante la estancia del becerro en corral se lograría cuando se tuviera una ganancia de peso diaria de 1.6 kg, una conversión alimenticia de 7 kg y un porcentaje de “otros gastos” del 15%, con lo que el costo de producción por kilogramo en corral se ubicaría en \$19.80, una utilidad de \$2.20 / kg aumentado en corral, con referencia a un precio de venta de \$22.00 / kg y \$440 por los 200 kg de ganancia de peso vivo total.

Sólo bajo un escenario de este tipo el eslabón finalizador estaría en la posibilidad de cosechar una utilidad por cabeza similar a la actual, sin depender de un diferencial a su favor en la compra del ganado de reposición. En otras palabras, estaría en posibilidades de pagar por el kg de becerro de reemplazo lo mismo que él recibe a la venta, \$22.00 / kg.

Dado que el cumplimiento de esta condición está sujeta a las fluctuaciones frecuentes en el precio de los insumos, la eficiencia biológica de cada lote de ganado y las condiciones reinantes en el mercado al momento de mandar el ganado al sacrificio, su factibilidad de implementarse deberá ser monitoreada constantemente, acción que dependerá de la capacidad de generar información veraz y oportuna.

Esta falta de ajustes oportunos en la oferta y la demanda de los insumos que participan en la cadena productiva y de éstos con el mercado de la carne de bovino en México, reflejan un área de atención deficiente, la disponibilidad confiable de información de mercados, como uno de las acciones que, de existir, inyectarían un elemento perdurable de integración entre ambos eslabones.

La información presentada sugiere que los precios actuales en los insumos de producción del eslabón finalizador en corral son de tal nivel que, para arrojar un balance ingresos/egresos positivo en lo referente a los kilos de peso vivo ganados por un becerro durante su estancia en el corral, se requiere de mantener índices zootécnicos de alta eficiencia biológica, mismos que están por arriba de los valores más frecuentes.

Es oportuno señalar que, según las estimaciones de Garza (2009), el costo financiero representó el 11.3% en 2006 y 8.7% en 2009 del costo total de operación, reducción que no es absoluta sino relativa a los otros costos de producción, los cuales se incrementaron en mayor proporción, como el costo del alimento mostrado con anterioridad.

III. d. 1. 2.º segmento (AMEG, 2008). De la información publicada en la revista anual de la AMEG, de 2008, se desprende que entre el periodo 2006 a 2009, la participación de los gastos operativos diferentes al concepto de alimento, han pasado de ser del 18%, en 2006, a 12% para 2009.

Por lo tanto, y con base en estos datos de 12% de “otros gastos” y un costo por kg de alimento de \$3.00, la proyección de costos de producción en corral en función de diferentes ganancias de peso diarias y conversiones alimenticias, se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Impacto de la eficiencia productiva (ganancia diaria promedio —GDP— y la conversión alimenticia) en el costo de producción por concepto de alimento y total.

<i>GDP, kg</i>	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2
<i>Conversión alimenticia, kg</i>	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9
<i>Otros gastos / total %</i>	12	12	12	12	12	12	12
<i>\$/kg alimento</i>	3	3	3	3	3	3	3
<i>\$/kg producido SOLO ALIMENTO</i>	18	19.5	21	22.5	24	25.5	27
<i>\$/Kg producido TOTAL</i>	20.5	22.2	23.9	25.6	27.3	29.0	30.7

El punto de equilibrio, entre el costo de producción por kilogramo de peso vivo ganado en el corral y su precio de venta de referencia, de \$22.00, se cubre cuando el ganado tiene una GDP de 1.7 kg y una conversión de 6.5 kg de alimento.

En estas condiciones, para obtener un beneficio económico en los kilos hechos en el corral, se tendrían que alcanzar GDP de peso vivo de 1.8 con una conversión de 6 kg. El costo por kg producido andaría en \$20.5 y, por ende, una ganancia de \$1.5 / kg y \$300.00 por cabeza en los 200 kg de aumento total.

El costo de producción del kg de aumento de peso vivo en el corral, con relación al precio del maíz y a diferentes conversiones alimenticias (CA), considerando que el alimento representa el 88% del costo operativo total, se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Influencia del precio del maíz y diferentes conversiones alimenticias (CA) en el costo de producción del kg de aumento de peso vivo en el corral.

CA, kg	\$ kg maíz:										
	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3
6	13.64	14.32	15.00	15.68	16.36	17.05	17.73	18.41	19.09	19.77	20.45
7	15.91	16.70	17.50	18.30	19.09	19.89	20.68	21.48	22.27	23.07	23.86
8	18.18	19.09	20.00	20.91	21.82	22.73	23.64	24.55	25.45	26.36	27.27
9	20.45	21.48	22.50	23.52	24.55	25.57	26.59	27.61	28.64	29.66	30.68

Con una CA de 7 kg de alimento por kg de peso vivo aumentado, el punto de equilibrio entre costo e ingreso se tiene a un precio máximo del maíz de \$2.8 / kg. Una CA de 8 kg requiere tener un precio del maíz de \$2.45 para no registrar pérdidas. Dado que el precio vigente del maíz, en abril de 2010, se ubica en \$2.80 el kg, se

mantiene la presión sobre el eslabón finalizador, de mantener índices zootécnicos eficientes para conservarse en equilibrio económico.

En resumen, ambos escenarios analizados —a partir de la información disponible— coinciden en señalar que los precios vigentes de los insumos requeridos, para generar ganancias de peso vivo en el corral que resulten en un balance económico positivo, imponen en la actividad un comportamiento zootécnico de alta tasa de productividad, cuyo logro está sujeto a factores en gran medida fuera del control de los responsables de las unidades de producción intensiva en corral, así como a un ejercicio administrativo de primer nivel, elemento que sí se encuentra dentro de su control.

Hasta este punto del análisis, y para el propósito del presente estudio, la propuesta de implementación de un esquema de integración del criador y el finalizador en corral, la información disponible no sugiere la existencia —en forma generalizada— de un margen de utilidad en el eslabón finalizador en los kg ganados en el corral, de tal magnitud como para servir de base a una política de integración, basado en la transferencia de una parte de su utilidad al eslabón criador del becerro.

III. d. 2. Análisis de la eficiencia productiva y económica del eslabón criador.

Uno de los dos eslabones involucrados en esta estrategia de integración es el criador de los becerros de reposición para los corrales de finalización intensiva en corral. A diferencia de la organización gremial, que representa a los finalizadores de ganado, la Confederación Nacional de Organizaciones Ganaderas en México ha generado y/o hecho accesible una magra cantidad de información sobre el tema de costos de producción de un becerro destetado en las diferentes regiones ganaderas del país.

En general, la información de costos de producción del becerro destetado en México es marcadamente escasa; la existente es dispersa y poco secuenciada en el tiempo, motivo por el cual, su estimación se convierte en un ejercicio académico acotado por esta limitante, con el riesgo que esto conlleva.

La existencia de condiciones y ambientes diversos de operación de este eslabón arrojan indicadores de producción y económicos contrastantes. Por ejemplo, el mantenimiento para vaca vientre al día/año para zona árida (Yescas, 2007), se señala de \$5.75 / \$2,099; \$10.30 / \$3,760 para una ganadería doble propósito, en Tabasco y Veracruz (FIRA, 2007); \$3.32 / \$1,212 en el estado de Nuevo León (Hernández, 2003); \$3.94 / \$1,439 para el centro-norte de Jalisco (Moreno, Eligio, 2010, CUCBA-UdeG, comunicación personal); \$ 6.36 / \$2,323 sur de Zacatecas (Ruiz, Martín, 2010, CUCBA-UdeG, comunicación personal); \$1.17 / \$427.00, derivado de estimaciones de costos para el desarrollo de toretes (Gil, 2000).

Este rango de costos de mantenimiento del vientre bovino —reflejo de la gama de condiciones de su operación en el país— sumado a amplios rangos de eficiencias biológicas, representativos de diferentes niveles de adopción de tecnología, confluyen

en la dificultad de adoptar un solo indicador de eficiencia productiva y económica del eslabón criador como representativo del eslabón.

Por todas estas consideraciones, y en un afán de llevar a cabo un ejercicio transparente de evaluación del eslabón criador, se desarrollaron tres escenarios de producción relacionados con tres niveles de adopción de tecnología, con los parámetros empleados o sus respectivos resultados (cuadro 5).

Cuadro 5. Estimaciones del costo de producción anual del vientre y el becerro destetado en función al nivel de tecnificación.

Nivel de tecnificación	Alto		Medio		Bajo	
<i>Alimento:</i>						
Sup min secas		250		150		0
Sup min lluvias		550		250		50
Prod. Veterinarios		100		80		40
<i>Mano obra (1 vaq/100 vacas):</i>						
Salario mínimo	1500		1500		1500	
Salarios min / mes	5		4		4	
No. de meses	13		13		13	
Total año	97500		78000		78000	
Por vaca		975		780		1300
Vehículo comb-manto.		120		120		150
Servicios (agua, tel elect)		50		30		30
<i>Sementales:</i>						
\$ Cab.	25000		18000		15000	
No. de sementales	3		3		2	
Años de servicio	4		4		6	
Monto	18750		13500		5000	
Por vaca (según tamaño de hato)		187		135		50
<i>Reposición:</i>						
Instalaciones (30 años)		100		50		20
Vehículo (200,000-50,000/5 años) / (120,000-30,000/10)		300		300		150
Vientres (12,000-4,000/7 años) (8000-4000/7)		1140		1140		600
Inversión total/vaca/año		3772		3035		2390
Total vacas en el hato	100	377250	100	303500	60	143400
Peso vivo becerro destetado, kg	220		200		180	
\$ / kg en pie	26		24		20	
Valor del becerro destetado, \$		5720		4800		3600

A partir de esta apreciación preliminar de costos de producción del becerro destetado, se agregarán, a continuación, algunos factores de productividad, así como consideraciones de índole *ingresos* para arribar a estimaciones finales de rangos de valores de costos de producción del becerro destetado y sus posibles márgenes de utilidad por cabeza.

Dependiendo de la tasa de destete y la relación ingreso-egreso se generó la siguiente información sobre el balance económico obtenido por becerro destetado para cada nivel de tecnificación (cuadro 6).

Cuadro 6. Balance económico por becerro destetado dependiendo de la tasa de destete y la relación ingreso-egreso para cada nivel de tecnificación.

Nivel de tecnificación	Alto		Medio		Bajo	
<i>% de destete e ingresos totales \$</i>						
	90	514800				
	80	457600	80	384000		
	70	400400	70	336000	70	252000
	60	343200	60	288000	60	216000
	50	286000	50	240000	50	180000
<i>Diferencia ingreso-egreso, \$ total</i>						
	90	137550	90		90	
	80	80350	80	80500	80	
	70	23150	70	32500	70	108600
	60	-34050	60	-15500	60	72600
	50	-91250	50	-63500	50	36600
<i>Diferencia venta-costos / becerro</i>						
	90	1528				
	80	1004	80	1006		
	70	331	70	464	70	1551
	60	-568	60	-258	60	1210
	50	-1825	50	-1270	50	732

El resultado sugiere que, inclusive, el sistema de baja tecnología del eslabón criador con el nivel de 50% de destetes con relación al número de vientres en el hato, muestra un comportamiento económico positivo de \$732 / becerro.

Cuando a estos mismos datos de porcentaje de destete se incorpora el factor de peso vivo del becerro, se puede construir un escenario de costo de producción del

kilogramo de becerro destetado, valor que permite una fácil y rápida comparación de la magnitud relativa de pérdida o ganancia en referencia al precio de adquisición, de \$19.00 para el becerro de reemplazo, a nivel del eslabón de finalización (cuadro 7).

Cuadro 7. Costo de producción del kilogramo de becerro destetado.

\$ costo por kg becerro producido en el nivel alto de tecnificación:						
	<i>% de destete</i>					
kg peso destete:	100	90	80	70	60	50
230	16.4	18.0	19.7	21.3	23.0	24.6
220	17.1	18.9	20.6	22.3	24.0	25.7
210	18.0	19.8	21.6	23.4	25.2	26.9
200	18.9	20.7	22.6	24.5	26.4	28.3
190	19.9	21.8	23.8	25.8	27.8	29.8
180	21.0	23.1	25.2	27.2	29.3	31.4
\$ costo por kg becerro producido en el nivel medio de tecnificación:						
	<i>% de destete</i>					
kg peso destete:			80	70	60	50
200			15.2	16.7	18.2	19.7
190			16.0	17.6	19.2	20.8
180			16.9	18.5	20.2	21.9
\$ costo por kg becerro producido en el nivel bajo de tecnificación:						
	<i>% de destete</i>					
kg peso destete:				70	60	50
180				13.3	14.6	15.9
160				14.9	16.4	17.9

Los rangos de pesos al destete y su vinculación a los diferentes porcentajes de destete pretenden reflejar prácticas zootécnicas acordes a los niveles de tecnología señalados.

Resulta interesante observar la amplia gama de posibilidades existentes en las unidades de producción vaca-cría con bajos niveles de eficiencia productiva (50% de destete y 160 kg de peso vivo al destete), en donde la relación costo-beneficio para el factor kg de becerro destetado resulta ser positiva; es decir, que arroja una ganancia. En el nivel bajo de tecnología en todo el rango de porcentajes y pesos al destete considerados, los costos de producción están por debajo del precio de referencia de venta,

de \$19.00 / kg de peso vivo. Esta condición contrasta con los niveles medio y alto de tecnificación, en donde se observa que ciertas combinaciones de porcentajes y pesos al destete superiores al 60% y 180 kg, respectivamente, para el nivel medio de tecnología, y de 90% y 200 kg, respectivamente, para el nivel alto, son requeridos para arrojar utilidades.

Es necesario hacer hincapié en que en la estructura de ingresos analizada para el eslabón criador se incluye un concepto de mano de obra de entre \$78,000 y \$97,500 al año. De acuerdo al nivel tecnológico considerado, se reconoce un porcentaje como mano de obra contratada y otra como mano de obra del mismo productor (Vilaboa-Arroniz, 2009). Para el caso del nivel tecnológico alto se asume el 50% del costo de mano de obra como propia, el 60% para el nivel medio y el 80% para el nivel tecnológico bajo. Dado que en el análisis de ingresos, realizado previamente para el eslabón finalizador, no se le adjudicó monto alguno directo por concepto de mano de obra; el correspondiente monto de mano de obra propio del criador será tomado como ingreso y, por ende, se reflejará en su utilidad a la venta del becerro de destete para, con ello, equiparar las condiciones de comparación de utilidades entre ambos eslabones.

Consecuentemente, un costo estimado de producción del kg de becerro al destete sería de \$16.04 para el nivel alto de tecnificación, de \$17.52 para medio de tecnificación y de \$12.68 para el nivel bajo. Los datos empleados para generar esta información se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Costo de producción del kg de becerro destetado cuando el concepto de mano de obra propia se considera como un ingreso.

<i>Conceptos</i>	Nivel de tecnificación en unidad productiva:		
	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>	<i>Bajo</i>
Vientres totales	100	100	60
Tasa destete, %	80	70	50
Becerrros machos	40	35	15
Becerras hembras	40	35	15
Tasa de reposición, %	20	15	10
Becerras venta	20	20	5
Peso destete machos, kg	220	200	180
Peso destete hembras, kg	210	190	170
Total kg destete	13000	10800	3550
Total becerros venta	60	55	20
Costo prombecerrea, \$	6288	5518	7170
Deducciones:			
Vacas desecho	20	15	10
Peso vaca desecho, kg	500	450	400
\$/kg vaca desecho	12	10	9
Ingreso / vaca desecho	120000	67500	36000
Monto total mano obra	97500	78000	78000
Mano obra propia, %	50	60	80
Mano obra propia, \$	48750	46800	62400
Suma	168750	114300	98400
Inversión hato año	208500	189200	45000
Costo prombecerrea año	3475	3440	2250
Costo kg destetados, \$/kg	16.04	17.52	12.68

Para un precio de referencia de venta, de \$19.00 / kg en pie, se traducen en una diferencia a favor de \$2.96, \$1.48 y \$6.32 / kg para el nivel alto, medio y bajo de tecnificación, equivalente a una utilidad del 18%, 8.4% y 49.8%, respectivamente, con relación al costo de producción.

La información presentada sugiere la posibilidad de que la introducción de tecnología, por ejemplo vientres y sementales, así como programas de suplementación caros,

sin un acompañamiento de un manejo zootécnico adecuado que traduzca estos mayores insumos en mejoras de la eficiencia biológica del sistema, pueden desencadenar en procesos económicamente ineficientes.

Diferencias en la rentabilidad de operaciones por regiones agroclimáticas del país han sido señaladas con anterioridad (FIRA, 1999). Para la zona árida (datos recabados en Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Durango, excluyendo la Comarca Lagunera) se señala una relación costo-beneficio del 11%, con un costo de producción por kg de becerro de \$10.34 y de venta de \$11.46; del 14% para la región Trópico Seco (Tamaulipas y Michoacán) con un costo de producción de \$9.57/kg en pie, y de venta de \$10.90; y en el Trópico Húmedo (Veracruz, Tabasco, Chiapas, Campeche y Yucatán), del 28%, con un costo de producción de \$7.89 y de venta de \$10.13. El costo de producción disminuyó y la relación costo-beneficio aumentó conforme se pasa de la zona árida a la de trópico seco y, finalmente, a la de trópico húmedo. Se asume que estas regiones agroclimáticas representan diferentes gradientes en la incorporación de tecnología, consecuencia de la mayor o menor benevolencia climática implícita. Una tendencia similar fue señalada por Sánchez y Sánchez (2005), para el periodo 1999 y 2002, en donde los ingresos estuvieron en 60% y el 78% arriba del costo de producción del kg en pie del becerro destetado, para la región árida y trópico húmedo en México, respectivamente.

De esta información se infiere que bajo las condiciones de producción extensiva de algunos hatos en México, la rentabilidad unitaria es mayor cuando se manejan esquemas de mínimas entradas (insumos), en comparación con aquellos en los que un manejo deficiente hace que los insumos utilizados resulten en un gasto y no una inversión para el sistema.

Si bien los niveles de ingresos anualizados pueden no ser considerados como atractivos en función de la inversión total, para el propósito del presente ejercicio, muestran que el eslabón vaca-cría generador del becerro de reemplazo para consumo nacional, aun en unidades de producción de escala modesta y con un nivel de adopción de tecnología bajo, representativas de un millón de pequeñas unidades de producción presentes en todo el país (INEGI, 2007) catalogadas como "Productores en Desarrollo Nivel 1 (PD1)", se manejarían con "números negros".

Esta condición de un mejor escenario económico para el sector criador, en comparación con el finalizador intensivo en corral no es exclusiva de México. En el Simposium Internacional de la Carne de 2009 (SICARNE, 2009), la participación del sector ganadero bovino de carne de Estados Unidos de Norteamérica hizo un análisis de la situación que ha privado en su entrono, describiéndola de una manera similar a la expuesta aquí para nuestro sector primario bovinos-carne. En el promedio de 10 años de estimaciones (1999-2008), el sector criador en EU ha tenido una ganancia de

más de 90 dólares por vaca, por año; el sector repasteador, de 45 dólares por cabeza, mientras que el finalizador de ganado en corral, arroja 0 dólares por cabeza.

Es de señalarse también el patrón de comportamiento económico fluctuante que caracteriza a estos sectores en EU, donde en un periodo de 30 años (1980-2008), los sectores criador y repasteador han arrojado un balance positivo que fluctúa entre 5 a 175 dólares por cabeza, en 20-22 de estos 30 años. En el caso del sector de finalización intensiva de ganado en corral, este patrón es menos halagador, ya que de los 30 años considerados, sólo en 15 de ellos registran un balance positivo, fluctuando de los 5 a los 150 dólares por cabeza como máximo (SICARNE, 2009; Short, 2001; USDA, 2009).

Este comportamiento errático de la industria de la carne de bovino en EU difiere sustancialmente de la experimentada en México, donde los eslabones de crianza y de finalización intensiva registran, año con año, un margen de ganancia positivo, con fluctuaciones entre años, pero siempre positivo. Para el caso del eslabón del criador, la información del periodo 1999-2002 (Sánchez y Sánchez, 2005) reportan un balance a favor del precio recibido sobre el costo de producción del kg de peso destetado, entre el 60 y el 78%, dependiendo de la zona agroecológica a considerar. La información aquí presentada al 2009, sugiere el mantenimiento de un balance económico positivo, particularmente entre los pequeños criadores, así como la emitida por la AMEG (2009), donde se señala como años económicamente difíciles para el eslabón finalizador 2006-2009, cuando aún se mantienen con márgenes de utilidad positivos.

IV. Racionalidad del diferencial de compra-venta del becerro de reposición

A continuación se ofrecen argumentos que apoyan la vigencia de un diferencial de precio a favor del animal finalizado, en oposición al principio sustentado en el programa:

IV. a. Conforme al concepto de valor agregado, definido al inicio de este documento: los insumos iniciales adquieren un valor comercial superior como consecuencia de la incorporación de otros insumos y procesos durante etapas subsecuentes de transformación; se sustenta que el proceso de finalización intensiva del ganado bovino incrementa el valor comercial de la canal y la carne que de ella se deriva, en comparación con la canal y la carne susceptible de obtenerse de un animal sacrificado al destete.

IV. b. Consecuentemente, resulta congruente que los kilogramos de peso final de un becerro con una calidad superior para el mercado consumidor tengan un precio superior que los mismos kilogramos, al inicio del proceso de finalización intensiva en corral, los cuales tendrían un posicionamiento comercial muy inferior.

IV. c. Los análisis económicos presentados señalan una mayor factibilidad de que exista una relación positiva de costo-beneficio por cabeza en el eslabón criador que en el finalizador, sobre todo cuando se trata de unidades de producción caracterizados por niveles conservadores de eficiencia biológica y baja adopción de tecnología, estrato de productores representativos del PDI (www.ameg.org.mx/integración).

Esta observación se basa en el hecho de que la unidad productiva de finalización intensiva en corral depende, en mayor grado, de insumos externos para llevar a cabo su operación, en comparación con el eslabón vaca-cría; y que éstos representan la contribución mayoritaria en su estructura de costos, lo que lo convierte en un segmento más vulnerable a la volatilidad de precios en el mercado proveedor. Ambos factores imponen una mayor presión económica en el eslabón finalizador intensivo en corral, en comparación con el eslabón criador para alcanzar un punto de equilibrio entre sus egresos e ingresos, requiriendo mantener índices zootécnicos, elevados así, como procesos administrativos y de operación eficientes.

IV. d. Un argumento que se maneja en el círculo oficial para sustentar la política de que el kilogramo de peso vivo del becerro de destete debe valer más que el del animal finalizado es el hecho de que así sucede en otros países, particularmente en EU. La estructura propia de su industria, en donde unas cuantas industrias procesadoras dueñas de corrales de finalización dominan ampliamente el mercado; la existencia de subsidios permanentes gubernamentales a todos los eslabones de la cadena y la madurez de sus mercados a nivel del consumidor final, pueden ser algunos de los factores determinantes que permiten mantener una relación comercial aparentemente aberrante, en donde el eslabón que menos gana, el finalizador, está dispuesto a transmitirle parte de sus magras utilidades al sector que más gana, el criador, tal y como se mostró con anterioridad (SICARNE, 2009; Short, 2001; USDA, 2009).

V. Regionalización del país y el costo del becerro de reemplazo

Un programa de apoyo a nivel federal de integración del criador con el finalizador de ganado debe tomar en cuenta las diferencias regionales que existen en el mercado de los becerros de reposición, en virtud de gradientes en la calidad racial, así como opciones de mercadeo, entre otros factores. En otras palabras, reconocer la existencia de los “muchos Méxicos” que conforman al país, y tratarlos en forma justa y equitativa.

Se considera que un requisito de descripción de una calidad del becerro en pie para establecer el convenio de compraventa sería un factor prescindible, si en el programa de integración se incorporara un esquema de comercialización del becerro en dos etapas: un precio base promedio a la recepción en el corral y una bonificación posterior, basada en el reconocimiento del valor comercial del animal en su presenta-

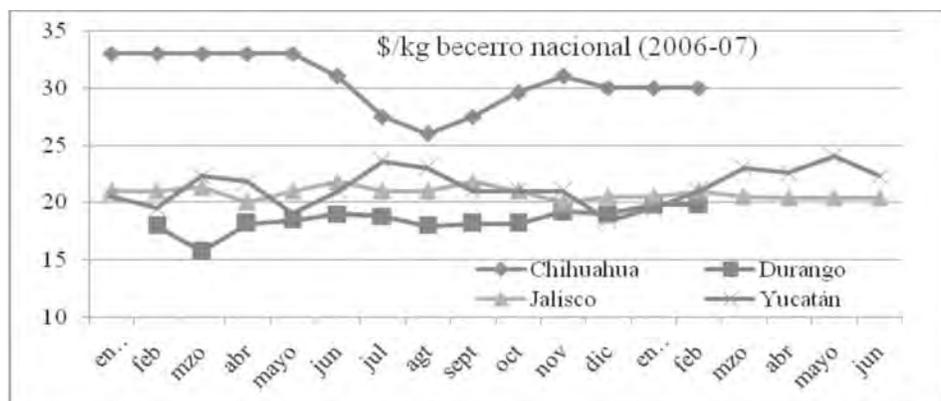
ción en canal, sujeta ésta a un sistema de clasificación de canales a nivel nacional, ordenamiento del que se dispone de una norma vigente en México.

Alternativamente, y como una segunda opción, se propone el establecimiento de un sistema *ex profeso* de clasificación de becerros en pie, que cubra las diferentes condiciones en las que se lleva a cabo la actividad de ganadería de bovinos para carne en el país. Esta estrategia debería ser considerada como preparatoria, mientras se construye una cultura que permita la aplicación de la primera opción: pago base ajustado con un valor comercial de la canal posterior. En este caso, habría que elaborar la norma federal de clasificación del becerro en pie.

Si bien puede ser cierta una relación entre los precios del becerro en EU y el becerro de exportación producido mayoritariamente en el norte de México, y que, a su vez, representa un esquema alternativo de competencia real para los finalizadores de bovinos en esta zona del país que utilizan ganado similar, no es condición que se dé en la misma medida con el becerro de reemplazo generado en la zona centro-sur del país, aproximadamente 1.5 millones de cabezas al año que entran a la cadena productiva de finalización intensiva en corral, lo que genera una interdependencia comercial entre el eslabón criador y el finalizador en el país (López, 2006).

La población de becerros de reposición que no entran en este mercado alterno de exportación, muestran una cotización nacional prácticamente independiente del precio del becerro de exportación, como se muestra con la tendencia del precio del novillo de reemplazo, según la zona geográfica del país (gráficas 4 y 5):

Gráfica 4. Comparativo entre el precio por kilogramo del becerro nacional en función de su origen.



Gráfica 5. Comparativo entre el precio del becerro de reposición en el mercado nacional y el destinado a la exportación al mercado de EU.



VI. Consideraciones

Se presenta información que sustenta las siguientes observaciones:

- Tanto el eslabón de los criadores de becerros de reemplazo como los empresarios finalizadores de ganado en corral comparten porcentajes similares del gasto que realiza el consumidor mexicano en carne de res. Por lo tanto, un programa de integración entre ambos segmentos que se pretenda sustentar en una transferencia de recursos económicos de un eslabón al otro, como consecuencia de una asumida disparidad entre sus ingresos, deberá considerar en su lugar la relación costo-beneficio para cada eslabón.
- Dentro de diferentes estratos de criadores de becerros, el estrato calificado como PD1 representa la mayoría de las unidades de producción en México, con índices zootécnicos modestos y niveles bajos de adopción de tecnología, mismas a las que, en este ensayo, se les atribuye una relación costo-beneficio positiva, factible de obtener con mayor frecuencia que el finalizador intensivo en corral, a nivel empresarial.
- La información presentada no sustenta la validez de una política predefinida de transferencia permanente de recursos económicos del eslabón finalizador hacia el criador.
- Esta condición de una mayor rentabilidad, en particular del sector primario PD1 criador del becerro, en comparación con el sector empresarial finalizador intensivo en corral descrito, no es un caso aislado ni circunstancial al periodo de estudio considerado en el presente análisis, lo que sustenta su consideración.

- Toda integración con enfoque de cadena de valor debe sustentarse en el incremento del mérito comercial de los insumos conforme progresan en su proceso de transformación, principio que justifica que el precio del becerro finalizado sea superior al del becerro de reemplazo.
- Una administración eficiente de una empresa impone, como estrategia de competitividad, buscar la disminución del costo de los insumos necesarios para producir, principalmente de aquellos que representan la mayor inversión, principio que justifica que el finalizador de ganado en corral implemente estrategias para reducir tanto el costo del becerro de reemplazo como el del alimento, insumos que representan alrededor del 80% de su inversión inicial.
- Las condiciones económicas, ambientales, sociales y de comercialización que influyen en los procesos productivos del becerro de reemplazo, como su finalización intensiva en corral, se caracterizan por su volatilidad y escaso poder de predicción, marco de referencia que impone un esquema de integración que atienda estas constantes fluctuaciones.
- La lógica elemental de integraciones perdurables entre eslabones productivos de una cadena que mantienen una interdependencia existencial indicaría que lo razonable sería que el eslabón más favorecido en sus utilidades estuviera en posibilidades de apoyar al eslabón menos rentable, buscando mantener la sobrevivencia económica de ambos.
- Eventualmente, etapas subsecuentes de integración de la cadena deberán incluir un reparto justo y equitativo de las utilidades generadas en los eslabones de transformación-procesamiento y comercialización, monto que deberá ser determinado casuísticamente, en virtud de la enorme variabilidad a la que está sujeto día a día.
- Se propone que un elemento fundamental para construir una confianza recíproca sea el establecimiento de mecanismos de generación de información productiva y económica de cada eslabón, la cual deberá ser compartida amplia, transparente y oportunamente para que, a partir de ello, se puedan definir la magnitud y los casos en los que sea justificable la transferencia de recursos del eslabón finalizador al criador.
- Es por medio de esta determinación casuística de la posibilidad de una transferencia de utilidades del eslabón finalizador al criador, propuesta aquí, que se podrá contrarrestar la gran variabilidad de factores internos y externos que influyen en el balance costo-beneficio de ambos sectores.
- Programa oficial de integración criador-finalizador que descansen particularmente en algún tipo de subsidio, si bien no se desconoce el beneficio que este enfoque tiene como apoyo al sector, se debe tener en mente sus limitaciones

para constituirse como una verdadera palanca de integración a largo plazo, fundamentada en la consolidación de una cultura de interdependencia justa y equitativa entre los propios eslabones.

- Se considera que uno de los beneficios que el sector productor de carne de bovino en México puede obtener de los programas oficiales basados en cualquier tipo de subsidio sea aprovechar su periodo de vigencia para establecer medidas de integración sustentables dirigidas a corregir deficiencias de comunicación entre el eslabón criador y finalizador, las que una vez atendidas, se conviertan en mecanismos auto-regulables por los participantes, sin la necesidad de la intervención de la autoridad.

VII. Conclusiones

Sin dejar de reconocer su utilidad de corto plazo, se cuestionan qué programas oficiales sustentados en esquemas de subsidios se conviertan en palancas detonadoras de una integración perdurable entre sus eslabones.

En forma alternativa, se propone estructurar esquemas de integración basados en el flujo de información puntual que permita ajustar, en cada caso, la posibilidad de ejercer una transferencia de utilidad justa y equitativa de un porcentaje de la utilidad en cualquier sentido, lo que les conferirá un elemento de sustentabilidad.

Para alcanzar este fin se sugiere que los programas oficiales de apoyo a la integración del sector criador y el empresario finalizador de becerros sean complementados con el diseño e implementación de mecanismos de generación de datos productivos y económicos por parte de cada eslabón y que se conviertan en información compartida, honesta y oportunamente, en ambos sentidos.

Una vez adoptada esta herramienta por el sector, se constituirá en un mecanismo regulado directamente por los participantes, lo que les reportará independencia futura de la presencia o no del ejecutivo.

Literatura citada

- AMEG. 1999. *Indicadores económicos del subsector bovinos-carne*. 3ra. Edición.
—2005. *Carne de Bovino. Indicadores económicos de la industria*. 8ª Edición.
—2006. *Carne de Bovino. Indicadores económicos de la industria*. 9ª Edición.
—2007. *Carne de Bovino. Indicadores económicos de la industria*. 10ª Edición.
—2008. *Carne de Bovino. Indicadores económicos de la industria*. 11ª Edición.
—2009a. *Taller de promoción del esquema de integración criador engordador*. Pijijiapan, Chiapas, agosto 2009.
—2009b. *Carne de Bovino. Indicadores económicos de la industria*. 12ª Edición.
—2010. *Carne de Bovino. Indicadores económicos de la industria*. 13ª Edición.
ASERCA. 2010. www.aserca.gob.mx. *Ganadería por contrato*.

- CEDRSSA. 2007. *El sector rural en el siglo XXI. Un mundo de realidades y posibilidades*. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Cámara de Diputados LX Legislatura. Noviembre 2007.
- CGG-SAGARPA. 2006. *Situación actual y perspectiva de la producción de carne y leche de bovino en México 2006*. Dirección General de Ganadería. <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg> (Consultada el 14 de noviembre de 2006).
- FIRA. 1999. *Oportunidades de desarrollo de la industria de la carne de bovino en México. Una estrategia de reconversión*. Boletín informativo. Marzo 1999.
- FIRA. 2007. *Análisis de costos de ganadería bovino de doble propósito en Tabasco*. Septiembre 2007.
- FIRA. 2008. FIRA, *¡Más que un buen crédito!* Campeche, Campeche, Julio 2008.
- FIRA. 2009. *Programa Criador-Engordador. Memorias Simposio Internacional de la Carne 2009*. México, octubre 2009. (www.fira.gob.mx).
- FIRA. S/A. *Programa de repoblamiento del hato ganadero de Veracruz*. Unión Ganadera Regional de la Zona Centro del Estado de Veracruz (UGRZCV). (www.fira.gob.mx).
- Garza, G. R. 2009. *Situación de la engorda de bovinos en México y perspectivas para los ganaderos*. Memorias del IV Congreso Rentabilidad de la Ganadería de carne. Asociación Mexicana de Engordadores de Ganado Bovino, A. C. Veracruz, Septiembre 2009.
- Gil, F. A. 2000. *Rentabilidad de la engorda de bovinos en Tamaulipas (pastoreo y semi-estabulación)*. Memorias del Seminario de Ganadería Tropical. INIFAP. Pp. 54-60.
- González, P. E. 2009. *Integración criador-engordador*. Memorias del Simposio Internacional de la Carne 2009. México, octubre 2009.
- Hernández, A. H. 2003. *El negocio del becerro: definiendo costos de producción*. Revista Comunicación Ganadera. Vol. 5. No. 11.
- INEGI. 2007. *Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007*.
- López, L. E. 2006. *La sanidad como regulador del abasto de ganado y el comercio de la carne de res*. Memorias del Octavo Seminario Internacional Boehringer Ingelheim. Guadalajara, Jalisco, México.
- Sánchez, R. G. y Sánchez, V. A. 2005. *La ganadería bovina del estado de Michoacán*. Fundación Produce Michoacán, A. C.
- SICARNE. 2007. *Memorias del Simposio Internacional de la Carne 2007*. Asociación Mexicana de Engordadores de Ganado Bovino, A. C.
- SICARNE. 2009. *Memorias del Simposio Internacional de la Carne 2009*. Asociación Mexicana de Engordadores de Ganado Bovino, A. C.
- Short, S. D. 2001. *Characteristics and Production Costs of U.S. Cow-calf Operations*. Statistical Bulletin No. 974-3. United States Department of Agriculture.
- USDA. 2009. *Agricultural Prices 2008 Summary*. National Agricultural Statistics Service. Pr 1-3(09). United States Department of Agriculture.
- Vilaboa-Arroniz, A. J. 2009. *Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agro-ecosistemas con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México*. Tropical and Subtropical Agrosystems. Vol. 10: 53-62.
- Yescas, L. R. 2007. *Suplementación estratégica: impactando la eficiencia de nuestros ranchos*. SIPPEC, Jalisco 2007.

Recibido: Julio 13, 2010

Aceptado: Agosto 04, 2010

Acuicultura rural en la Costa Sur de Jalisco: caso de estudio

Rural aquaculture in the south coast of Jalisco: a case study

García-Ulloa, M.

Laboratorio de Ciencias Marinas (LCM). Universidad Autónoma de Guadalajara.
M. López de Legazpi 235. Barra de Navidad, Jalisco (C. P. 48987).

*Correspondencia: turbotuag@hotmail.com

Resumen

La acuicultura ha contribuido desde siempre a la mitigación de la pobreza en áreas rurales cuya subsistencia depende parcial o totalmente de actividades acuícolas, ya sea de extracción o producción. En base a dicho fundamento, se realizó un ciclo de cultivo de tilapia en jaulas en el embalse concesionado a la comunidad de Las Guásimas, Jalisco, para evaluar su potencial de producción y para establecer una alternativa laboral afín a la pesca tradicional que ahí se practica, bajo la supervisión *in situ*, del personal de un centro de investigación. Bajo condiciones de baja salinidad en el agua, se observó un adecuado crecimiento promedio de los animales (1.2 g/d) sin presentar enfermedades. Los peces alcanzaron la talla mínima de venta (> 150 g) en 81 días de cultivo, logrando un 90% de supervivencia final. Después de la cosecha y venta de todos los peces cultivados, se discuten aspectos de producción (densidad, costos, uso de organismos monosexo, etcétera), sociales (generación de empleos, inclusión de adolescentes y mujeres en el proceso de producción, entre otros) y se identifican problemáticas operativas de diversa índole (limitantes del lugar, formalización en la participación de los miembros de la cooperativa, etcétera), ubicando el cultivo de tilapia en jaulas como una alternativa real

Abstract

So far, aquaculture has contributed towards the alleviation of poverty in rural areas which depend partially or totally, on extraction and production activities. Based on that and with the supervision *in situ* of the staff from a research centre, an on growing cycle of tilapia fish was carried out at the water body given as a concession to Las Guásimas community in order to evaluate its yield potential and to offer a work option similar than traditional fishery practices commonly applied. Under brackish water conditions, fish grew healthy (1.2 g/d) with no mortalities and reached the minimum market size (> 150 g) in 81 culture days reaching a final survival of 90%. After harvesting and selling all cultured fish, production (culture density, costs, use of monosex populations, etc.) and social aspects (labour opportunities, teenagers and women participation in production process, etc.) and different operative problems (limitations of selected culture site, participation of cooperative members, etc.) are discussed. Tilapia cage culture is recognized as a real work option that needs immediate support from private or government programs to improve life quality of rural communities.

y patente con necesidad de apoyo inmediato por parte de programas privados o gubernamentales integrales para mejorar la calidad de vida de comunidades rurales.

Palabras clave

Acuicultura, actividades rurales, tilapia, alternativa laboral.

Key words

Aquaculture, rural activities, tilapia, work option.

Introducción

A pesar de los vientos de cambio que la “Revolución verde” exhibió a manera de panfleto de alternativa alimenticia al mundo —a mitad del siglo XX— como la solución a la hambruna en la producción de alimentos, el crecimiento poblacional ha rebasado las expectativas de demanda y más de seis mil millones de personas que actualmente pueblan el planeta (Funes-Aguilar y Monzote, 2006), exigen no sólo satisfacer las necesidades básicas de alimentación sino, además, planificar lo a que las generaciones de un futuro inmediato les corresponderá para cubrir con sus requerimientos nutricionales sin afectar, en gran medida, el entorno del ambiente global. De acuerdo a García y Mahiques (2006), del total de la población actual, aproximadamente un 15% padece hambre crónica mientras que sólo un 10% del total disfruta del 70% de las riquezas del planeta, apuntando tan sólo uno de los contrastes más notorios de la raza humana.

Por otro lado, Pretty y Hine (2001) indicaron que alrededor del 13% de la población que padece hambre se encuentra localizada en las áreas rurales, las cuales a pesar del apoyo siempre anunciado por los gobiernos, se han colapsado económica y socialmente demostrado, en parte, por el alto índice de migración hacia grandes ciudades u otros países en busca de mejores oportunidades de desarrollo que el campo y los embalses ya no pueden ofrecer (AP, 2006). Por ejemplo, gran parte del presupuesto anual en México se deriva en apoyos dirigidos hacia el campo y las actividades agro-económicas enfocadas al reforzamiento de los programas implementados, con el objetivo de mejorar la calidad de vida en comunidades rurales localizadas en áreas de cultivo y labrantía, riberas y bosques. De esta manera, se destinó —para el 2008— un presupuesto de más de 64,000 millones de pesos que fueron empleados en programas para el campo, incluyendo a centros de capacitación e investigación, dinero que se redujo ligeramente a un poco más de 61,000 millones para la presente administración (*El Universal*, 2009). Dicho presupuesto, comprendió el financiamiento para el desarrollo y mejoramiento de las industrias ganadera y agrícola, y para todas las empresas

inherentes a cada una de ellas, como es el caso de la acuicultura. Sin embargo, y a pesar de los esfuerzos y apoyos económicos, los niveles de pobreza y hambre de las comunidades rurales no disminuyen, mientras que la migración de personas originarias del campo hacia las ciudades no cesa (Ruiz-Vargas, 2009).

Una de las herramientas más esperanzadoras para combatir en contra de la hambruna y la pobreza en comunidades rurales, se refiere a la diversificación de actividades productoras de alimento y generadoras de empleo, siendo la acuicultura un bastión seguro y promisorio. Actualmente, el cultivo de especies acuáticas aporta un poco más del 43% del volumen total de los recursos acuáticos disponibles en el mundo (FAO, 2007), y la tendencia de producción en ambientes controlados apunta hacia el constante desarrollo e incremento, contrariamente al aporte por concepto de captura directa del medio que, según las estimaciones anuales, se mantiene por debajo de los 100 millones de toneladas métricas desde hace algunos lustros, lo cual indica un desajuste en las poblaciones acuáticas y el esfuerzo pesquero. Es decir, existe menos recurso pesquero por unidad de captura, efecto que se presenta en cada localidad costera y ribereña no sólo en nuestro país, sino en todo el mundo. Esta situación coloca a la actividad acuícola en la disyuntiva de permanecer creciendo como hasta el momento es conocida, la única opción viable en producción alimenticia; pero al mismo tiempo, con la consecuente obligación y responsabilidad de lograrlo guardando las normas naturales para encontrar el punto de equilibrio sustentable y conservarlo durante su creciente evolución.

La implementación, con cierta periodicidad, de programas de desarrollo y crecimiento en las actividades agrícolas basados en la mejora de la tecnología actual e inclusión de sistemas de producción novedosos, es una práctica común y obligatoria en toda sociedad civilizada que se da por concepto de la captación y administración de impuestos (Thorpe y Bennett, 2001), mismos que representan la única forma de que las comunidades rurales puedan ser apoyadas hacia el incremento de su nivel de vida mediante la generación de productos y empleos. En acuicultura, las tendencias de trabajo han modificado la estructura social de las localidades (Lebel *et al.*, 2002), implementado técnicas baratas y eficientes de producción (McGeachin *et al.*, 1987; Guerrero III, 1998), establecido la incorporación de sistemas productivos integrales (FONDEPESCA, 1984; Pant *et al.*, 2004), prácticos y funcionales como el uso de jaulas, e incluido tecnologías de punta, sofisticadas pero eficientes en el uso de agua y espacio, como lo es la acuaponia (Rakocy, 2006). De esta manera, la revolución productora de alimentos que otrora fuera verde, se torna azul, abarcando todos los estratos sociales posibles, principalmente el sector rural.

En el caso específico del cultivo de peces en jaulas representa una de las modalidades de producción que pueden ser adecuadamente adaptadas a las necesidades de las

comunidades rurales (Beveridge, 1987), no sólo como una alternativa de subsistencia sino además, como una herramienta productiva en la modalidad intensiva, con la cosecha final de grandes volúmenes de peces en poco espacio. En países asiáticos, se han propuesto modelos de producción para varias especies en localidades pobres, con resultados de inmediato beneficio, incluyendo la incorporación de varios miembros de la familia —como niños y mujeres— en los procesos productivos dentro de embalses dulceacuícolas (McAndrew *et al.*, 2002; Munzir y Heidhues, 2002); sin embargo, el recurso “agua dulce” se encuentra en conflicto con otras industrias por lo que ha sido necesario experimentar en otros ambientes como lo son esteros, lagunas litorales y el mar. Suresh y Lin (1992) realizaron una revisión acerca del cultivo de tilapia en agua salada, concluyendo que dicho grupo de peces pueden crecer en dicho ambiente. En México existen algunos reportes que proponen el cultivo de tilapia bajo diferentes condiciones de salinidad en laboratorio (Martínez *et al.*, 1998) y en el campo (García-Ulloa, 1999).

El presente trabajo expone una experiencia de cultivo de tilapia en jaulas al sur del estado de Jalisco nacida, en su parte fundamental, de la necesidad de una cooperativa pesquera por diversificar su actividad diaria con una afín —como la acuacultura— debido a la sobrepesca a que ha sido sometido el embalse salobre concesionado desde hace varios años. Al mismo tiempo, se proponen estrategias productivas derivadas de la experiencia obtenida como el ajuste de densidades de trabajo, la necesidad de usar poblaciones de tilapia monosexados y la posible incorporación de mujeres y jóvenes en la operación y mantenimiento de las jaulas, para aprovechar óptimamente el embalse concesionado, producir alimentos y generar empleos. Finalmente, se identifican problemáticas operacionales de diversa índole como las limitaciones espaciales y temporales del lugar seleccionado, mismas que son analizadas, y se presenta el potencial de la actividad en esa región de acuerdo al número de familias que dependen de la actividad pesquera, a la cantidad de jaulas que pueden ser colocadas en el embalse y a la ubicación del sitio seleccionado con respecto al mercado más próximo. De esta manera, el cultivo de peces en jaulas se presenta como una alternativa real y patente para la generación de empleos, la producción de alimento y el combate a la pobreza de dicha zona, que merece el apoyo inmediato por parte de programas de producción y de investigación de instancias privadas y gubernamentales integrales para las comunidades rurales.

Apoyo en la realización de la prueba de campo

El trabajo se realizó en un embalse del ejido de Las Guásimas, localizado en el municipio de Cihuatlán, Jalisco, en 2007. Dicho cuerpo de agua se encuentra ubicado al suroeste de Cihuatlán, entre los paralelos 104°40' y 104°35', y los meridianos 19°10' y 19°05', de acuerdo a la carta DETENAL CIHUATLÁN E-13-B-42. El embalse seleccionado está concesionado a la Cooperativa Pesquera Río Marabas-

co, S. C. de R. L. para su uso y presentó algunas de las características básicas necesarias para la realización del proyecto, como: registrar una profundidad media de aproximadamente 9 a 10 m en el lugar donde se colocaron las jaulas; tener todo el año agua; presentar y mantener las condiciones climatológicas anuales que favorecen el crecimiento y desarrollo de la tilapia; y, finalmente, estar localizado a pocos minutos de principales puntos demandantes en cuanto al comercio se refiere, al igual que de vías terrestres, como caminos y carreteras para el transporte de insumos y producto.

El área en la superficie de agua que abarcó la unidad de producción dentro del embalse fue de aproximadamente de 15-20 m², para lo cual se colocó un módulo con 10 jaulas de malla plástica prensada, con un volumen de 1.2 m³ de capacidad cada una. Las jaulas fueron donadas por el Departamento de Acuicultura (DA) de la Universidad Autónoma de Guadalajara (UAG) y se construyeron atando la malla a un armazón exterior, cúbico, de PVC sanitario de 1 pulgada de diámetro.

Se obtuvieron 1,000 juveniles de *Oreochromis mossambicus* del Laboratorio de Ciencias Marinas (LCM), de la UAG, con un peso promedio de 60 g. Aunque la tilapia no es una especie endémica de México, existe en el embalse seleccionado por introducción controlada de parte del gobierno o por escapes involuntarios de granjas que la cultivan en la región, por lo que el uso de la especie en cuestión en este proyecto, no representó una transgresión a la normatividad al respecto. Además, los cooperativistas contaron con el permiso de uso del agua en el embalse y sus licencias de explotación comercial pesquera en regla. Los animales fueron transportados al embalse durante 20 minutos, en un tanque de 1,000 litros provisto de aireación, mediante una bomba portátil (Avant®, USA) de pilas (2 X D), mangueras y difusores de aire. Ya en el lugar, se sondeó la profundidad mediante una plomada y una soga marcada cada metro. Las jaulas fueron colocadas en una zona de nueve metros de profundidad y mantenidas en la superficie por medio de la colocación de dos líneas de cuerda plástica en forma paralela, con una separación de 1.5 m entre ellas. Las líneas “madre” fueron atadas a sistemas de anclaje en sus extremos (figura 1) y mantenidas en flotación con bidones de plástico vacíos de 40 litros de capacidad; de tal manera que las líneas midieran en la superficie del agua, al menos 15 metros de longitud cada una.

Figura 1. Colocación del sistema de anclaje en el sitio seleccionado para el cultivo de tilapia en jaulas.



Después, las jaulas fueron sujetadas con cuerda de monofilamento delgada y atadas en medio de las dos líneas “madre” a una distancia de 0.5 metros una de otra. Se introdujeron 100 tilapias en cada jaula. Para evitar eventos reproductivos que mermaran el crecimiento, los animales fueron separados por sexos. De las jaulas colocadas, cinco contenían tilapias machos y cinco tilapias hembras. Todos los peces fueron previamente sexados por observación de genitales antes de su transporte. Se proporcionó alimento comercial de tilapia (Api-Aba®, 30% proteína base) durante el ensayo, ajustando la ración alimenticia a 2.5% del total de la biomasa de cada jaula y repartiendo la ración dos veces al día; sin embargo, la ración se ajustaba a saciedad, de acuerdo a la cantidad de alimento que sobraba en la superficie del agua a fin de no desperdiciar. Cada 15 días, hasta el final de la prueba (81 días), se realizaron mediciones y pesajes de una muestra de peces ($n = 20$) de cada jaula para volver a ajustar la cantidad de alimento de acuerdo a la biomasa calculada; mientras que cada semana se obtuvieron los valores para el oxígeno disuelto, temperatura (YSI 55, USA), salinidad (refractómetro ATAGO, S/Mill-E, Japan), pH (HACH Test Kit, FF-1A, USA) y sólidos suspendidos del agua (TDSTest, OAKTON, USA). Ya que las condiciones dentro y fuera de la jaula pueden ser diferentes debido a la adhesión de organismos epibiontes sobre la malla, impidiendo el libre flujo bidireccional de agua, pudiendo ocasionar un

ambiente interno bajo en oxígeno (Beveridge, 1987); los parámetros fueron obtenidos tanto fuera como dentro de las unidades de engorda.

Diariamente, se realizaron observaciones para registrar la sobrevivencia en cada jaula mediante el conteo y extracción de organismos muertos tanto en el fondo como en la superficie de los contenedores. El mantenimiento de las unidades de cultivo consistió en su cepillado, de acuerdo a la presencia y abundancia de organismos epífitos. Todas las labores de alimentación y vigilancia fueron ejecutadas por los miembros de la cooperativa, mientras que las biometrías, toma de parámetros, programación de tareas de limpieza, mantenimiento de equipo de flotación y remiendo de jaulas, además del análisis de resultados, fueron realizadas por el personal del LCM-UAG.

Los resultados de crecimiento en los peces se evaluaron como sigue:

Crecimiento específico, $CE = (\ln Pf - \ln Pi)/t \times 100$ (% ganancia en peso por día), donde: \ln = logaritmo natural; Pf = peso final (g); Pi = peso inicial (g); t = tiempo de cultivo (d) (Hiensbroek, 1990). Conversión alimenticia, $CA =$ alimento consumido (g)/ganancia en peso (g), (Cruz *et al.*, 1990). Sobrevivencia, $S =$ (No. final de animales/No. inicial de animales) $\times 100$, Cruz *et al.*, 1990). Eficiencia en la conversión de alimento, $ECA =$ ganancia en peso (g)/alimento consumido (g), (Hiensbroek, 1990). El crecimiento fue evaluado con una prueba t de Student a un nivel de probabilidad de 95%. Se reportaron únicamente los valores promedio para cada factor de crecimiento evaluado (Reyes, 1982).

Para establecer rutinas de trabajo, se realizó una encuesta con la finalidad de conocer el número de familias que dependían del embalse como lugar de subsistencia total o parcial, así como de los integrantes activos de la cooperativa. La mayoría de las viviendas de los habitantes en Las Guásimas, combinan acabados de material moderno con espacios construidos por medio de la incorporación de materiales locales como hojas de palma y madera de mangle. Pequeños corrales con animales de campo como gallinas, borregos, chivos y cerdos, complementan la fachada de algunas de las casas, y todas las calles están trazadas sobre terracería sin planeación alguna. Los niños y jóvenes que estudian deben recorrer casi 10 kilómetros para tener acceso a educación primaria y secundaria, aunque no todos acuden a la escuela. Varios de ellos se incorporan a las tareas de pizca en áreas agrícolas de plátano, coco, jitomate y chile, entre algunos de los cultivos que siembran. Las mujeres están mayormente dedicadas a las labores del hogar.

Durante el trabajo en el embalse, algunos familiares, esposas e hijos, apoyaron ocasionalmente con las tareas de alimentación, movimiento de jaulas al punto de venta y procesamiento (descamado y extracción de vísceras de animales) de los peces al momento de la compra, lo que refuerza la posibilidad de que puedan incorporarse por

completo a las actividades productivas desde el inicio de futuros cultivos. De un total de 25 miembros de la cooperativa debidamente registrados, 12 de ellos mostraron participación activa desde la colocación de los sistemas de flotación, anclaje y producción, hasta la cosecha y venta del producto.

El cuadro 1 muestra los valores promedio de los parámetros físicos y químicos obtenidos de los diversos muestreos durante la engorda de los peces en Las Guásimas.

Cuadro 1. Parámetros del agua de cultivo en el proyecto experimental de cultivo de tilapia en jaulas realizado en el embalse de Las Guásimas.

<i>Parámetros</i>	<i>Marzo 09</i>	<i>Marzo 23</i>	<i>Abril 12</i>	<i>Mayo 04</i>
Temperatura (°C)	26.7/25.8*	26.3	25.6/25.1	27.3
Oxígeno disuelto (mg/l)	5.07/5.01	5.46/4.25	4.68/4.17	5.01
pH	7.7/7.6	7.7	7.7/7.7	7.7
Salinidad (g/l)^a			5	5
Sólidos suspendidos (mg/l)			0	0

*En los valores que presentan diagonal, los de la izquierda indican el parámetro tomado en el agua fuera de la jaula y los de la derecha, aquellos que se registraron dentro de las jaulas, ya que las condiciones en ambos sitios puede variar por obstrucciones en la red (Beveridge, 1987).

^aDebido a la cercanía del embalse con el mar, se detectó cierta concentración de salinidad, por lo que fue registrada.

La temperatura registró un valor promedio de $26.13 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$, mientras que el oxígeno disuelto no disminuyó de 4.25 en el tiempo experimental. El pH se mantuvo estable cercano al valor de siete unidades. Desde el primer muestreo de salinidad, se obtuvo una concentración de cinco gramos de sal por litro en el agua. No se registraron sólidos suspendidos los días de muestreo.

El cuadro 2 muestra el crecimiento promedio registrado por lo peces cultivados (machos y hembras) en jaulas durante el tiempo experimental.

Cuadro 2. Peso promedio final por sexo (g) de los peces cultivados en jaulas.*

	Machos	Hembras
Marzo 2	92.53 ^{b**}	68.47 ^a
Marzo 23	112 ^b	77.65 ^a
Abril 12	139 ^b	83.77 ^a
Mayo 4	196.34 ^b	108.73 ^a

*El peso inicial promedio para todos fue de 60.73 g, los cuales se sembraron el 19 de febrero.

**Por fecha, valores diferentes indican diferencias significativas a 95% de probabilidad.

Las tilapias de las jaulas donde se sembraron machos presentaron un crecimiento de 1.67 g/ día, mientras que para las hembras fue de 0.60 g/día. El CE fue de 1.45% y 0.72% de ganancia en peso corporal por día para machos y hembras, respectivamente. La sobrevivencia final fue de 90% en los dos casos. La conversión alimenticia para los machos y hembras de tilapia fue de 1.14 y 1.78, para una eficiencia en la conversión del alimento de 87.5 y 60%, respectivamente.

De las jaulas de machos se cosecharon 90 kilos, mientras que de las hembras se extrajeron 49 kilos. Los peces fueron vendidos a \$40.00 pesos por kilo, por lo que la venta generó una ganancia bruta de \$5,560 pesos. Aunque las jaulas fueron donadas a la cooperativa, es necesario establecer su costo individual (\$800.00 pesos) para estimar la ganancia neta considerando todos los gastos realizados. Por otro lado, se utilizaron siete costales de alimento (25 kilos) con un costo de \$190.00 pesos cada uno, y 30 litros de gasolina (\$250.00 pesos) para los motores de las lanchas en todo el ciclo de producción. Para las labores diarias, turnos de dos integrantes de la cooperativa se hacían cargo de las labores de alimentación y vigilancia por semana, lo cual se tradujo en un egreso de \$170.00 pesos al día por concepto de sueldo.

Se pretendió realizar un segundo ciclo de producción que diera comienzo a mediados de año, sembrando 12 jaulas de tilapia con un peso promedio inicial de 25 g; sin embargo, el acrecentado caudal del río Marabasco una vez que comenzó la época de lluvias, provocó la ruptura del dique natural, y las ramificaciones del río, incluyendo el embalse de cultivo, perdieron profundidad alterando e impidiendo las condiciones adecuadas para la producción de tilapia en jaulas.

Propuesta de trabajo para establecer estrategias de optimización en la producción de tilapia de Las Guásimas, Jalisco

Antes de implementar alguna actividad acuícola de producción en áreas rurales, es importante considerar factores sociales, de cultura local, religiosos, gastronómicos, preferenciales, además de aspectos climáticos, físicos y químicos del mismo embalse donde se pretende realizar el cultivo, a fin de asegurar su aceptación y éxito (Parker, 1995), lo cual es inherente a la selección del sitio de cultivo.

En este caso, el embalse de "Las Guásimas" presentó algunas de las características básicas para ser considerada como un lugar con potencial acuícola, ya que la combinación de una profundidad media mayor de 9 metros en el sitio seleccionado, junto con corrientes leves que se mueven en dicha vertiente, fueron puntos básicos muy importantes en el cultivo de organismos acuáticos usando jaulas como unidades de producción. De acuerdo a Beveridge (1987), la presencia de corrientes y el registro de una profundidad adecuada no favorecen la acumulación de desechos debajo de las unidades de producción, evitando así problemas de anoxia y surgimiento de patógenos en esas

áreas de acumulación de materia orgánica, lo cual coincidió con las características observadas en el sitio de cultivo utilizado. Gran parte de la decisión para localizar el espacio ideal de cultivo en un cuerpo de agua que ha sido concesionado, como en la presente situación, se concreta mayormente en el conocimiento adquirido por los pescadores, apoyado por la opinión y experiencia del asesor o académico; pero es importante destacar que dicha relación laboral debe establecer un estrecho vínculo de comunicación y entendimiento —en el lenguaje que se requiera— a fin de lograr acuerdos en tiempo razonable y lógico, lo cual, si no se conjuga, llega a convertirse eventualmente en un impedimento de rechazo inmediato, truncando las intenciones.

La turbidez provocada por arcillas o material inorgánico en suspensión puede ocasionar asfixia en los peces cultivados en cuerpo de agua naturales, por oclusión de las agallas (Rodríguez-González y García-Ulloa, 2009). Durante los meses de engorda del presente ensayo, no se registró turbidez en el agua causada por humus o sólidos suspendidos, sino por algas microscópicas, las cuales favorecieron el ambiente de las jaulas y, al mismo tiempo, fueron consumidas por las tilapias (Trewavas, 1983), lo cual se comprobó el día de la cosecha en que algunos peces fueron eviscerados y en cuyos intestinos se pudieron observar desechos de origen vegetal. No se apuntó la presencia de plantas flotantes en exceso, ni de vasculares superiores que influyeran negativamente la operatividad del cultivo. Uno de los principales problemas que, según los lugareños era de consideración, consistía en la posible aparición de caimanes (*Crocodylus acutus*) —habitantes habituales del lugar— que pudieran destruir las jaulas; sin embargo, no se registraron ataques de reptiles a las unidades de engorda desde la siembra hasta la cosecha.

Los valores de parámetros físicos y químicos obtenidos se encontraron dentro del rango para el adecuado crecimiento de la especie (Trewavas, 1983); no obstante, la ganancia en gramos diaria para machos y hembras es bajo comparado con otros trabajos (García-Ulloa *et al.*, 1997; García-Ulloa *et al.*, 2001; García-Ulloa, 2004), lo cual se pudiera deber a las diferencias en las condiciones de cultivo, la alimentación y el manejo. Se observó que las primeras semanas de cultivo, por ejemplo, la temperatura del agua se encontraba alrededor de los 25°C, y aumentó en las semanas posteriores. Asimismo, la ganancia en peso de los animales presentó un incremento con el tiempo de cultivo, sugiriendo que gradientes cercanos a 28°C serían recomendables para el mejor crecimiento de los peces; sin embargo, realizando un cultivo abierto, como el caso del presente trabajo, tanto la temperatura del agua como el resto de los parámetros físicos y químicos forman parte de una dinámica natural que difícilmente puede controlarse. El crecimiento de las tilapias fue aceptable para el mercado local, ya que los animales alcanzaron una talla comercial promedio mayor a 160 g, lo cual fue corroborado con la entrega de venta total en una sola exhibición. Debido a que su venta estuvo

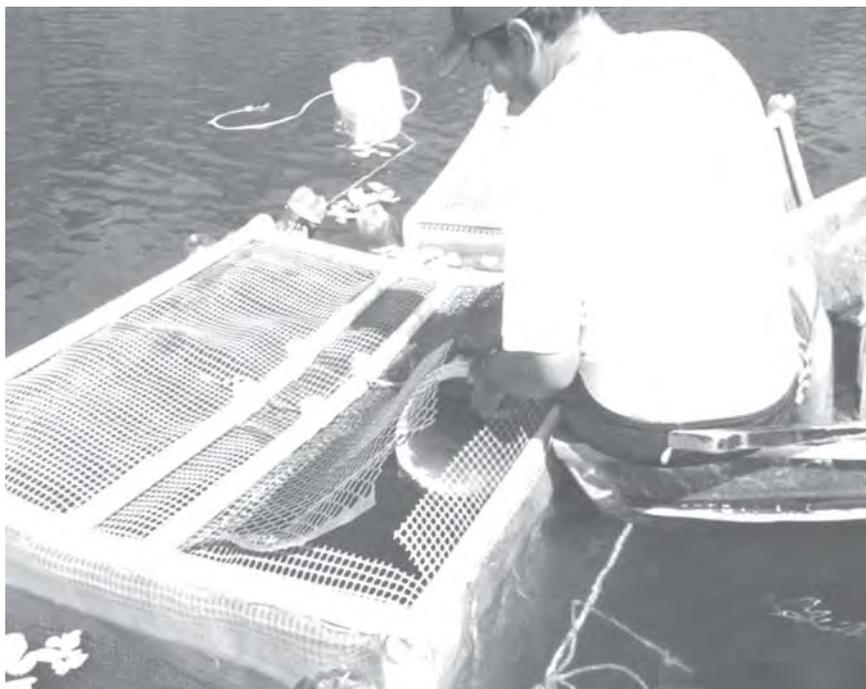
condicionada a la temporada de semana santa, dicho aspecto no permitió a los animales prolongar su engorda —por la demanda inmediata de parte de los lugareños— para lograr tallas más grandes. De hecho, el tiempo de cultivo fue corto (menos de tres meses), lo que sugiere que una mayor permanencia de los peces en las jaulas, redituaría mayor producción en biomasa. Para este embalse de Las Guásimas, es importante establecer estrategias operativas para optimizar su producción, como es el hecho de mantener los animales en sus jaulas por mayor tiempo, ya que permitiría la cosecha de organismos de más de 250 g de peso individual; y por otro lado, trabajar con tilapias que toda su población inicial fuera de machos revertidos sexualmente, ya que crecen más rápido, homogéneos en talla y más grandes que las hembras (Rodríguez-González y García-Ulloa, 2009).

Como parte de las observaciones derivadas del manejo continuo, se detectó que durante las primeras dos semanas de cultivo, algunos peces presentaban lesiones en los bordes externos de la boca, mismas que eran provocadas porque las tilapias se alimentaban de poliquetos calcáreos adheridos al plástico de las jaulas, sugiriendo, en primera instancia, una posible filtración de agua marina hacia el embalse en la concentración suficiente como para promover la aparición y crecimiento de estos gusanos, lo cual se confirmó con la concentración de salinidad encontrada en el agua; y en segundo lugar, el hecho de que los peces se alimentaran de los gusanos sugirió que la ración alimenticia debiera ser aumentada, ya que aparentemente no era la suficiente para saciarlos. Sin embargo, dicha falta de alimento fue solucionada, en cierta medida, con la colocación de una franja de 10 centímetros de malla mosquitero en la parte superior de las jaulas para evitar que el alimento flotante saliera de las mismas, movido a la deriva por el viento. Además, la productividad natural del embalse proveyó de comida a los peces, dejando al alimento balanceado como un complemento alimenticio de ajuste por observación del consumo. Es una máxima repetida continuamente que el ajuste de la ración alimenticia es un aspecto de gran importancia para evitar gastos innecesarios por concepto de alimentación (García-Ulloa, 2004). De lo anterior radicó la relevancia de permanecer atentos al comportamiento de los animales durante la alimentación arrojando la comida sobre las jaulas, rutina que fue detallada, establecida y supervisada para y por los miembros de la cooperativa (figura 2).

Con relación a la baja salinidad registrada a lo profundo de la columna de agua dentro de las jaulas, es importante recalcar la versatilidad de la tilapia para ser cultivada en ambientes diferentes al agua dulce con resultados de producción comparables o hasta mejores (Watanabe *et al.*, 1990). Aunque los resultados obtenidos con *O. mossambicus* son aceptables (García-Ulloa *et al.*, 2001), el registro de 5 g/l de sal en la concentración del agua de cultivo, sugiere la utilización de algún híbrido de esta especie para el mejor aprovechamiento de la energía incluida en el alimento que promueva

su óptima respuesta en el crecimiento (García-Ulloa, 1999). Por otro lado, la intensa demanda de agua dulce proveniente de ríos, lagos, lagunas y precipitación pluvial para solventar las necesidades domésticas, agrícolas e industriales, limita la expansión de organismos acuáticos, principalmente en áreas tropicales y semitropicales. Esto fuerza a la acuicultura que se desarrolla en agua dulce a buscar otras alternativas de producción, como el cultivo de peces marinos, cuya tecnología es muy sofisticada, cara (Person-LeRuyet, 1990) y poco practicada en nuestro país. De hecho, es posible encontrar sólo esporádicos esfuerzos en el cultivo de peces marinos que están enfocados a trabajos de laboratorio, los cuales han sido difundidos en foros como congresos y simposios (Anguas-Velez *et al.*, 1998; Peña-Martínez y Dumas, 1998; Roldan-Libenson *et al.*, 1998). Una opción en la actividad la representa el cultivo de peces de agua dulce tolerantes al medio acuático con media y alta concentración de salinidad, lo cual atenúa de por sí, el conflicto por el uso del recurso “agua dulce”.

Figura 2. Personal de la cooperativa pesquera de Las Guásimas realizando labores de rutina en las jaulas.



Tal práctica puede realizarse en cuerpos de agua salobre como esteros o lagunas litorales, e inclusive, en el medio ambiente marino mismo (García-Ulloa *et al.*, 1997). Sin embargo, son pocos los animales del medio ambiente dulceacuícola que son capaces de soportar traslados a dichos ecosistemas, en los que la salinidad marca una severa limitante para desarrollar sus actividades fisiológicas normales.

Debido a su origen filogenético (Trewavas, 1983) y a sus características eurihialinas, algunas especies y cepas de tilapia como *Oreochromis spilurus* (Al-Ahmad *et al.*, 1988), *Cichlasoma urophthalmus* (Martínez-Palacios *et al.*, 1990), *Tilapia aurea* (McGeachin *et al.*, 1987) y cruza entre *O. urolepis hornorum* X *O. mossambicus* (Watanabe *et al.*, 1990), han demostrado ser adaptables a ecosistemas salobres y salinos. Debido a la importancia del grupo de los cíclidos en la nutrición humana (Bardach *et al.*, 1986) y al impresionante crecimiento en el cultivo y demanda de estos peces en el mundo, es necesario el estudio específico de su capacidad de crecimiento en dichos lugares para determinar su verdadero potencial.

En México, son pocos los trabajos comerciales realizados con cepas puras e híbridos de tilapia en ambientes salobres o salados. Desde 1996, personal del LCM-UAG, inició un programa de investigación para evaluar tanto la adaptación como el crecimiento a ambientes salobres y marinos, de dos especies puras (*O. niloticus* y *O. aureus*) y un híbrido (*O. mossambicus* X *O. niloticus*) bajo condiciones de laboratorio y de campo. Resultados parciales han sido publicados y difundidos en diferentes foros, periódicos y revistas científicas (García-Ulloa *et al.*, 1997; Martínez *et al.*, 1998; Villa *et al.*, 1998; García-Ulloa, 1999), y ya se han realizado pruebas de campo que arrojaron resultados muy alentadores, mismos que representaron uno de los principales móviles técnicos para realizar el presente proyecto de producción (García-Ulloa *et al.*, 2001). Específicamente, tanto la especie usada en este trabajo como la salinidad registrada en el embalse, no fueron impedimentos para que los peces crecieran, confirmando lo anterior.

Y al igual que para la elección del lugar de cultivo, las decisiones de organización y operativas deben ser tomadas en conjunto, ponderando todos los aspectos y opiniones posibles. En el caso de los factores sociales, gran parte de la decisión para involucrarse con la problemática de la comunidad en la localidad, nació de la propia necesidad por parte de esta población formada por cerca de 100 familias, que por estar asentada en los márgenes de algunas ramificaciones del río Marabasco, dependen en gran medida de su explotación no sólo respecto a la generación de empleos en la pesca, sino al consumo directo de los animales que extraen, y a la venta de excedentes en el mercado local. Edwards *et al.* (2002) mencionaron que aún existe un debate sin esclarecerse respecto a la veracidad con que las comunidades en pobreza pueden adoptar la acuicultura como una actividad productiva y de sustentabilidad complementaria

a la agricultura, debido a que las tecnologías utilizadas por grandes empresas acuícolas son poco adaptadas a las condiciones limitadas de la región, obstaculizando, por ende, el entusiasmo de los posibles involucrados y beneficiados (Gupta *et al.*, 2002).

Lo anterior difiere a lo realizado en el presente caso de estudio, pues la iniciativa de su realización fue tomada por los propios integrantes de la cooperativa pesquera local, que por falta de oportunidades para su crecimiento económico, solicitaron la ayuda del centro de investigación a fin de desarrollar actividades acuícolas que no los obligaran a abandonar sus hogares, ni su localidad de subsistencia. De esta manera, se estableció el objetivo de probar tanto las condiciones del lugar, la especie y la capacidad de respuesta de parte de la organización de pescadores, con los recursos que de forma casual, se contaban en el LCM, los cuales tanto jaulas como animales, se otorgaron a manera de donación afectando, por consecuencia, el balance económico positivo, como se discutirá más adelante.

Las condiciones de cultivo —al igual que la ganancia en peso de los animales cosechados— demuestran la factibilidad de su producción, aunque es necesaria la evaluación económica más en detalle de los gastos con relación a la ganancia (figura 3).

Considerando todos los datos de ingresos y egresos vertidos anteriormente, la ganancia neta arrojaría números rojos al término del primer ciclo; sin embargo, serían necesarias otras estrategias de producción en busca de beneficios comunes a todas las partes involucradas en el proyecto, como el aumento en la densidad de siembra, el uso de animales revertidos sexualmente e híbridos resistentes a la salinidad, alargar el tiempo de cultivo, procurar dos ciclos de engorda por año, construir jaulas con materiales de la región (más baratos), incorporar a niños, jóvenes y mujeres en las labores, más ciclos de producción para ajustar la cantidad de alimento a ser distribuida de acuerdo a la edad de los animales a lo largo de periodos de engorda más prolongados; y, por supuesto, buscar el apoyo de instituciones privadas o del gobierno que aporten recursos económicos manteniendo el vínculo con el sector de investigación para complementar la actividad, hasta la absoluta y entera sustentabilidad económica de la comunidad con el permanente cultivo de tilapias en jaulas.

Figura 3. Venta *in situ* de tilapia cultivada en jaulas por la cooperativa de Las Guásimas, Jalisco.



Si bien los resultados de producción fueron aceptables, pueden mejorarse mediante la siembra de animales juveniles —revertidos sexualmente por hormonas, por ejemplo— que sean mantenidos mayor tiempo en cultivo. Sin embargo, es necesario recordar que como parte del objetivo principal del presente estudio, se pretendió establecer los cimientos para una práctica alternativa de manera didáctica, en el campo y adaptada a las necesidades de la comunidad que demandó la posibilidad de vinculación entre ellos y el LCM-UAG, a fin de conocer y realizar dicha experiencia productiva. Además, era importante adquirir el conocimiento acerca del comportamiento básico del embalse utilizado como encierro de cultivo, de lo cual se derivó que solamente el primer semestre del año y finales del segundo, es la temporada ideal para sembrar y cosechar; fuera de ese tiempo anual, se corre el riesgo de perder la producción —y hasta el equipo— ya que el embalse se abre al mar por las corrientes originadas durante el temporal de lluvias. Lo anterior fue corroborado con la siembra y pérdida de 300 juveniles de *Oreochromis niloticus* que fueron sembrados al final del ciclo productivo descrito. La primera lluvia provocó el arrastre de sedimentos acumulados en el fondo del embalse durante todo el año, causando asfixia a todos los animales en pocos días.

Más allá de los resultados de producción, el proyecto ofreció la posibilidad real de aprovechar las bondades temporales del embalse en diferentes rubros sociales y educa-

tivos de la comunidad participante. El acelerado crecimiento poblacional en las regiones costeras de Jalisco ha desencadenado problemas de tipo social que se canalizan principalmente en la falta de empleos. Una de las principales actividades productivas de la región es la pesca comercial a la que, por tradición, se dedica un gran porcentaje de la población. Sin embargo, los volúmenes de captura y las tallas promedio de los animales son cada vez menores, lo que pudiera indicar niveles de explotación por encima de lo que las especies comerciales pueden soportar; y apunta también hacia un incremento en la cantidad de personal involucradas en esta actividad. Lo anterior, junto con la temporada anual de huracanes y tormentas que obligan a los pescadores a permanecer en tierra, desencadena en cierta inestabilidad económica familiar, obligando —al mismo tiempo— que los integrantes de la familia deban dedicarse a otras labores que no desempeñan con la misma calidad por la falta de conocimiento. Por lo tanto, es de gran importancia crear nuevas fuentes de empleo o actividades productivas afines a la pesca, que permitan ofrecer mejores posibilidades de vida a los lugareños.

Se pretendió, principalmente, que a través del presente proyecto, se lograra la capacitación del personal de la cooperativa pesquera en la práctica del cultivo de tilapia —especie de fácil cultivo y de enorme aporte nutricional para la comunidad— en jaulas, en un embalse con cierta fluctuación en cuanto a la concentración de su salinidad por la influencia del mar; es decir, de agua salobre, como una alternativa de producción sustentable —vinculados al sector académico como apoyo técnico y logístico durante su proceso operativo—, obedeciendo a las necesidades del cultivo en todo el tiempo que implicó la labor. Cabe destacar que de los 12 miembros de la cooperativa que de inicio firmaron una carta de responsabilidad para trabajar, siete de ellos terminaron con el ciclo productivo demostrando el interés —y orillados por la necesidad de obtener producto del cuerpo de agua del que dependen— en repetir y mantener un programa de trabajo como el descrito. De hecho, actualmente lograron obtener apoyo del gobierno para construir tanques de geo-membrana en terrenos aledaños a la ribera del embalse en los cuales cultivan tilapia en sistemas intensivos, proyecto que apenas inicia.

Si fuera el caso de utilizar nuevamente los beneficios del embalse y de acuerdo a la experiencia descrita, el proyecto sería dividido en dos fases: pre-engorda bajo condiciones de laboratorio, y engorda en el medio natural, ambas con beneficios en la acumulación de conocimiento científico y transferencia de tecnología de manera inmediata; y, al mismo tiempo, con la aplicación *in situ* de dicha tecnología productiva con bienes directos a la comunidad rural de la cooperativa pesquera.

Recomendaciones

Con el objetivo de mejorar el sistema y tecnología propuesta, es importante revisar algunas recomendaciones para el próximo ensayo, derivadas de los resultados generales del presente trabajo:

1. Organizar un taller teórico-práctico para el personal de la cooperativa pesquera interesada para la transferencia de información sobre el cultivo de la tilapia en agua salobre usando jaulas.
2. Determinar la factibilidad del cultivo de un híbrido de tilapia (*O. mossambicus* X *O. niloticus*) apto para crecer en ambientes salobres, en los sitios de producción de la cooperativa, por medio de índices biológicos como: crecimiento corporal (longitud y peso), sobrevivencia y producción de biomasa.
3. Debido a la gran extensión del embalse concesionado, es necesario localizar las áreas más apropiadas en los lugares de explotación de la cooperativa para la colocación de las unidades experimentales.
4. Establecer la(s) temporada(s) más apropiada(s) del año para el cultivo de tilapia en jaulas en cada área.
5. Continuar con la evaluación científica de los resultados obtenidos al final del programa con el objetivo de asentar las bases del cultivo en el embalse.
6. Transferir la tecnología de producción no sólo a foros de exposición sino a otras comunidades rurales con potencial acuícola.
7. Promover la alternativa de trabajo primeramente a la cooperativa involucrada, como prototipo para las demás cooperativas de la región.
8. Considerar la incorporación activa de jóvenes, mujeres y niños en la labor de producción, contribuyendo así, en la generación de empleos y estabilidad social.

Para lograr dichos objetivos se contempla: continuar con la capacitación al personal de la cooperativa en el cultivo de tilapia en jaulas en agua salobre, colocar las unidades de producción en las áreas seleccionadas, elaborar un manual de cultivo en jaulas con las condiciones de la región, lograr que el personal de la cooperativa participante termine el taller, determinar el potencial de producción de las unidades experimentales con respecto a las condiciones del lugar, e involucrar a estudiantes de licenciatura y postgrado en las actividades productivas para la obtención de su título correspondiente, mediante la elaboración de sus trabajos de tesis.

Sin embargo, un aspecto importante para lograr el éxito en el inicio, continuación y propagación del proyecto, se basa en la posibilidad de que parte, sólo una parte proporcional del presupuesto anual que el gobierno destina al sector agropecuario o de instituciones privadas de investigación —como fundaciones nacionales e internacionales de apoyo al tercer mundo—, sea designado atinadamente a su planeación y realiza-

ción a mediano y largo plazo, sin cortapisas y con el seguimiento necesario a fin de que los recursos sean bien aprovechados, con la mayor de las voluntades posibles, enfocada en la planificación de un programa de apoyo a mediano plazo, con el propósito de dejar encaminada a la cooperativa en su alternativa productiva, elevando su nivel de vida y ofreciendo fuentes de trabajo sin importar género, ni edad.

El presente es sólo el comienzo de un intento en la comunidad pesquera de Las Guásimas, en el que la voluntad por parte de los pescadores, profesores y técnicos involucrados, rindió buenos frutos a la altura de la inversión, habiendo sembrado la semilla que urge por germinar mediante presupuestos de diverso origen.

Conclusiones

En 81 días de trabajo, se concluyó con un ciclo de engorda de tilapia cultivada en jaulas dentro del embalse concesionado por la comunidad pesquera de Las Guásimas, en la costa sur de Jalisco. El producto cosechado fue demandado en su totalidad por las familias de la misma comunidad. No se presentaron problemas operativos originados por el sitio de cultivo, ni por los participantes de la cooperativa, quienes concretaron su esfuerzo hasta el final del ciclo productivo. Se estableció una rutina de trabajo alternativo a la pesca. El vértigo de la inercia laboral sembrada se presenta como una buena oportunidad de programar el cultivo anualmente con ayuda económica en base a recursos de iniciativa privada y/o pública.

Literatura citada

- Al-Ahmad, T. A.; Ridha, M. and Al-Ahmed, A. A. 1988. *Production of the tilapia Oreochromis spilurus in seawater*. Aquaculture, 73: 111-118.
- Anguas-Vélez, B. H.; Civera-Cerecedo R.; Contreras-Olguin, R.; Rueda-Jasso, R. A. y Guillaume, J. 1998. *Crecimiento y sobrevivencia de larvas de cabrilla arenera Paralabrax maculatofasciatus alimentadas con una dieta de iniciación*. IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Nov. 15-18, 1998. La Paz, B. C. S., México.
- AP, 2006. *Decenas de millones de estadounidenses pasan hambre*. Associated Press, Tomado de Granma 16/11/06. Cuba.
- Bardach, J. E.; Rugher, J. H. y McLarney, W. O. 1986. *Acuacultura, crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce*. AGT Editor, S. A., México, D. F., 868 pp.
- Beveridge, M. 1987. *Cage aquaculture*. Fishing News Books, Blackwell Scientific Publications Ltd, Oxford, UK, 351 pp.
- Cruz, E. M.; Ridha, M. and Abdullah, M. S. 1990. *Production of the African freshwater tilapia Oreochromis spilurus (Gunther) in seawater*. Aquaculture, 84: 41-48.
- El Universal. 2009. *Reducen presupuesto de Sagarpa para 2009*. En: www.imagenagropecuaria.com/articulos.php?id_art=530&cid_sec=12 (Consultado el 16 de junio de 2009).
- Edwards, P.; Little, D. C. and Demaine, H. 2002. *Issues in rural aquaculture*. In: Rural aquaculture. Edwards, P.; Little, D. C.; Demaine, H. CABI Publishing, Oxon, UK. Pp. 323-340.

- FAO, 2007. *The status of world fisheries and aquaculture 2006*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Electronic Publishing Policy and Support Branch, Communication Division. Rome, Italy, 180 pp.
- FONDEPESCA, 1984. *Modelo mexicano de policultivo. Una alternativa de desarrollo rural*. Secretaría de Pesca, Dirección General de Acuicultura, México, 105 pp.
- Funes-Aguilar, F. y Monzote, M. 2006. *Sistemas agroecológicos y su papel en los países del Tercer Mundo*. Avances en Investigación Agropecuaria, 10: 5-27.
- García, A. y Mahiques, A. 2006. *Cumbre Mundial de Alimentación: 10 años después, el hambre persiste*. Acción contra el hambre. ACF Internacional Network.
- García-Ulloa, G. M.; Llauger, G. O.; Contreras, P. E. y Costero, G. M. C. 1997. *Crecimiento de juveniles de tilapia Oreochromis niloticus bajo condiciones experimentales de cultivo a diferentes concentraciones de salinidad*. Avances en Investigación Agropecuaria, 6: 6-12.
- García-Ulloa, G. M. 1999. *Cultivo experimental de tilapia en agua salada*. Panorama Acuícola, 4:21.
- García-Ulloa, G. M.; Villa, S. R. and Martínez, C. T. M. 2001. *Growth and feed utilization of the tilapia hybrid Oreochromis mossambicus X O. niloticus cultured at different salinities under controlled laboratory conditions*. Journal of the world Aquaculture Society, 32 (1):117-121.
- García-Ulloa, G. M. 2004. *Efecto de la ración alimenticia en el crecimiento de juveniles de tilapia Oreochromis aureus (Steindachner) bajo condiciones experimentales de cultivo*. Avances en Investigación Agropecuaria, 8 (1):55-62.
- Guerrero III, R. D. 1998. *Freshwater cage farming of tilapia in the Philippines*. Aquaculture Asia, 21:44-45.
- Gupta, M. V.; Sollows, J. D.; Mazid, M. A.; Rahnam, A.; Hussain, M. G. and Dey, M. M. 2002. *Economics and adoption patterns of integrated rice-fish farming in Bangladesh*. In: Rural aquaculture. Edwards, P.; Little, D. C.; Demaine, H. CABI Publishing, Oxon, UK. Pp 41-53.
- Heinsbroek, L. T. H. 1990. *Growth and feeding of fish*. Integration course: Fish Culture, Department of Fish Culture and Fisheries, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 93 pp.
- Lebel, L.; Hoang, N.; Saengnoee, A.; Pasong, S.; Buatama, U. and Thoa, L. K. 2002. *Industrial transformation and shrimp aquaculture in Thailand and Vietnam: Pathways to ecological, social, and economic sustainability?* Ambio, 31: 311-323.
- McAndrew, K. I.; Bruguere, C.; Beveridge, M. C. M.; Ireland, M. J.; Roy, T. K. and Yesmin, K. 2002. *Improved management of small-scale tropical cage culture system in Bangladesh: Potential benefits of an alliance between an NGO and a western research institute*. In: Rural aquaculture. Edwards, P.; Little, D. C.; Demaine, H. CABI Publishing, Oxon, UK. Pp. 129-141.
- McGeachin, R. B.; Wicklund, R. I.; Olla, B. L. and Winton, J. R. 1987. *Growth of Tilapia aurea in seawater cages*. Journal of the World Aquaculture Society, 18: 31-34.
- Martínez, C. T. M.; García-Ulloa, G. M. y Ogura, F. T. 1998. *Tolerancia y aclimatación de un híbrido de tilapia (Oreochromis mossambicus X O. niloticus) a condiciones de agua salobre y marina*. Congreso de Investigación UAG'98. Universidad Autónoma de Guadalajara, Jalisco, México, noviembre, 1998.
- Martínez-Palacios, C. A.; Ross, L. G. and Rosado-Vallado, M. 1990. *The effects of salinity on survival and growth of juvenile Cichlasoma utophthalmus*. Aquaculture, 91:65-75.
- Munzir, A. and Heidhues, F. 2002. *Towards sustainable development of floating net cage culture for income security in rural Indonesia: a case study of common carp production at Lake Maninjau, Indonesia*. In: Rural aquaculture. Edwards, P.; Little, D. C.; Demaine, H. CABI Publishing, Oxon, UK. Pp. 143-153.
- Pant, J. Demaine, H. and Edwards, P. 2004. *Assessment of the aquaculture subsystem in integrated agriculture-aquaculture systems in Northeast Thailand*. Aquaculture Research, 35:289-298.
- Parker, R. 1995. *Aquaculture science*. Delmar Publishers, Albano, New Cork, USA, 660 pp.

- Peña-Martínez, R. y Dumas, S. 1998. *Desarrollo ontogénico del tubo digestivo de larvas de la cabrilla arenera Paralabrax maculatofasciatus (Steindachner, 1868)*. IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Nov. 15-19, 1998. La Paz, B. C. S., México.
- Person-LeRuyet, L. 1990. *Sole and turbot culture*. In: Aquaculture, Vol. 2, Barnabé, G. (Ed.) Ellis Horwood, London, England, pp. 687-727.
- Pretty, J. and Hine, R. 2001. *Feeding the world with sustainable agriculture. A summary of new evidence*. Conference "Reducing poverty through sustainable agriculture". London, UK.
- Rakocy, J. 2006. *Q and A*. Aquaponics Journal, 40:8-11.
- Reyes, C. P. 1982. *Bioestadística Aplicada*. 1ª Ed., Ed. Trillas, México, D. F., 217 pp.
- Rodríguez-González, H. y García-Ulloa, G. M. 2009. *Producción de tilapia en invierno en el norte de Sinaloa. Una guía práctica para productores*. Colección Resultados de Proyectos. Fundación Produce Sinaloa, A. C., SAGARPA, Gobierno del Estado de Sinaloa. 35 pp.
- Roldan-Libenson, G.; Molina-Camacho, E.; Cáceres-Martínez, C. y Civera-Cerecedo, R. 1998. *Uso del aceite de langostilla como enriquecedor de rotíferos: Efectos sobre el crecimiento y sobrevivencia de larvas de cabrilla (Paralabrax maculatofasciatus)*. IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Nov. 15-18, 1998. La Paz, B. C. S., México.
- Ruiz-Vargas, B. 2009. *La pobreza desde la perspectiva de los estudios de migración. El Bordo, Retos de Frontera*. http://www.tij.uia.mx/elbordo/vol01/bordo1_pobre5.html (Consultada el 10 de mayo de 2009).
- Suresh, A. V. and Lin, C. K. 1992. *Tilapia culture in saline waters: a review*. Aquaculture, 106:201-226.
- Thorpe, A. and Bennett, E. 2001. *Globalization and the sustentability of world fisheries: A view from Latin America*. Marine Resources Economics, 16:143-164.
- Trewavas, E. 1983. *Tilapine fishes of the genera Sarotherodon, Oreochromis and Danakilia*. British Museum of Natural History, London, UK, 583 pp.
- Villa, S. R.; Martínez, C. T. y García-Ulloa, G. M. 1998. *Evaluación del crecimiento, conversión alimenticia y eficiencia del aprovechamiento del alimento de juveniles de un híbrido de tilapia (Oreochromis mossambicus-hembra, Peters, 1852 X O. Niloticus-macho-Linnaeus, 1758) en diferentes salinidades*. Congreso de Investigación UAG'98, Universidad Autónoma de Guadalajara, Jalisco, México, noviembre 1998.
- Watanabe, W. O.; Clark, J. H.; Dunham, J. B.; Wicklinud, R. I. and Olla, B. L. 1990. *Culture of Florida red tilapia in marine cages: the effect of stocking density and dietary protein on growth*. Aquaculture, 90:123-134.

Recibido: Junio 29, 2009

Aceptado: Agosto 3, 2010

Índice normalizado de vegetación en caña de azúcar en la Huasteca Potosina

Sugarcane NDVI from Huasteca Potosina

Aguilar, N.;* Galindo, G.; Fortanelli, J. y Contreras, C.

Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Av. Sierra Leona No. 550, Col. Lomas 2a. Sección. San Luis Potosí, S. L. P. (C.P. 78210)

*Correspondencia: noe.aguilar@uaslp.mx

Resumen

La aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y las técnicas de Percepción Remota (PR) han sido ampliamente investigadas como método para identificar y evaluar el cultivo de caña de azúcar. El objetivo del presente estudio fue estimar y mapear el área bajo el cultivo de caña y evaluar su estado de salud mediante el algoritmo NDVI (Índice Normalizado de Vegetación), derivado del procesamiento e interpretación de imágenes Landsat-7/ETM+. Los resultados mostraron un NDVI en el rango de -0.3 a 0.3, que ejemplifica un estado de vigor del cultivo de caña de pobre a moderado debido al estrés. Solamente el 7.98% del total se considera en niveles aceptables. El Índice Normalizado de Vegetación fue un método útil en la identificación y evaluación del cultivo de caña. La agroindustria de la caña de azúcar de la Huasteca puede incrementar su productividad en el futuro mediante el uso de nuevos sistemas de manejo del cultivo y el ambiente para optimizar recursos e incrementar ganancias.

Abstract

Sugar cane management, remote sensing monitoring (RS) and geographical information systems (GIS) have been used by several researchers as potential methods for the identification and evaluation of the canopy in sugarcane crops. The goal of the present work was to map and estimate sugarcane crop area and to assess the condition of crop health at "La Huasteca Potosina" in the state of San Luis Potosi, Mexico, using the Normalized Difference Vegetation Index value (NDVI) on sugarcane derived from Landsat-7/ETM+ data and from image classification and interpretation techniques. The results showed that the sugarcane area NDVI had a value from -0.3 to 0.3; it may be said that sugarcane overall condition was in 'Moderate and Poor' conditions in the area due to crop stress. Only 7.98% of the total sugarcane area was "Good and Very good". The NDVI was successfully used for sugarcane conditions assessment: canopy cover, plant vigor and area identification. The sugarcane agro industry at La Huasteca Potosina could improve its productivity with the use of new crop and environmental management techniques that would permit the optimization of the resources and returns in sugarcane production.

Palabras clave

Agroindustria, percepción remota, Landsat, caña de azúcar, vigor vegetal.

Key words

Agroindustry, Remote sensing, Landsat imagery, sugarcane, plant vigor.

Introducción

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es una gramínea que tiene una gran importancia económica para la Huasteca Potosina por el hecho de proporcionar la materia prima para producir azúcar y piloncillo, productos que tienen un papel pertinente tanto en el mercado regional como el local.

La producción de azúcar depende de la cantidad de materia prima disponible que, a su vez, está limitada por el área sembrada, la productividad agrícola, y el total de azúcar recuperable. De estos tres factores, la más compleja es la productividad de la cultura de la caña de azúcar, porque depende de una serie de factores relacionados con aspectos agronómicos y meteorológicos.

El cultivo de caña de azúcar en la Huasteca Potosina se localiza en la zona de abastecimiento de los ingenios Alianza Popular, Plan de San Luis, Plan de Ayala y San Miguel El Naranjo, en los que se tiene la necesidad de incrementar el rendimiento del cultivo, ya que, en México, estos ingenios azucareros se clasifican como medianamente productivos y sólo con la introducción de procesos más eficientes para mejorar la productividad y la calidad del producto primario —junto con la reducción de los costos de producción— la industria azucarera de la Huasteca Potosina podrá operar en mercados cada vez más competitivos (ASERCA, 2004).

Actualmente, la evaluación del potencial productivo de la caña de azúcar es llevado a cabo, generalmente, al finalizar cada zafra anterior a la cosecha, basándose en la experiencia de técnicos —a través de observaciones de campo y muestreos utilizando datos estadísticos de años anteriores— sin considerar la distribución espacial del área plantada y su variabilidad a diversos factores ambientales, lo que trae como consecuencia errores en los estimados de producción, principalmente en zonas agrícolas de gran heterogeneidad, como la Huasteca Potosina.

El primer paso en la estimación, optimización de la producción, el transporte, y el uso de los recursos de la biomasa cañera es la comprensión del potencial de las tierras agrícolas para producir caña de azúcar. Sin embargo, las mediciones sobre el terreno no se pueden hacer con detalle suficiente para la distribución espacial, prefiriéndose realizar estimados de producción mediante análisis estadístico (Elmorea *et al.*, 2008; Krishna Rao, 2002; Fortes, 2003). No obstante, en las regiones cañeras de México se utilizan metodologías con criterios inconsistentes, lo que dificulta la comparación e integración entre bases de datos existentes.

Es decir, los investigadores frecuentemente usan pequeñas parcelas replicadas para medir las diferencias en rendimiento de plantas en función del control de diversas variables. Sin embargo, estos estudios a menudo proveen un panorama incompleto de lo que sucede a nivel de campo comercial, ya que las variadas condiciones ambientales y prácticas de cultivo pueden influir en la productividad del cultivo de caña de azúcar. Esto es, Abdel-Rahman (2008) mencionó que variables como: topografía, variedades de caña, tipo de suelo, clima y otros, deben incorporarse en el análisis para mejorar la calidad de la correlación y el pronóstico de la productividad del cultivo de caña.

Los recientes avances en monitoreo de culturas agrícolas y Agricultura de Precisión (AP) de la producción primaria y la cartografía de la cubierta terrestre pueden hacer posible el monitoreo y la estimación precisa del estado del cultivo de caña de azúcar en una región determinada a escala predio o unidad productiva, debido a la longevidad del cultivo, el bajo costo adquisición de imágenes, su cobertura espacial y la posibilidad de generar los índices de sus bandas espectrales (Zhang y Anderson, 2005).

Ante esta situación, las técnicas de Percepción Remota (PR) en especial los sistemas LANDSAT, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y los sistemas de geoposicionamiento (GPS) son herramientas útiles en la identificación y monitoreo de grandes áreas agrícolas, estimación de la producción, detección de enfermedades y estrés, a través del análisis de la distribución espacial, el mapeo de las diversas zonas productivas, direccionamiento del muestreo y observación en campo, promoviendo una mayor evaluación del potencial productivo de las áreas sembradas dentro de la Agricultura de Precisión (AP) o de Sitio Específico, basada en la variabilidad espacial del suelo y parámetros de campo de los cultivos (Ueno *et al.*, 2005; Soria, 2004; Rudorff, 1990; Epiphanyo, 1996).

Esto se debe, según Begue (2008) y Ji-hua Bing-fang (2008), a que la variabilidad en el crecimiento y, por ende, la productividad del cultivo de caña de azúcar está relacionada con múltiples factores complejos que pueden ser dependientes o independientes del tiempo. Los primeros, están relacionados directamente con el sustrato: topografía, tipo de suelo, profundidad y uso anterior del suelo. Factores anuales como: anomalías en la plantación y emergencia o condiciones climáticas; y estacionales, como enfermedades de la planta, malezas, sequía, inundaciones o heladas. Estos factores dependientes e independientes del tiempo pueden, a su vez, interactuar generando un patrón espacio-temporal complejo que explique el diagnóstico del vigor del cultivo (combinación del contenido de pigmentos y la abundancia de área foliar) y productividad de la planta de caña de azúcar bajo un particular escenario ambiental.

En este sentido, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) brindan la posibilidad de vincular espacialmente distintas fuentes de información, y a partir del análisis de las imágenes generadas por sensores remotos, es posible obtener información de

las características de las coberturas vegetales, utilizando diferentes técnicas de procesamiento de imágenes; entre ellas, el cálculo de índices de vegetación a partir de los valores de reflectividad a distintas longitudes de onda y pretende extraer la información relacionada con la vegetación, minimizando la influencia de otros factores externos en la toma de decisiones (Hatfield, 2008).

Por lo tanto, la percepción remota presenta una visión sinóptica de las zonas agrícolas y posibilita un seguimiento temporal de las fases de desarrollo en grandes áreas agrícolas con un gran potencial para su uso en la cultura de la caña de azúcar, con miras a una zonificación del cultivo; a pesar de esto, sólo algunos trabajos se desarrollaron, prevaleciendo la falta de estudios sobre el comportamiento espectral (Simões Dos Santos, 2003; 2005).

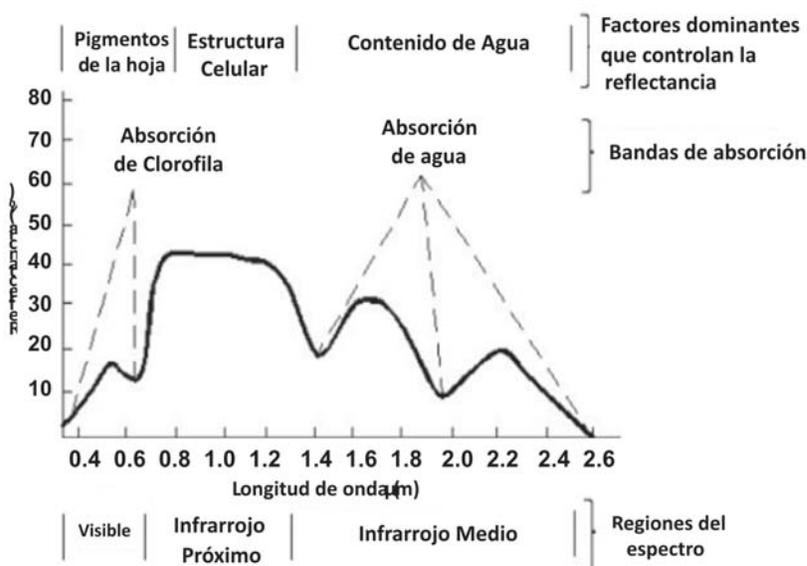
Para la cultura de la caña de azúcar, la respuesta espectral depende de cuatro factores: arquitectura del dosel, química foliar: presencia de pigmentos de las hojas tales como clorofila, α y β carotenos, xantofilas y antocianidinas, deficiencias de nitrógeno y humedad, y otros nutrientes foliares que pueden afectar el comportamiento espectral de la planta de caña de azúcar directamente por absorción o indirectamente a través de su influencia en los procesos fisiológicos de la planta que afectan el desarrollo vegetativo; parámetros agronómicos como el área foliar, geometría de la adquisición de datos y las condiciones atmosféricas; pero su estructura geométrica es el factor más importante que afecta las propiedades ópticas del dosel de caña de azúcar (Abdel-Rahman, 2008).

Es decir, para la caña de azúcar se tiene un comportamiento espectral similar en su ciclo vegetativo al mantenerse las condiciones climáticas, por lo tanto, es previsible un comportamiento espectral de los valores de un pixel que contiene caña azúcar (Pontes, 2005).

Tucker (1979) fue de los primeros autores en reportar el uso de índices de vegetación como el NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), que fue desarrollado originalmente para pastos por Rouse *et al.* (1973) (The Remote Sensing Centre of Texas A&M University), para estimar el contenido de humedad de las hojas y otras variables fisiológicas. Los índices de vegetación son básicos en percepción remota, por la relación entre la alta reflectancia de la banda del infrarrojo cercano, entre 700 y 1,300 nm; y la alta absorción del visible, entre 400 y 700 nm (con un aumento en la reflectancia en el verde, alrededor de 550 nm) sobre todo en el rojo debido, fundamentalmente, a la clorofila de las hojas que absorben las longitudes de onda del rojo y azul —visible— (Chuvieco, 1996). Por eso, en vegetación no vigorosa la clorofila no absorbe significativamente y la hoja se torna un color amarillento (verde + rojo), es decir, según Tucker (1979) las combinaciones rojo-IR tienden a ser más importantes que las combinaciones verde-rojo y más sensibles a la cantidad de vegetación fotosinté-

ticamente activa; esto es, como un indicador de la biomasa de hojas verdes (figura 1). Es precisamente este contraste entre ambas regiones espectrales fundamental para ser considerado como método para identificar la distribución espacial de la zona cañera, y su estado —como punto de partida para un futuro seguimiento en serie de tiempo— que obedece a impactos naturales como déficit hídrico.

Figura 1. Curva estándar de la reflectancia de la vegetación.



Fuente: adaptado de Hoffer (1978).

El NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) se considera un buen estimador de la biomasa, es universalmente usado y ha resultado el índice verde más consistente para monitoreo de vegetación en los ambientes y situaciones más diversos; se utiliza ampliamente para evaluar de manera rápida, a escala regional, la productividad de los cultivos, con un nivel aceptable de precisión y tiene correlación con el contenido de humedad de la planta y puede ser aplicado —incluso en la agricultura de precisión— en el control de los cultivos, debido a que las observaciones espectrales del follaje pueden, por tanto, usarse para monitorear las variaciones del crecimiento; las que, subsecuentemente, pueden utilizarse como indicadores del estrés a que está sometido el cultivo e, indirectamente, en la productividad del cultivo (Xavier, 2004; Benefetti, 1993).

Los valores de NDVI oscilan entre -1 a 1 (De Lira, 2009) pero en la práctica se encuentra entre -0.1 y 0.7 (Rahman, 2004) y según Dos Santos Simões (2005), el índice NDVI es la variable espectral que tiene un alto grado de correlación con los parámetros agronómicos asociados con el desarrollo y productividad de las plantas. Por lo tanto, el NDVI puede contribuir a la evaluación del desarrollo de la planta de caña de azúcar y al monitoreo del rendimiento debido a su relación directa con la productividad y el comportamiento espectral de la caña de azúcar (Abdel-Rahman, 2008; Knop, 2007; Lucas, 2007 y Picoli, 2006).

Se define como:

$$\text{NDVI} = (\rho_{i,\text{IRC}} - \rho_{i,\text{Red}}) / (\rho_{i,\text{IRC}} + \rho_{i,\text{Red}})$$

Donde: $\rho_{i,\text{IRC}}$ y $\rho_{i,\text{Red}}$ indican las reflectividades del píxel i en la banda del infrarrojo cercano y del rojo, respectivamente.

Para el cultivo de caña de azúcar existen dos diferentes estimaciones dentro de la banda del rojo y tres en el infrarrojo cercano: ρ_{NIR} , equivalente a la reflectancia promedio de 730-805 nm, e individual de 725 y 810 nm. En la banda del rojo pred se tiene una reflectancia de 580-680 nm y la longitud de onda individual de 630 nm (Johnson *et al.*, 2008).

Rudoff (1985), en principio, planteó que si el NDVI es empleado en conjunto con imágenes Landsat y datos agrometeorológicos resulta una técnica útil para estimar la productividad de cultivos; por su parte, Pontes *et al.* (2005), demostraron que existe correlación entre el índice NDVI y la productividad del cultivo de caña de azúcar; es decir, el índice NDVI tiene el potencial para la diferenciación productiva del cultivo de caña de azúcar. Por su parte, Lucas (2007) y Fortes (2003), mencionaron que el NDVI es un método sensible que normaliza los efectos de la topografía y puede ser utilizado para diagnosticar parámetros biofísicos con un alto grado de correlación y confiabilidad como indicador del área foliar, biomasa, cobertura vegetal del suelo, actividad fotosintética, productividad y modelado de la fenología. Ji-hua y Bing-fang (2008), Machado (2007), Frasson (2007), Krishna Rao (2002) y Simões Dos Santos (2005), concluyeron que es una medida cuantitativa del vigor (variaciones de biomasa) del cultivo, lo cual denota la estimación de la biomasa total y el estatus de salud de la plantación y se relaciona directamente al rendimiento de campo.

Tomando como base la información generada por la aplicación del índice NDVI en imágenes Landsat presente en la literatura y con relación a la hipótesis de que es posible establecer una relación entre las características espectrales de la caña de azúcar y su estado de vigor vegetal en una determinada etapa del cultivo, se realizó un análisis

espacial en la Huasteca Potosina, para diferenciar, estimar, mapear y zonificar el cultivo de caña de azúcar mediante el Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) en la fecha de colecta de la imagen.

La caña de azúcar se cultiva para la producción de azúcar estándar o refinado y para la producción de piloncillo o panela en la zona denominada Huasteca Potosina. La Huasteca es un espacio con diversidad de zonas climatológicas, geográficas y culturales y abarca porciones de seis estados de México: San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz, Hidalgo, Puebla y Querétaro (Ruvalcaba, 1996). Los municipios, dentro de la Huasteca potosina, con actividad cañera intensiva son: Ciudad Valles, Tamasopo, El Naranjo, Tamuín, Aquismón, pero existen otros que abastecen en forma minoritaria a los ingenios, o bien, se dedican a la producción de panela o piloncillo para abastecer mercados regionales (figura 2). Las variedades de caña más empleadas son: CP 72-2086 (21 %), ZMEX 55-32 (50.6 %) y otras (Mex 69-290, Mex 79-431, Mex 68-P-23, Mex 57-473, RD75-11, SP 70-1284). En cuanto a la etapa de desarrollo del cultivo, se tienen para plantilla 13.96%, soca 40.60% y resoca 45.44 %.

Figura 2. Ubicación de la región cañera en la Huasteca Potosina (San Luis Potosí).



Materiales y métodos

Para el análisis del cultivo de caña de azúcar se empleó la metodología de análisis espacial, que ha sido ampliamente documentada (Hatfield, 2008; Knop, 2007; Almeida, 2006; Ueno *et al.*, 2005; Soria 2004; Xavier, 2004; Narciso, 1999 y Rudorff, 1990), con datos del sensor Landsat Thematic Mapper (TM), el cual es capaz de discriminar caña de azúcar de otros cultivos usando compuesto falso color 1, 2, 3 (visible, azul, verde y rojo) y el uso de diversas cartas cartográficas del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) a escala 1:50,000 de la zona de estudio. Por otra parte, Xavier (2006) sugirió que para su discriminación, el análisis previo de estadísticas oficiales del sector (datos de superficie, rendimientos de campo, agroindustrial, variedades, etapa del cultivo, etcétera) y la distribución espacial de plantas de derivados de la caña (ingenios y destilerías).

El presente trabajo se basó en la interpretación visual de espacio de mapas derivados de imágenes Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) 2645, 2745 y 2744 (órbita/punto) adquiridas el día 4 de abril de 2005, al final de la zafra de la Huasteca Potosina (debido a que las condiciones de excesiva nubosidad al momento de la pasada del satélite, impiden la adquisición de imágenes aptas para el análisis al inicio de la zafra), con resolución espacial de 30m x 30m, los cuales fueron reproyectados empleando el Datum Norteamericano de 1927 y la proyección Transversal de Mercator (UTM zona 14 Norte). Estas imágenes y cartas topográficas 1:50,000 del INEGI fueron utilizadas para la interpretación visual (fotointerpretación) para establecer los límites para la caña de azúcar (polígonos digitales), de otros usos del suelo y su respuesta espectral relacionada con la productividad (NDVI bandas 3 y 4). Se empleó la composición RGB 432 debido a que es la que mayor contraste presentó para la identificación. Para el procesamiento digital de las imágenes y el cálculo del NDVI, fue empleado el *software* ILWIS 3.3 (Integrated Land and Water Information System, ITC, ILWIS System), donde se extrajo el área correspondiente a la caña de azúcar; y después, en forma de máscara del respectivo NDVI, para la caña de azúcar para cada grupo de píxeles; y fueron almacenados en una hoja de cálculo para su análisis. En primera instancia, se diferenciaron en cuatro niveles de productividad, asociados habitualmente a partir de una vegetación sana o con elevado contenido de humedad (*Alta, Media, Baja y Muy Baja*), para coincidir con la clasificación adoptada para las zonas cañero-azucareras.

Resultados

En la identificación de los predios con caña de azúcar, los contrastes estuvieron dados por el mayor detalle de la imagen Landsat 7 ETM+ con la composición 432,

lo que se tradujo en una mayor discriminación espacial del cultivo de caña de azúcar de otros usos del suelo y de los niveles de producción dentro de cada lote o parcela de caña de azúcar, mediante el algoritmo NDVI y su distribución por superficie (figuras 3, 4 y 5).

Figura 3. Imagen de Satélite LANDSAT 7 ETM+2005 Compuesto Falso Color 432 y máscara del cultivo de caña de azúcar.

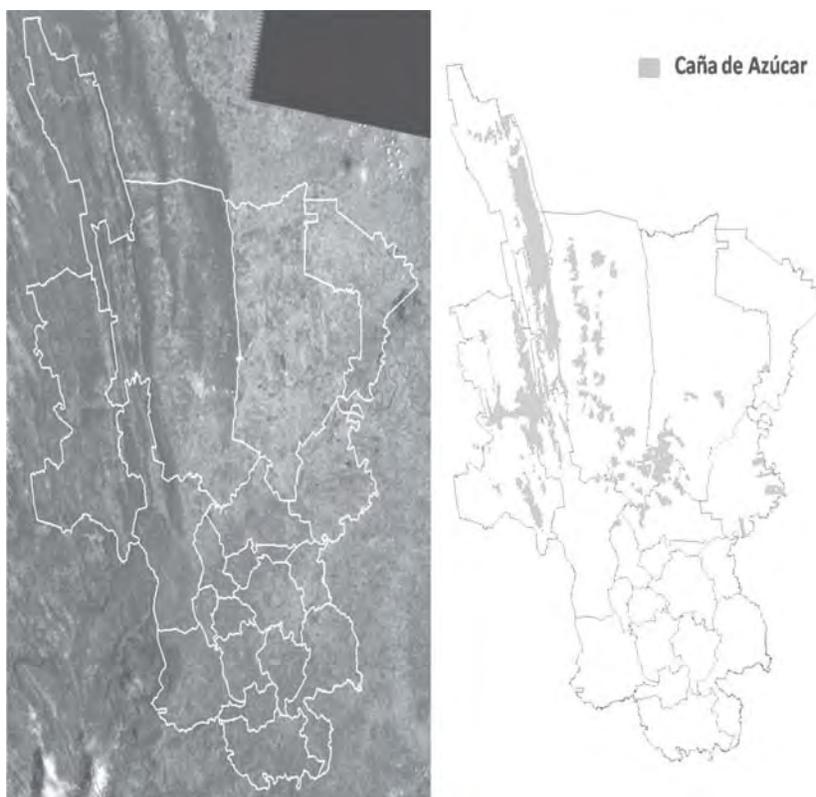


Figura 4. Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) en la zona productora de caña de azúcar en la Huasteca Potosina.

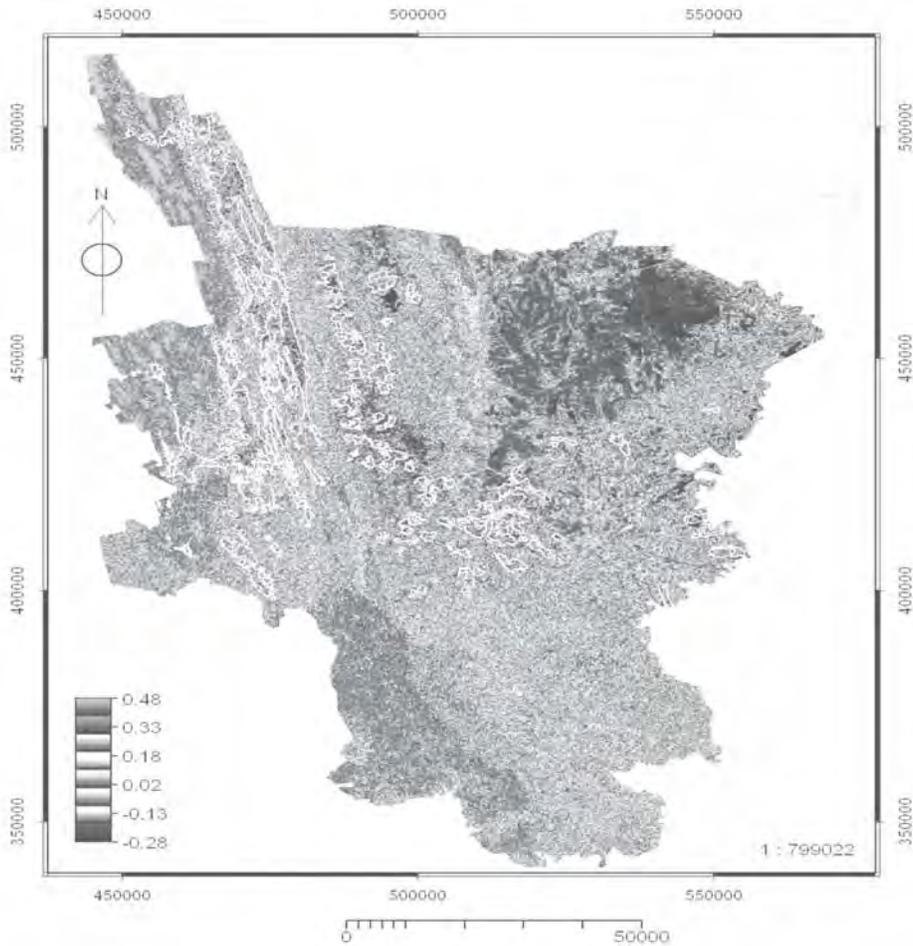
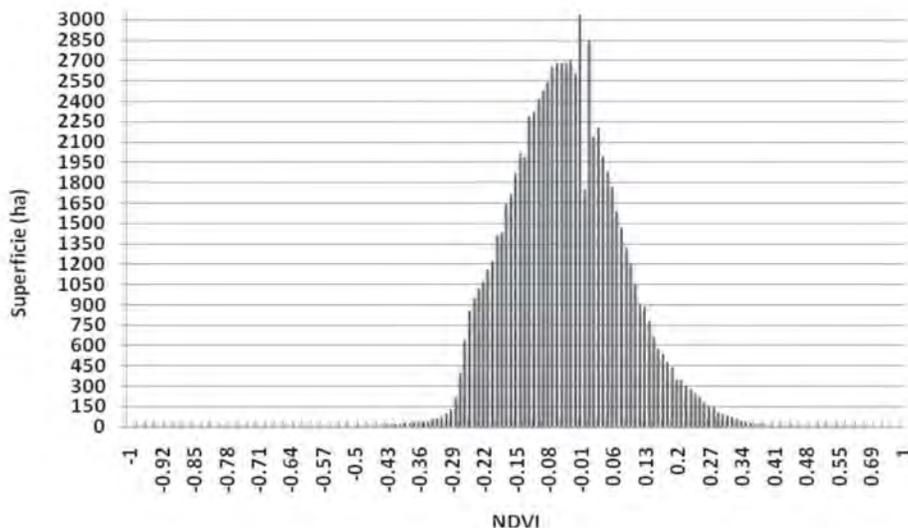


Figura 5. Distribución por superficie del Índice Normalizado de Vegetación de la zona cañera de la Huasteca Potosina.



La diferente característica espectral de las zonas productoras de caña de azúcar permitió cuantificar la superficie total mediante el análisis visual y la posterior poligonización, según niveles de producción de caña de azúcar (figura 6). Del análisis de la misma, se determinó que el cultivo de la caña de azúcar en la Huasteca Potosina ocupa el área de cultivo más extensa, sumando una superficie total de 75,328.83 ha, ocupando 6,7% de la superficie total del área de estudio; dicha información refuerza la importancia económica de esta actividad. Sin embargo, del total de la superficie cañera, el nivel bajo de productividad de cañaverales, de acuerdo al índice de vegetación NDVI, fue el que presentó mayor proporción (44.16%) y el de productividad media (30.32%), en contraposición a los cañaverales con muy baja productividad (17.54%) y el de altos niveles de productividad (7.98%), de acuerdo a las condiciones y a las restricciones propias de la zona productora (cuadro 1).

Figura 6. Fotointerpretación de la zona productora de caña de azúcar en la Huasteca Potosina.



Cuadro 1. Condiciones del cultivo de caña en la Huasteca Potosina.

Productividad	Área (ha)	% Total
Alta(Mayor a 70 t/ha)	6,014.07	7.98
Media(70 a 60 t/ha)	22,838.35	30.32
Baja (60 a 50 t/ha)	33,264.72	44.16
Muy Baja(Menor a 50 t/ha)	13,211.69	17.54
Total	75,328.83	100.00

Discusión

La menor superficie de alta productividad, correspondiente al nivel máximo de vigor vegetal de la zona de estudio, presentó un valor de NDVI entre 0.2 y 0.3, considerado de nivel pobre a moderado, debido a que la zona cañera se encontró en alto estrés hídrico (para caña de azúcar, el NDVI disminuye drásticamente cuando la disponibilidad de agua decrece, ya sea espacialmente —debido a la variabilidad climá-

tica geográfica— o temporalmente, debido a la sequía) y tiende a absorber menos radiación solar, aumentando su reflectancia en el rango visible y absorber más la radiación en la porción del infrarrojo cercano (Amaral *et al.*, 2007) en similitud a lo reportado por autores como Knop (2007) y Rahman *et al.* (2004), que para un dosel verde y totalmente desarrollado de caña de azúcar se registran datos de NDVI entre 0.7 y 0.8. Estos valores, según Begue (2008), Johnson (2008), Kridsakron (2008), Broge (2002) y Daughtry *et al.* (2000), deben permanecer estables o disminuyen ligeramente durante la etapa de maduración y sazonado de diversos cultivos perennes o anuales, debido a una declinación en el nivel de clorofila de las hojas que genera un cambio en la arquitectura del dosel y continúa hasta el final de la cosecha.

Por otra parte, en los casos de estrés hídrico, como en la Huasteca Potosina, el NDVI puede alcanzar un máximo alrededor de 0.25 a 0.33, debido a la senescencia de las hojas (valor equivalente a un campo cañero cubierto de residuos de cosecha, o bien, a un estatus de una plantación con presencia de malezas o plagas o deficiencias en el manejo) por lo que los valores bajos de NDVI de la Huasteca Potosina equivalen a un cultivo seco, de baja productividad y altamente estresados (Almeida *et al.*, 2006); esto se relaciona con lo reportado por Jiménez (2004), donde mencionó que el factor climático y la distribución de la precipitación pluvial, junto al edafológico, limitan la productividad de la caña de azúcar y determinan zonas de alta, media o baja productividad, ya que térmicamente no es afectado el desarrollo del cultivo; sin embargo, para determinar con precisión el efecto de estas variables a gran escala, en la zona cañera de la Huasteca, es necesario establecer una serie del tiempo durante las etapas fenológicas del cultivo a partir de las imágenes de satélite de sensores SPOT (Satellite pour l'Observation de la Terre) o NOAA-AVHRR (National Oceanic and Atmosphere Administration Advanced Very High Resolution Radiometer) que requieren el seguimiento a lo largo de extensos periodos de tiempo de las variables relevantes relacionadas con el funcionamiento del ecosistema cañero.

Los resultados mostraron que —con base al índice de vegetación NDVI, como indicador de productividad— fue posible zonificar mediante la aproximación de la ubicación y cuantificación de los elementos individuales que condicionan la productividad para el cultivo de caña de azúcar en la Huasteca Potosina, debido a que los diferentes factores climáticos que actúan sobre un lugar determinado condicionan en gran medida las fases del ciclo productivo de la caña y los resultados finales de ésta. A cada lugar corresponde un rendimiento máximo dependiente de las condiciones climáticas del año. A la media de esas condiciones climáticas corresponde una media de rendimiento máximo, o rendimiento potencial específico (Fauconnier, 1975).

Por lo tanto, para la Huasteca Potosina, las variaciones en el rendimiento potencial del cultivo de caña están, en teoría, relacionados directamente con las característi-

cas edáficas y, consecuentemente, con las condiciones hídricas, las cuales —según Da Silva y Alexandre (2005)— condicionan el estrés hídrico durante la estación seca (fecha de captura de la imagen Landsat) en las partes bajas de los campos cañeros y por el encharcamiento durante la estación de lluvias; por lo tanto, el NDVI es útil como herramienta de diagnóstico en un momento dado, y en serie temporal, para caracterizar el rendimiento y productividad del cultivo de caña, debe acompañarse de datos climáticos y edafológicos en un mapa con características climáticas y edáficas definidas (Begue, 2008; Ueno *et al.*, 2005).

Conclusiones

Las bandas espectrales TM3 y TM4 Landsat resultaron adecuadas para la detección y cuantificación del cultivo de caña en la Huasteca Potosina de otras coberturas. El índice normalizado de vegetación NDVI demostró ser un parámetro eficaz para supervisar las condiciones del dosel de caña de azúcar y como instrumento de evaluación rápido del estado de vigor vegetal del cultivo en un momento determinado. Para, posteriormente, vigilar la variabilidad temporal que determina la interacción del cultivo con otros factores agroclimáticos y, por lo tanto, modelar la productividad agrícola.

Esta fuerte relación apoya la teoría de NDVI que da una excelente medida de la actividad productiva a pesar de que los valores de NDVI, de acuerdo a la fecha de toma de la imagen, son todavía bajos. Altos valores de NDVI siempre están acompañados de mayores tasas de acumulación de biomasa de producción; esto puede favorecer la planificación y reordenación de la superficie cañera y la inversión en sitios con mayor capacidad productiva, y la reconversión y/o diversificación de las zonas con menor aptitud al cultivo, pudiendo involucrar nuevas variables que permitirán enriquecer cada vez más los resultados obtenidos. A su vez, éste brindará la oportunidad de mejoras administrativas y productivas: desde siembra, producción en campo, aplicación de fertilizantes, herbicidas y pesticidas, lo cual ayuda a la sostenibilidad ecológica y económica.

Literatura citada

- Abdel-Rahman, E. M. y Ahmed, F. B. 2008. *The application of remote sensing techniques to sugarcane (Saccharum spp. hybrid) production: a review of the literature*. International Journal of Remote Sensing, 29(13):3753-3767.
- Almeida, T. I. R.; De Souza, C. R. y Rossetto, R. 2006. *ASTER and Landsat ETM+ images applied to sugarcane yield forecast*. International Journal of Remote Sensing, 27(19):4057-4069.
- Amaral, S. C.; Costa, B. y Rennó, C. D. 2007. *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) improving species distribution models: an example with the neotropical genus Coccocypselum (Rubiaceae)*. <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.14.30/doc/2275-2282.pdf> (Consultada el 20 de octubre de 2009).

- ASERCA. 2004. *Plan rector del sistema producto caña de azúcar en San Luis Potosí*. <http://www.amsda.com.mx/PREestatales/Estatales/SANLUIS/PREcanadeazucar.pdf> (Consultado: 30 de noviembre de 2009).
- Begue A.; Todoroff, P.; y Pater, J. 2008. *Multi-time scale analysis of sugarcane within-field variability: improved crop diagnosis using satellite time series*.² Precision Agric. 9(3):161-171.
- Benefetti, R. y Rossini, P. 1993. *On the Use of NDVI Profiles as a Tool for Agricultural Statistics: The case Study of Wheat Yield Estimates and Forecast in Emilia Romagna*. Remote Sensing of the Environment. 45(3):311-326.
- Broge, N. H. and Mortensen, J. V. 2002. *Deriving green crop area index and canopy chlorophyll density of winter wheat from spectral reflectance data*. Remote Sensing of Environment. 81(1): 45-57.
- Chuvieco, E. 1996. *Fundamentos de teledetección espacial*. Madrid: Ediciones RIALP 568 pp.
- De Lira, V.; Barbosa da Silva, B.; Dantas Neto, J.; Sobral de Farias, M. S.; Cândido Bezerra, M. V.; Soares Franco, E. y Centeno, C. R. M. 2009. *Análise espectral de índice de vegetação em área irrigada com cana-de-açúcar*. Engenharia Ambiental 6(1):113-120.
- Daughtry, C. S. T.; Walthall, C. L.; Kim, M. S.; Brown de Colstoun, E. and McMurtrey, J. E. 2000. *Estimating Corn Leaf Chlorophyll Concentration from Leaf and Canopy Reflectance*. Remote Sensing of Environment. 74(2):229-239.
- Elmorea, A. J.; Xun Shib, N. J.; Gorenceb, Xia Lic; Haiming Jind, F.; Wangc y Xiaohao Zhange. 2008. *Spatial distribution of agricultural residue from rice for potential biofuel production in China*. Biomass and Bioenergy 32(1): 22-27.
- Epiphanyo, J. C. N.; Gleriani, J. M.; Formaggio, A. R.; Rudorff, B. F. y Theodor. 1996. *Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília 31(6):445-454.
- Fauconnier, R. y Bassereau, D. 1975. *La caña de azúcar. Técnicas agrícolas y producciones tropicales*. Editorial Blume. Barcelona, España. 405 pp.
- Fortes, C. 2003. *Discriminação varietal e estimativa de produtividade agroindustrial de cana-de-açúcar pelo sensor orbital ETM+/Landsat 7*. <http://biblioteca.universia.net/ficha.do?id=28179> (Consultado el 11 de octubre de 2009).
- Frasson, R. F. 2007. *Comportamento temporal do NDVI mensurado com sensor óptico ativo para diferentes variedades de cana de açúcar*. BioEng. Campinas 1(3):237-244.
- Hatfield, 2008. *Application of Spectral Remote Sensing for Agronomic Decisions*. Agronomy Journal 100(3):117-131.
- Hoffer, R. M. 1978. *Biological and physical considerations in applying computer-aided analysis techniques to remote sensor data*. In: SWAIN, P. H.; DAVIS, S. M. (Ed.) Remote sensing: the quantitative approach. New York: McGraw-Hill.
- Ji-hua, M. and Bing-fang, W. 2008. *Study on the crop condition monitoring methods with remote sensing*. http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/8_pdf/10_WG-VIII-10/05.pdf (Consultado el 11 de marzo de 2010).
- Jiménez, C. A.; Vargas, V. T.; Salinas, W. E.; Aguirre, M. y Rodríguez, D. 2004. *Aptitud agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el sur de Tamaulipas, México*. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM 53: 58-74.
- Johnson, R. M.; Viator, R. P.; Veremis, J. C.; Richard, Jr. E. P. and Zimba, P. V. 2008. *Discrimination of sugarcane varieties with pigment profiles and high resolution, hyperspectral leaf reflectance data*. Journal Association Sugar Cane Technologists 28: 63-75.
- Kridsakron, A.; Deudomchan, K. and Prakobya, A. 2008. *Analysis of Economic Crop Reflectance by Field Spectral Signature: Case Study Sugarcane*. En: <http://www.a-a-r-s.org/acrs/proceeding/ACRS2008/Papers/Ts%2013.6.pdf> (Consultado el 20 de marzo de 2010).

- Knop, I. 2007. *Precision agriculture options for the Australian sugarcane industry*. AM SRDC Technical Report 3/2007 Sugar Research and Development Corporation 124 pp.
- Krishna Rao, P. V. 2002. *Remote sensing: A technology for assessment of sugarcane crop acreage and yield*. Sugartech 4(4):97-101.
- Lee-Lovick, G. and Kirchner, L. 1990. *The application of remotely sensed (Landsat TM) data to monitor the growth and predict yields in sugarcane*. Proc. Austr. Soc. Sug. Cane Technol., pp. 65-72.
- Lucas, A. A. and Shuler, C. A. 2007. *Análise do NDVI/NOAA em cana de açúcar e Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco, Brasil*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 11(6):607-614.
- Machado, H. R. 2007. *Development of methodology to sampling in sugarcane considering biomass spectral response in orbital images*. Revista Brasileira de Cartografia. 59(02): 115-126.
- Narciso, G. and Schmidt, E. 1999. *Identification and classification of sugarcane based on satellite remote sensing*. Proc. S. Afr. Sug. Technol. Ass. 73:189-194.
- Picoli, M. C. A. 2006. *Estimativa da produtividade agrícola da cana-de-açúcar utilizando agregados de redes neurais artificiais: Estudo de caso usina Catanduva / Michelle Cristina Araujo Picoli*. - São José dos Campos: INPE, 90 pp.
- Pontes, P. P. B.; Rocha, J. V. e Camargo Lamparelli, R. A. 2005. *Análise temporal de índices de vegetação como subsídio à previsão de safras de cana-de-açúcar*. Anais XII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, pp.217-224.
- Rahman, Md. Rejaur; Islam, A. H. M. Hedayatul and Rahman, Md. Ataur. 2004. *NDVI Derived Sugar cane area Identification and crop condition Assessment*. <http://ftp.ida.liu.se/~746A27/Literature/NDVI%20derived%20sugar%20cane%20area%20identification.pdf> (Consultado: 11 de octubre de 2009).
- Rouse, J. W.; Haas, R. H.; Schell, J. A. and Deering, D. W. 1973. *Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS*, Third ERTS Symposium, NASA SP-351 I, 309-317.
- Rudorff, B. F. T. and Batista, G. T. 1990. *Yield estimation of sugarcane based on agrometeorological-spectral models*. Remote Sensing of Environment, 33(3):183-192.
- Rudorff, B. F. T. 1985. *Dados LANDSAT na estimativa da produtividade agrícola da cana-de-açúcar*. 114 pp. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. En: <http://biblioteca.universia.net/irARecurso.do?page=http%3A%2F%2Fbibdigital.sid.inpe.br%2Frep-%2Fsid.inpe.br%2Firis%401912%2F2005%2F07.18.22.34.40&id=7276893> (Consultado el 10 de octubre de 2009).
- Ruvalcaba, M. J. 1996. *Vacas, mulas, azúcar y café; los efectos de su introducción en la Huasteca, México*, Revista de Antropología Americana. 26:121-141.
- Simões dos Santos, M.; Vieira Rocha, J. and Camargo Lamparelli, R. A. 2005. *Spectral variables, growth analysis and yield of sugarcane*. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.), 62(3):199-207.
- Simões Dos Santos, M.; Vieira Rocha, J. e Camargo Lamparelli, R. A. 2003. *Análise do comportamento espectral de uma área comercial de cana-de-açúcar em duas safras por meio de radiometria de campo*. En: Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 05-10 abril 2003, INPE, pp.2367-2374.
- Soria-Ruiz, J. 2004. *Methodology for prediction of corn yield using remote sensing satellite data in Central Mexico*. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM 55:61-78.
- Tucker, C. J. 1979. *Red and photographic infrared linear combination for monitoring vegetation*. Remote Sensing of Environment, 8(2):127-150.
- Ueno, M.; Kawamitsu, Y.; Sun, L.; Taira, E. and Maeda, K. 2005. *Combined applications of NIR, RS, and GIS for sustainable sugarcane production*. Sugar cane international, 23(4): 8-11.

- Xavier, A. C.; Rudorff, B. F. T.; Shimabukur, Y. E.; Sugawara Berka, L. M. and Moreira, M. A. 2006. *Multi-temporal analysis of MODIS data to classify sugarcane crop*. International Journal of Remote Sensing, 27(4):755-768.
- Xavier, A. C.; Carlos, A.; Vettorazzi, R. e Machado, E. 2004. *Relação entre índice de área foliar e frações de componentes puros do modelo linear de mistura espectral, usando imagens ETM+/Landsat*. Eng. Agríc. 24 (2): 421-430.
- Zhang, P.; Anderson, B.; Dong Huang and Ranga Myneni. 2005. *Potential monitoring of crop production using a satellite-based Climate-Variability Impact Index*. Agricultural and Forest Meteorology 132(4):344-358.

Recibido: Octubre 23, 2009

Aceptado: Julio 28, 2010

Relación entre la estructura de la comunidad bacteriana y la supresión al ahogamiento causado por *Rhizoctonia solani* en sustratos para plántulas de tomate

Relationship between bacterial community structure and suppression of *Rhizoctonia solani* damping-off in different potting mixes for tomato seedlings growth

Robledo, O.;* Etchebehere, C. y Lercari, D.

Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

*Correspondencia: robledo@fcien.edu.uy

Resumen

En este trabajo el objetivo fue estudiar la relación entre la supresión del ahogamiento causado por *Rhizoctonia solani* y la estructura de la comunidad bacteriana en sustratos orgánicos (con base en vermicomposta y composta), para el crecimiento de plántulas de tomate. Dicha estructura comunitaria se determinó mediante T-RFLP (Terminal Restriction Fragment Length Polymorphisms) del gen ARNr 16S, con la enzima *Hin6I*. Análisis de componentes principales (PCA) a partir de las abundancias relativas de los T-RFs (Fragmentos de Restricción Terminales) predominantes, mostraron que los sustratos con tendencia supresiva al patógeno poseen comunidades bacterianas similares, indicando la existencia de una relación entre la estructura de la comunidad y la supresividad. Los T-RFs predominantes se relacionaron con secuencias obtenidas de una librería genómica del gen ribosomal ARNr 16S de un sustrato con tendencia supresiva. Dicho análisis de PCA reveló que entre los T-RFs que contribuyen a la diferenciación de los sustratos con tendencias supresivas, se encuentran

Abstract

The relationship between bacterial community structure and *Rhizoctonia solani* damping-off suppression in different organic potting mixes for tomato seedlings growth (vermicompost and compost) was analyzed. T-RFLP (Terminal Restriction Fragment Length Polymorphisms) of 16S rRNA with the *Hin6I* enzyme was used as a principal method for such purpose. The Principal Components Analysis (PCA) of the T-RFs (Terminal Restriction Fragments) relative abundance shows that potting mixes with suppressive tendencies have similar community structures indicating a "fingerprint" associated with the *R. solani* damping-off suppression tendency. PCA also reveals that some T-RFs (64, 205 y 211) contributing in differentiation, correspond to 16S rRNA sequences of the genera: *Burkholderia*, *Duganella*, *Telluria*, *Janthinobacterium*, *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas* and *Xanthomonas*. In such genera is possible to find species with specific biocontrol activity over the pathogen. These results suggest that the T-RFs (*Hin6I*) 64, 205, 211 and

tres (64, 205 y 211) que corresponden a secuencias 16S de los siguientes géneros: *Burkholderia*, *Duganella*, *Telluria*, *Janthinobacterium*, *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas* y *Xanthomonas*. Tales géneros presentan especies con capacidad biocontroladora específica sobre el patógeno, por lo que estos resultados sugieren que los T-RFs (*Hin6I*) 64, 205, 211 y otros, podrían ser utilizados como indicadores *a priori* de la capacidad supresiva de un sustrato al ahogamiento causado por *Rhizoctonia solani*.

Palabras clave

Composta, biocontrol, T-RFLP ARNr 16s.

others could be used as *a priori* indicators of the *R. solani* damping-off suppression capabilities.

Key words

Compost, biocontrol, T-RFLP rRNA 16s.

Introducción

La plántula hortícola, ornamental y forestal producida en contenedor requiere del uso de sustratos que aseguren una mayor tasa de emergencia y un correcto desarrollo hasta el momento de su trasplante. En los últimos años, los países en vías de desarrollo han buscado nuevas formulaciones de sustratos a partir de recursos autóctonos, debido a los altos costos de la turba y el impacto ambiental generado por la extracción de la turba proveniente del hemisferio norte (Avilés y Tello, 1995). La turba podría ser remplazada por residuos orgánicos sometidos a compostaje, lo que permitiría estabilizar la materia orgánica y convertir los residuos en un producto para mejorar la fertilidad del suelo, o ser utilizado como sustrato (Chen y Hadar, 1987).

Por otra parte, existen residuos recalcitrantes de difícil descomposición —como la cáscara de arroz— que, a menudo se incineran total o parcialmente. En las zonas arroceras de Uruguay se generan cada año cenizas al quemar 300 mil toneladas de cáscara de arroz, lo que constituye un problema de contaminación ambiental. Este sustrato posee propiedades físicas (porosidad, densidad, etcétera), que lo convierte en potencial material para desarrollar plántulas. Sin embargo, la cáscara de arroz carece de los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo de dichas plántulas, por ello es necesario mezclarla con materiales compostados.

Según Baker y Cook (1974), un suelo o sustrato supresivo se define como “aquel que no permite el desarrollo de un patógeno vegetal o la aparición de los síntomas asociados al mismo”. La supresividad hacia hongos fitopatógenos en contenedores con compostas ha sido ampliamente referida (Hoitink y Fahy, 1986; Chen *et al.*, 1988). Así, se sabe que la supresividad de una composta hacia un determinado fitopatógeno,

es variable y depende primordialmente de la fuente de residuos empleada y el periodo de curado de la composta (Craft y Nelson, 1996; Erhart *et al.*, 1999). Los residuos y el tiempo de curado de las compostas correlacionaron directamente con la actividad y composición de la comunidad microbiana. En compostas supresivas se han aislado cepas con actividad antagónica hacia *Fusarium oxysporum* Snyder y Hansen, *Pythium ultimum* Trow y *Rhizoctonia solani* Kühn (De Brito Álvarez *et al.*, 1995). En las vermicompostas, múltiples residuos orgánicos son digeridos a temperatura ambiente por la lombriz *Eisenia fetida* Savigny; ello estabiliza la materia orgánica (Hartenstein y Bisesi, 1989). La supresividad mediada en vermicomposta para la podredumbre de raíz causada por *R. solani* en plántulas de rábano, fue reportada por Chaoui *et al.* (2002). La supresividad mediada en las compostas para *R. solani* y *Sclerotium rolfsii* Sac. es de tipo específica, lo que contrasta con la supresividad general para *Pythium spp.* y *Phytophthora spp.* (Baker y Cook, 1974). La supresividad específica fue asociada con la presencia de *Bacillus spp.*, *Flavobacterium sp.*, *Gliocladium spp.*, *Trichoderma spp.* y *Xanthomonas maltophilia* Hugh (Hoitink y Fahy, 1986 y Kuter *et al.*, 1983). El método de análisis de T-RFLP del gen del ARNr 16S, permite analizar —en forma rápida y reproducible— la estructura de las comunidades bacterianas presentes en diferentes muestras edáficas y compararlas mediante métodos multivariados (Dunbar *et al.*, 2000; Benítez *et al.*, 2007). Además, es posible relacionar los T-RFs predominantes observados y secuencias obtenidas de vermicompostas con aquellos que provienen de una librería genómica del gen ribosomal ARNr 16S, a partir de una vermicomposta supresiva.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de supresión del ahogamiento (causado por *R. solani*) de materiales compostados producidos a partir de diferentes desechos agrícolas y determinar si existe una correlación entre la supresión y la estructura de la comunidad bacteriana.

Materiales y métodos

Ensayos de supresión a ahogamiento de R. solani

Los sustratos empleados fueron elaborados utilizando como base ceniza de cáscara de arroz, a la cual se le agregaron los diferentes materiales compostados. Dichas mezclas, y los sustratos finales obtenidos, se describen en el cuadro 1.

La cepa de *R. solani* utilizada fue cedida por la Cátedra de Fitopatología de la Facultad de Agronomía (Universidad de la República, Uruguay).

En una primera serie de ensayos se determinó la conductividad de la ceniza de cáscara de arroz hacia el patógeno y la dosis necesaria de material compostado para lograr un nivel de supresión significativa. Estos ensayos se basaron en inocular los sustratos CAVRU20 y CAVRU40 (cuadro 1) con dos discos de 0.5cm de diáme-

tro, del cultivo de *R. solani* de cinco días, siendo los controles de dicho ensayo ceniza de cáscara de arroz sin el agregado de vermicomposta (Ca), con y sin inóculo del patógeno. Se utilizaron cuatro réplicas por tratamiento, siendo cada réplica una bandeja plástica para almácigos de 24 celdas, donde se agregó el sustrato y el inóculo del patógeno en los tratamientos correspondientes. Luego de incubar durante una semana, se sembró una semilla de tomate (*Lycopersicon esculentum* cv. Loica) por celda.

En una segunda serie de ensayos se utilizaron los sustratos VTA, VFV y CTA (cuadro 1) con inóculo del patógeno, siendo los controles del ensayo los respectivos sustratos sin inóculo de hongo. Como en el caso anterior, cada tratamiento se llevó a cabo por cuadruplicado, siguiendo el mismo procedimiento de inoculación del patógeno.

Las incubaciones de los sustratos inoculados con el patógeno y los ensayos de crecimiento de las plántulas fueron con un sistema artificial de luz, con un fotoperiodo de 14 horas y una temperatura promedio de 25°C. El riego fue realizado diariamente para mantener una humedad de aproximadamente un 60%. Para cada ensayo, al cabo de 30 días posteriores a la siembra, se contabilizaron las plántulas emergidas y aquellas con síntomas de ahogamiento post-emergente. Los ensayos mencionados fueron repetidos dos veces y los resultados fueron analizados estadísticamente mediante ANOVA, seguido por test de comparaciones múltiples de Newman-Keuls.

Obtención de perfiles T-RFLP del ARNr 16S para el estudio de las comunidades bacterianas de los sustratos

Las muestras de sustratos fueron tomadas a partir de las bandejas experimentales una vez finalizados los respectivos ensayos, separando manualmente dichos sustratos de las raíces de al menos cinco plántulas por bandeja y conservándolas a -20 °C, hasta el momento de la extracción del ADN microbiano total. Para dicha extracción se utilizó el kit comercial "Power Soil"® de MoBio Laboratories Inc. Ca. USA, partiendo de 0.5g de sustrato. A partir de 10-20 ng de ADN extraído, se amplificó el gen del ARNr 16S por PCR, utilizando el primer 8F (con fluoróforo FAM) (5'AGAGTTTGATCCTGGCTCAG3') y el primer 1492R (GGTTACCTTGTTACGACTT) (Weisburg *et al.*, 1991). El programa de PCR utilizado fue el siguiente: 94°C a cinco minutos y 30 ciclos (94°C un minuto 55 °C un minuto 72 C° tres minutos) y una finalización a 72 °C por siete minutos y luego 16°C por diez minutos.

Cuadro 1. Sustratos utilizados en los ensayos de supresión a ahogamiento causado por *R. solani*. Se indica la composición de la mezcla, el tipo de material orgánico y el método de compostaje utilizado.

Sustratos	Composición de mezcla	Material orgánico empleado para elaborar el material compostado	Método y Escala de producción del material compostado
VTA	50% ceniza de cáscara de arroz + 50% vermicomposta VTA (v/v)	Estiércol de vaca lechera (con un 60%-70% de humedad al inicio del vermicompostaje)	Vermicompostaje con <i>Eisenia fetida</i> (30-50) individuos por kg de estiércol en camellón a escala de campo (5m x 2m). Periodo: cinco a seis meses
VFV	50% ceniza de cáscara de arroz + 50% vermicomposta VFV (v/v)	Restos de frutas y hortalizas (con un 40%-50% de humedad al inicio del vermicompostaje)	Vermicompostaje con <i>Eisenia fetida</i> (50-70 individuos por kg de restos) en contenedor (20 litros) en condiciones de laboratorio. Periodo: dos a tres meses
CTA	50% ceniza de cáscara de arroz + 50% composta CTA (v/v)	Estiércol de vaca lechera (con un 60%-70% de humedad al inicio del vermicompostaje)	Compostaje a intemperie con fase termófila (hasta 80 °C) en pila de 80 cm. de altura y tres m de diámetro. Periodo: 9-10 meses
Ca	Ceniza de cáscara de arroz	-	-
CAVRU20	Mezcla de: 80% de ceniza de cáscara de arroz + 20% de vermicomposta VRU	Rumen vacuno con 70% de humedad	Vermicompostaje a intemperie en camellón (20 m x 2m). Periodo: seis meses
CAVRU40	Mezcla de: 60% de ceniza de cáscara de arroz + 40% de vermicomposta VRU (v/v)	Rumen vacuno con 70% de humedad	Vermicompostaje a intemperie en camellón (20 m x 2 m). Periodo: seis meses

El producto de PCR purificado (con columnas QIA Quick Purification Kit, Qiagen) se digirió utilizando la enzima *Hin6I* (Fermentas Life Sciences) (que reconoce la secuencia 5'G[^]CGC3'), según las indicaciones del fabricante. Los fragmentos obtenidos se precipitaron con etanol 95% a 4 °C (por 30 minutos), se separaron por centrifugación (14 mil RPM por 30 minutos), el pellet se lavó con 100 μ l de etanol 70%, se volvió a centrifugar a la misma velocidad por diez minutos y, finalmente, se secó en estufa a 65°C por cinco minutos. Los fragmentos precipitados se resuspendieron en 10 μ l formamida y se separaron por electroforesis capilar, utilizando un secuenciador automático ABI3130 (Applied Biosystems) en el servicio que brinda el Instituto Pasteur de Montevideo; se usó como estándar interno GS500LIZ (Applied Biosystems).

Los cromatogramas fueron analizados utilizando el programa PeakScanner (Applied Biosystems). Se obtuvo una matriz de tamaños de fragmentos de restricción terminal (T-RFs) e intensidad de fluorescencia (abundancia). Para alinear los cromatogramas se utilizó una tolerancia de ± 1 pb., el cual fue corroborado en una corrida de fragmentos derivados del producto de PCR y digestión con *Hin6I* del ARNr 16S, de una cepa referencia de *Lactobacillus paracasei* Collins.

Para el caso de las muestras de sustratos CAVRU20 y CAVRU40 se extrajo ADN a partir de muestra previa a su uso en las bandejas plásticas y la obtención de los perfiles de T-RFLP 16S se realizó de la misma forma mencionada, pero fue llevado a cabo en la Michigan State University Genomics Technology Support Facility, en el año 2003, cuando aún en Uruguay no se había puesto a punto esta técnica.

Finalmente, también se obtuvo de la misma forma un perfil T-RFLP 16S a partir de una muestra de sustrato VTA previo a su uso en las bandejas plásticas, la que se denominó VTAP.

Análisis de los perfiles de T-RFLP del ARNr 16S de los sustratos

Los resultados se estandarizaron de acuerdo a la metodología descrita en Dunbar *et al.* (2000). Utilizando el *software* Primer E (v.5, Clarke y Warwick, 2001) se realizó el análisis SIMPER, que determina la predominancia y representatividad de los T-RFs, seleccionando a los que al menos aportan a un 5% de la abundancia total y a un 2% de similitud entre réplicas.

También con el *software* mencionado, utilizando la raíz cuadrada de las abundancias relativas de los T-RFs seleccionados por análisis SIMPER, se llevó a cabo el análisis de componentes principales (PCA).

Construcción de una librería del gen del ARNr 16S y análisis filogenético

Con el objetivo de identificar los T-RFs predominantes seleccionados por el análisis SIMPER, se construyó una librería del gen ARNr 16S de una de las muestras del sustrato VTA. Para ello, se amplificó el gen en las mismas condiciones mencionadas, pero utilizando los primeros 8F y 1492R sin marcadores fluorescentes. Este producto de PCR fue clonado usando el kit TOPO TA (Invitrogene), según indicaciones del fabricante. Las colonias resultantes fueron replicadas de forma aleatoria y las secuencias insertadas en el vector (plásmido) de clonado fueron determinadas usando el primer 5' prima del vector, en un secuenciador ABI Prism 3700 (Applied Biosystem) de la Michigan State University Genomics Technology Support Facility.

Las secuencias obtenidas fueron comparadas con secuencias depositadas en la base de datos del NCBI (<http://ncbi.nlm.nih.gov>) utilizando Blastn Search y con secuencias del Ribosomal Database Project (RDP) usando la herramienta RDP-Clas-

sifier (<http://rdp.cme.msu.edu>). Se seleccionaron secuencias representativas para realizar un análisis filogenético. Para ello, se alinearon con las secuencias similares obtenidas del banco de datos utilizando el programa Clustal W; con este alineamiento se construyó un árbol filogenético usando el *software* MEGA versión 4 (Kumar *et al.*, 1994), con el método Neighbor Joining; con base a algoritmos de Jukes-Cantor se realizó un análisis de *bootstrap* de 500 réplicas. Para relacionar los T-RFs seleccionados con las secuencias de la biblioteca y a otros posibles grupos taxonómicos, se calculó el tamaño esperado de los fragmentos a partir de las secuencias, mediante restricción *in silico* con la enzima *Hin6I* utilizando el *software* MEGA y el análisis “Virtual Digest” del *software* on-line MICAIII (<http://mica.ibest.uidaho.edu/pat.php>).

Resultados

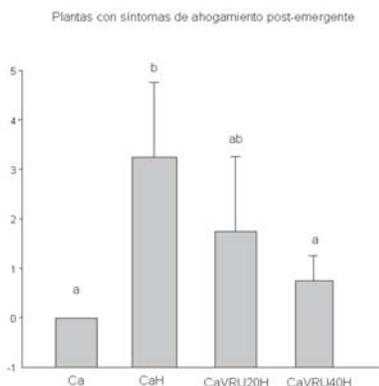
Ensayos de supresión a ahogamiento de Rhizoctonia solani

En la figura 1 se muestra el resultado de la primera serie de ensayos, en donde se observa que el sustrato solo de ceniza de cáscara de arroz inoculada con el hongo y el sustrato CAVRU20 con una mezcla de 20% (v/v) de vermicomposta de rumen y 80% de ceniza de cáscara de arroz, también inoculado, presentaron una cantidad significativa de plántulas de tomate con síntomas de ahogamiento post-emergente. Finalmente, el sustrato CAVRU40, mezcla con un 40 % de vermicomposta y 60% de ceniza de cáscara de arroz y el sustrato con base en sólo ceniza sin inóculo (control), presentaron un número significativamente menor de plántulas enfermas ($p < 0,05$).

Dado que este resultado mostró que al menos una dosis de 40% de material compostado en la mezcla es suficiente para obtener una supresión significativa, en la segunda serie de ensayos se trabajó directamente con una dosis de un 50%. En la figura 2 se muestra el porcentaje de plántulas viables (emergidas y sin síntomas de ahogamiento post-emergente) obtenidos con cada sustrato con y sin inóculo de *R. solani*, respectivamente (control). Con los sustratos VTA y VFV por comparación múltiple de medias por análisis de ANOVA seguido por test de Newman-Keuls, no se obtuvo una diferencia significativa entre el porcentaje de plantas viables con y sin inóculo del hongo (el porcentaje de plantas se calculó tomando como 100% las 24 semillas sembradas). Por el contrario, con el sustrato CTA se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) en dicho porcentaje de plántulas viables con y sin inóculo del patógeno. Entre los controles no se observaron diferencias significativas en el número de plántulas viables.

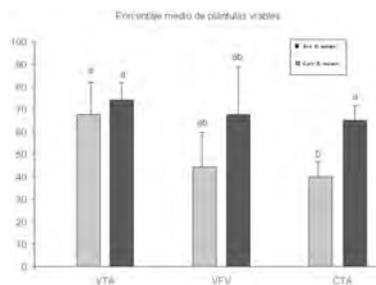
Estos resultados llevaron a considerar que los sustratos CAVRU40 VTA y VFV presentaron tendencias supresivas y CTA una conductiva a *R. solani*.

Figura 1. Número de plántulas con síntomas de ahogamiento post-emergente.



Las diferentes letras indican valores significativamente diferentes ($p < 0.05$), según ANOVA, seguido por test de comparaciones múltiples de Newman-Keuls. Ca.; Ceniza de cáscara de arroz sin inóculo. CaH: ceniza de cáscara de arroz con inóculo de *R. solani*. CaVRU20H: ceniza de c. arroz con 20% de vermicomposta de rumen vacuno con inóculo. CaVRU40H: ceniza de c. arroz con 40% de vermicomposta de rumen vacuno con inóculo.

Figura 2. Porcentaje de plántulas de tomate viables a los 30 días luego de la siembra en los sustratos VTA, VFV y CTA con y sin inóculo de *R. solani*.



Las diferentes letras indican valores significativamente diferentes ($p < 0.05$), según ANOVA, seguido por test de comparaciones múltiples de Newman-Keuls. VTA: sustrato en base a vermicomposta de estiércol de vaca lechera. VFV: sustrato con base en vermicomposta de frutas +verduras. CTA: sustrato con base en composta de estiércol de vaca lechera.

Análisis de la comunidad bacteriana por T-RFLP del ARNr 16S

Debido a la heterogeneidad de las muestras fue necesario determinar cuáles T-RFs eran relevantes para cada sustrato. Para ello, después de realizar el estandarizado para todos los perfiles T-RFLP obtenidos, se realizó un análisis SIMPER, que determina cuál es la contribución en porcentaje de un determinado T-RF, a la similitud entre réplicas. Estos T-RFs también son los más abundantes en dicha muestra y, generalmente, aportaron al menos a un 5% de la abundancia total en cada muestra. En el cuadro 2 se muestran los T-RFs predominantes y que aportan al menos un 2% a la similitud entre réplicas.

Cuadro 2. Resultado de análisis SIMPER. Abundancia promedio normalizada y contribución de los T-RFs más abundantes (en porcentaje) a la similitud entre réplicas.

T-RFs Grupo VTA. Índice de similitud promedio: 58.53	Abundancia promedio normalizada	Contribución de T-RF a similitud entre réplicas (%)	Grupo VFV. Índice de simil. Prom.: 60.79	Abundancia promedio normalizada	Contribución de T-RF a similitud entre réplicas (%)
64	172.99	15.09	76	274.14	19.00
62	248.32	13.77	64	153.11	13.45
91	82.43	6.00	95	136.38	10.83
203	87.01	5.76	85	90.09	7.05
85	83.18	5.37	62	122.57	6.00
76	69.07	4.00	211	78.08	5.73
208	48.00	3.83	91	64.90	5.20
80	72.29	3.72	208	59.01	4.41
83	96.99	3.45	116	52.43	4.02
205	69.68	3.22	88	35.43	3.00
211	37.33	2.54	67	93.70	2.68
88	44.05	2.15	104	43.10	2.61
175	32.80	2.08	205	33.16	2.00
374	25.47	2.06			
198	28.51	2.03			

Grupo CTA. Índice de simil. prom.: 69.68	Abundancia promedio normalizada	Contribución de T-RF a similitud entre réplicas. (%)
76	422.45	29.76
91	199.18	14.17
62	224.58	13.65
88	111.24	7.22
67	103.72	6.00
85	91.47	5.89
214	43.91	2.27
203	41.05	2.09
235	49.74	2.00

Se indica por grupo de réplicas el índice de similitud de Bray-Curtis. Se resaltan los T-RFs que corresponden a grupos bacterianos que podrían estar implicados en el fenómeno de supresividad a *R. solani*.

Análisis multivariados de los datos de T-RFLP del ARNr 16S

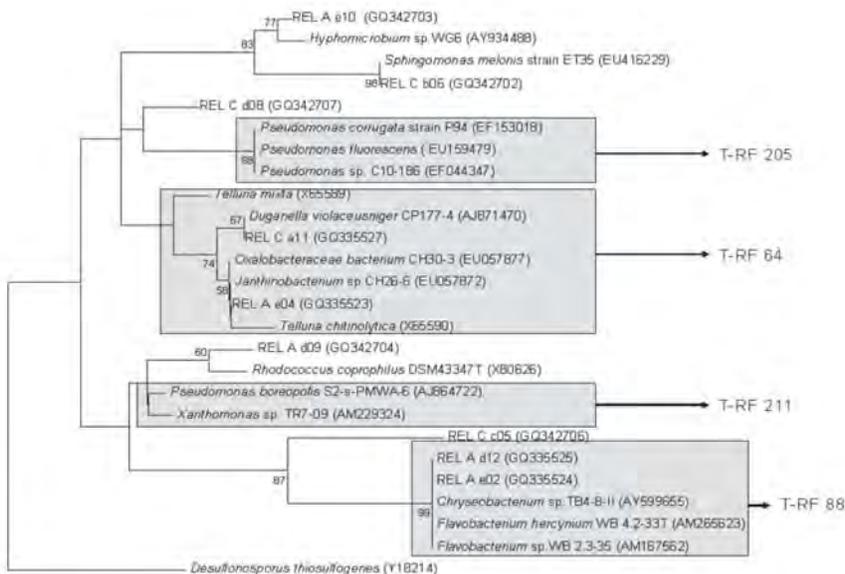
Con los T-RFs que mostraron ser relevantes (aportan al menos un 5% a la abundancia total y al menos un 2% a la similitud entre réplicas), se llevó a cabo un análisis de componentes principales (PCA). Como se aprecia en la figura 3, las réplicas de VTA quedan próximas a VFV y alejadas de CTA en el PC1. Lo mismo ocurrió con las muestras VTAP (sustrato VTA previo a su uso en las bandejas de almácigos) y CAVRU40 quedando próximas a VTA y VFV en el PC1.

El resultado de esta comparación muestra una predominancia de organismos del *Phylum Proteobacteria* seguido de *Bacteroidetes* y *Actinobacteria* (cuadro 3). Se construyó un árbol filogenético con secuencias representativas de los clones y las secuencias que presentaron mayor similitud. De acuerdo con estos resultados se obtuvo secuencias que presentaron alta homología con secuencias de representantes de los géneros: *Duganella*, *Janthinobacterium*, *Telluria*, *Flavobacterium*, *Chryseobacterium* y *Pseudomonas* (figura 5).

Cuadro 3. Abundancias en porcentajes de Phyla encontrados en la muestra de sustrato VTA, según el RDP classifier.

Phylum	%
Planctomycetes	3.6
Gemmatimonadetes	1.8
Acidobacteria	5.4
Spirochaetes	1.8
DeinococcusThermus	1.8
OP10	1.8
Actinobacteria	8.9
Bacteroidetes	16.1
Proteobacteria	42.9
Sin clasificar	16.1

Figura 5. Árbol filogenético.



Árbol construido mediante el método de Neighbor-joining basado en algoritmos de Jukes-Cantor (utilizando secuencias del extremo 3' del gen ARNr16S) que muestra la posición de las secuencias del gen ARNr 16S de ADN aislado a partir del sustrato VTA y las correspondientes secuencias homólogas obtenidas mediante un BLAST en Genbank. Se muestran los valores de *bootstrap* de consenso (500 réplicas) que superan a un valor de 50%. Las secuencias derivadas de la muestra se nombran como "REL" seguido por su clave de identificación. Se indica el valor de T-RF esperado para los géneros enmarcados. La escala de las barras representa un valor de 0.01 de sustitución por posición de nucleótido. Entre paréntesis se indica el número de acceso a las secuencias en Genbank.

Identificación de los posibles organismos biocontroladores

Para poder identificar los microorganismos relacionados con la capacidad de supresión, se relacionaron algunos de los T-RFs que mostraron la mayor predominancia y correlación en el PCA con los sustratos con tendencias supresivas (VTA y VFV), con los posibles T-RFs obtenidos por restricción *in silico* utilizando el software MICA III (que utiliza la base de datos de secuencias del RDP) y las secuencias obtenidas a partir de la librería genómica del sustrato VTA. Como se puede apreciar en el cuadro 4, tales T-RFs (64, 211 y 205) se pueden relacionar con géneros de microorganismos que podrían estar involucrados en el control biológico de *R. solani*.

Cuadro 4. Correlación entre los T-RFs de importancia en los sustratos supresivos y grupos bacterianos con posible actividad antagónica frente a *R. solani*.

T-RF (pb)	Secuencia clonada con homología derivada del sustrato VTA	No. correspondiente de acceso a la secuencia clonada en GenBank	Grupos bacterianos
64-65*	REL C c06, REL A d06, REL aE04, REL C a11	GQ335522, GQ335526, GQ335523, GQ335527	<i>Burkholderia sp.</i> , <i>Clostridium sp.</i> , <i>Legionella sp.</i> , <i>Halorhodospira sp.</i> , <i>Luteimonas sp.</i> , <i>Ottowia sp.</i> , <i>Variovorax sp.</i> <i>Schlegelella sp.</i> , <i>Ralstonia sp.</i> , <i>Cupriavidus sp.</i> , <i>Thiomonas sp.</i> , <i>Janthinobacterium sp.</i> , <i>Duganella sp.</i> , <i>Telluria sp.</i> , <i>Herbaspirillum sp.</i> , <i>Alcaligenes sp.</i> , <i>Denitrobacter sp.</i> <i>Flavobacterium sp.</i> , <i>Chryseobacterium sp.</i> , <i>Cytophaga sp.</i> , <i>Chlorobium sp.</i> , <i>Anaeromyxobacter sp.</i> , <i>Prosthecochloris sp.</i> , <i>Acinetobacter sp.</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> (<i>P. putida</i> , <i>P. stutzeri</i> , <i>P. corrugata</i> , <i>P. fluorescens</i>), <i>Wautersia sp.</i> , <i>Cupriavidus sp.</i> , <i>Azoarcus sp.</i> , <i>Dechloromonas sp.</i> , <i>Petrobacter sp.</i> , <i>Stenotrophomonas sp.</i> (<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>), <i>Frateria sp.</i> , <i>Xanthomonas sp.</i> , <i>Lysobacter sp.</i> , <i>Dyella sp.</i> , <i>Pseudoalteromonas sp.</i> , <i>Neisseria sp.</i> , <i>Legionella sp.</i> , <i>Pseudomonas boreopolis</i>
88	REL A e02, REL A d12	GQ335524, GQ335525	
205*	-		
211*	REL C c03	GQ335528	

Estos posibles biocontroladores fueron identificados previamente, mediante análisis filogenético de una biblioteca genómica del gen del ARNr de 16S, derivada de una muestra de sustrato VTA; y también mediante análisis de restricción *in silico* a partir de secuencias del banco de datos. Se muestran los clones del sustrato VTA, cuya secuencia genera los T-RF de importancia (el tamaño de los T-RF se calculó a partir de las secuencias por análisis de restricción *in silico* con la enzima *Hin6I*). Se muestran también los organismos que generaron esos tamaños de T-RF en el análisis de las secuencias del banco de datos RDP, utilizando la herramienta *on-line* "Virtual digest" del software MiCAIII. Se resaltan los géneros que presentaron una alta homología con las secuencias de clones derivados del sustrato VTA.

* T-RFS con correlación directa en el PCA con los sustratos VTA y VFV.

Discusión

Dado que los sustratos con base en las vermicompostas VTA y VFV no mostraron diferencias significativas en el porcentaje de plántulas viables en presencia o ausencia de inóculo de *R. solani*, se puede considerar que éstos presentaron una tendencia

a la supresividad; mientras que CTA no presentó dicha tendencia. También el sustrato VRU40 presenta tendencia a la supresividad, dado su escaso número de plántulas con síntomas de ahogamiento post-emergente. La falta de supresividad al patógeno mostrada por CTA, puede deberse al corto periodo de curado, factor necesario para la colonización de microorganismos capaces de llevar a cabo un control biológico del patógeno. Un trabajo anterior reportó que una composta —elaborada a partir de restos de hortalizas, frutas y podas domiciliarias— adquirió una supresividad significativa a *R. solani* en un periodo de maduración o curado entre tres a siete meses (Tuitert *et al.*, 1996).

Por lo tanto, un periodo de maduración es fundamental en el caso de las compostas termófilas para lograr adquirir la capacidad supresiva al ahogamiento causado por *R. solani*.

Varios trabajos sugieren profundizar en el estudio de las comunidades microbianas con el objetivo de identificar grupos asociados al biocontrol. En nuestro trabajo se analizó la estructura de la comunidad bacteriana utilizando datos generados por T-RFLP del ARNr 16 para análisis de PCA, asumiendo el criterio de que los posibles T-RFs asociados a grupos involucrados en la supresividad a *R. solani*, debían de encontrarse entre los más abundantes (aportar al menos un 5% de la abundancia total) y entre los más representativos (aportar al menos un 2% a la similitud entre réplicas). Para esta selección se realizó el análisis SIMPER, que reveló que entre los T-RF-s que cumplieron este criterio se encontraron algunos que son esperados para posibles agentes de biocontrol.

El análisis de PCA realizado con los T-RFs seleccionados, muestra que la estructura de las comunidades de los sustratos con tendencias supresivas, VTA (incluyendo la muestra VTAP), VFV y VRU40 se separan y diferencian de las CTA en el PC1. Este resultado sugiere que existe una estructura comunitaria característica (*fingerprint*) relacionada al fenómeno de supresividad al ahogamiento de *R. solani*.

Esta hipótesis debe verificarse analizando las comunidades de otros sustratos con base en otros tipos de mezclas u otros materiales orgánicos. También sería de importancia analizar la correlación entre supresividad y la estructura de la comunidad fúngica, dado que se han encontrado agentes de biocontrol como —*Trichoderma* y *Gliocladium*— presentes en las compostas (Kuter *et al.*, 1983). Otro resultado a destacar es que los perfiles T-RFLP podrían utilizarse para determinar *a priori* si un sustrato con base en un material compostado presentará o no, una tendencia supresiva al ahogamiento causado por *R. solani*. El análisis de PCA también reveló que entre los T-RFs que intervienen en la diferenciación de los sustratos con tendencias supresivas, se encuentran los T-RFs (*Hin6I*) 64, 205 y 211. Utilizando la herramienta online “Virtual digest” del *software* MiCAIII, se obtuvo una lista de candidatos que poseen dichos T-RFs para la enzima utilizada.

Entre éstos, se encontraron géneros de bacterias con capacidad biocontroladora a *R. solani*. Para el fragmento 64 se encontraron miembros de la familia *Oxalobacteraceae*, y el género *Burkholderia*. El T-RF 205 se corresponde a varias especies de *Pseudomonas*, reconocidas como agentes de biocontrol, como *P. putida* Trevisan, *P. corrugata* Roberts & Scarlett y *P. fluorescens* Migula, entre otros. Finalmente, para el T-RF 211 se observó en la lista a *Pseudomonas boreopolis* Gray & Thornton, *Xhantomonas sp.* y *Stenotrophomonas maltophilia* (*Xhantomonas maltophilia*). Esta especie posee cepas con síntesis de diferentes moléculas con acción antifúngica, como por ejemplo, la producción de quitinasas (Zhang y Yuen, 2000) y antibióticos (Jakobi *et al.*, 1996).

En otro trabajo, recientemente publicado, se encontró que la supresividad a *Pythium aphanidermatum* Edson y *P. ultimum*, estaba relacionada a la estructura de la comunidad bacteriana en un suelo enmendado con composta. Siguiendo un criterio de selección de T-RFs similar al utilizado en el presente trabajo, la supresividad estaba correlacionada cuantitativamente con cuatro T-RFs predominantes: 137, 139, 141 y 148, para la enzima *MspI* (Benítez *et al.*, 2007). La correlación de dichos T-RFs con secuencias del banco de datos (llevada a cabo por análisis de restricción *in silico* con el software MICAIII), determinó que entre los géneros hallados, se encontraban algunos que poseían especies biocontroladoras de los patógenos.

En nuestro trabajo no se pudo determinar una correlación cuantitativa entre T-RFs y porcentaje de plántulas viables, ya que sólo se contó con cuatro réplicas para cada ensayo (siendo necesario, para esto, al menos cinco). Sin embargo, el análisis filogenético de las secuencias clonadas con secuencias obtenidas en NCBI, reveló homologías con géneros bacterianos que poseen especies cuyo rol antagonista a *R. solani* fue previamente reportado. Uno de éstos fue el género *Flavobacterium* que, como se mencionó, posee especies muy eficaces como *F. balustinum* (Hoitink y Flay, 1986).

Dentro de las misma familia (*Flavobacteraceae*) también se encontró al género *Chryseobacterium* que posee especies antagonistas, como *C. gleum* (Krause *et al.*, 2001). Organismos de este género son muy abundantes en ambientes ricos en materia orgánica —como las compostas— (Ryckeboer *et al.*, 2003). Recientemente se determinó que estos organismos son colonizadores primarios de las semillas en germinación, y que, posteriormente, colonizan la superficie de la raíz de la plántula emergente (Green *et al.*, 2006). Sin embargo, dado que este grupo carece de motilidad existen otras especies que por competencia pueden ocasionar su exclusión de la superficie radicular. Se demostró, además, que la presencia de composta en el sustrato favorece su persistencia, concluyéndose que ésta no depende de compuestos rizosféricos derivados de la plántula (exudados radicales, etcétera), sino más bien a las sustancias nutritivas aportadas por la composta (Green *et al.*, 2007).

En los trabajos de Green y colaboradores (2007), se encontró también que otras de las especies que persisten en la superficie radical de las plántulas en desarrollo, son miembros de la familia *Oxalobacteraceae* (phylum Proteobacteria), como *Telluria mixta* Bowman, *T. chitinolytica* Bowman y *Duganella* sp.; siendo, en este caso, influenciada dicha persistencia por compuestos rizosféricos derivados de la plántula. Éstas, son bacterias móviles, capaces de degradar una gran variedad de moléculas orgánicas —incluyendo la quitina (Bowman *et al.*, 1993; Spiegel *et al.*, 1991)— convirtiéndose en candidatas de agentes de biocontrol de *R. solani*. En el presente trabajo se observó una gran dominancia de las Proteobacterias en las secuencias clonadas. Entre éstas, las de varios clones presentaron homologías con grupos de la familia *Oxalobacteraceae*, como *Duganella* sp. y *Telluria* sp. Otras secuencias igualmente se agruparon con la secuencia correspondiente a *Janthinobacterium* sp., también perteneciente a dicha familia, habiéndose demostrado recientemente que una cepa de la especie *J. lividum* Eisenberg, presentó la mayor actividad de enzimas con capacidad de lisis de la pared celular de varios hongos, incluido *R. solani* (Cruz *et al.*, 2008). En el presente trabajo se encontraron asociados a los sustratos con base en vermicompostas con tendencias supresivas, T-RFs que corresponden a diferentes grupos bacterianos que son capaces de producir quitinasas, las cuales pueden degradar la pared celular de hongos —como *R. solani*— y, de esta forma, actuar en su biocontrol. Este resultado concuerda con un trabajo publicado recientemente, en donde se demuestra que en las vermicompostas es posible encontrar una gran diversidad en cepas productoras de tal enzima, así como una gran diversidad genética en la misma (Yásir *et al.*, 2009). El análisis filogenético también reveló homología entre la secuencia de un clon y la secuencia correspondiente a la especie *P. boreopolis*. Para organismos de esta especie se demostró un mecanismo indirecto de biocontrol a *R. solani* (Chung *et al.*, 2003). En este grupo filogenético también se encuentran organismos del género *Xanthomonas* que, como ya se discutió, poseen mecanismos directos de biocontrol.

El papel en el biocontrol a *R. solani* de los grupos encontrados en el presente trabajo deberá ser confirmado por otros análisis en el que será necesario un aislamiento, pudiéndose, de esta forma, verificar —por un lado— el tamaño de T-RF esperado; y por otro lado, estudiar *in vitro* e *in vivo* los mecanismos de biocontrol involucrados. Los aislamientos también permitirán encontrar cepas que pueden ser utilizadas para inoculación o bioaugmentación durante un proceso de compostaje o vermicompostaje, con el fin de potenciar la supresividad y la promoción del crecimiento vegetal en sustratos para producción de plántulas en contenedor.

Conclusiones

Este trabajo demuestra que existe una estructura (o *fingerprint*) de la comunidad bacteriana ligada a una tendencia supresiva de un sustrato con base en materiales compostados al ahogamiento causado por *R. solani* en plántulas de tomate. Esta supresión estaría asociada a la presencia de determinados microorganismos con capacidad biocontroladora. La presencia y abundancia relativa de los T-RFs (*Hin6I*) 64, 205, 211 y otros, podrían ser utilizados como indicadores *a priori* de la capacidad supresiva de un determinado sustrato frente al ahogamiento causado por *R. solani*, una vez aislados los posibles microorganismos involucrados y analizadas sus secuencias ARNr 16S para determinar sus correspondientes T-RFs.

Literatura citada

- Avilés, M. y Tello, J. 1995. *El compostado de los residuos orgánicos. Su relación con las enfermedades de las plantas*. Agroecología y Desarrollo. Ediciones Mundi-Prensa. Universidad de Extremadura. 185-215.
- Baker, K. F. and Cook, R. J. 1974. *Biological control of plant pathogens*. W. H. Freeman. San Francisco.
- Benítez, M. S.; Tustas, F. B.; Rotenberg, D.; Kleinhenz, M. D.; Cardina, J.; Stinner, D.; Miller, S. A. and McSpadden, G. 2007. *Multiple statistical approaches of community fingerprint data reveal bacterial populations associated with general disease suppression arising from the application of different organic field management strategies*. Soil Biol. Biochem. 39:2289-2301.
- Bowman, J. P.; Sly, L.; Hayward, A. C., Spiegel, Y. and Stackebrand, E. 1993. *Telluria mixta* (Pseudomonas mixta Bowman, Sly and Hayward 1998) gen. nov., comb. Nov., and *Telluria chitinolytica* sp. Nov., soil dwelling organisms which actively degrade polysaccharides. Int. J. Syst. Bacteriol. 43:120-124.
- Chaoui, H.; Edwards, C. A. and Brickner, M. 2002. *Suppression of the plant diseases, Pythium (damping-off), Rhizoctonia (root rot) and Verticillium (wilt) by vermicomposts*. Proceedings of Brighton Crop Protection Conference Pest and Diseases. Vol. II 8B-3: 711-716.
- Chen, W. and Hadar, Y. 1987. *Composting and use of agricultural wastes in container media*. Compost: Production quality and use. Elsevier Applied Science, London. 71-77.
- Chen, W.; Hoitink, H. A. and Madden, L. V. 1988. *Microbial activity and biomass in container media for predicting suppressiveness to damping-off caused by Pythium ultimum*. Phytopathol. 78:1447-1450.
- Chung, W. C.; Huang, J. W.; Huang, H. C. and Jen, J. F. 2003. *Control by Brassica seed pomace combined with Pseudomonas boreopolis, of damping-off of watermelon caused by Pythium sp.* The Canadian J. Plant Pathol. 25:285-294.
- Clarke, K. R. and Warwick, R. M. 2001. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. 2nd. Edition: Plymouth Marine Laboratory, PRIMER-E, Plymouth, UK, 172 pp.
- Craft, C. M. and Nelson, E. B. 1996. *Microbial properties of composts that suppress damping-off and root rot of creeping bentgrass caused by Pythium graminicola*. Appl. Environ. Microbiol. 62:1550-1557.
- Cruz, A. F., Horii, S.; Ochiai, S.; Yasuda, A. and Ishii, T. 2008. *Isolation and analysis of bacteria associated with spores of Gigaspora margarita*. Journ. Appl. Microbiol. 3: 423-428.
- De Brito Álvarez, M.; Gagne, S. and Antoun, H. 1995. *Effect of compost on rhizosphere microflora of the tomato and on the incidence of Plant Growth-Promoting Rhizobacterias*. Appl. and Env. Microbiol. 61 (1):194-199.

- Dunbar, J.; Lawrence, O. and Kuske, C. 2000. *Assessment of microbial diversity in four southwestern United States soils by 16S rRNA gene Terminal Restriction Fragment Analysis*. Appl. and Env. Microbiol. 66 (7):2943-2950.
- Erhart, E.; Burian, K.; Hartl, W. and Stich, K. 1999. *Suppression of Pythium ultimum by biowaste composts in relation to compost microbial biomass, activity and content of phenolic compounds*. Phytopatol. 147:299-305.
- Green, S.; Inbar, E.; Frederick, C. M.; Hadar, Y. and Minz, D. 2006. *Succession of bacterial communities during early plant development: transition from seed to root and effect of compost amendment*. Appl. and Env. Microbiol. 72:3975-3983.
- Green, S.; Frederick, C. M.; Hadar, Y. and Minz, D. 2007. *Contrasting patterns of seed and root colonization by bacteria from the genus Chryseobacterium and from the family Oxalobacteraceae*. The ISME Journal. 1:291-299.
- Hartenstein, R. and Bisesi, M. S. 1989. *Use of earthworms biotechnology for the management of effluents from intensively housed livestock*. Outlook Agric. 18:3-7.
- Hoitink, H. and Fahy, P. 1986. *Basis for the control of soil-borne plant pathogens with composts*. Ann. Rev. Phytopathol. 24:93-114.
- Jakobi, M.; Winkelmann, G.; Kaiser, D.; Kempter, C.; Jung, G.; Berg, G. and Bahl, H. 1996. *Maltophilin: a new antifungal compound produced by Stenotrophomonas maltophilia R 3089*. The Journal of Antibiotics. 49:1101-1104.
- Krause, M. S.; Madden, L. V. and Hoitink, H. A. 2001. *Effect of potting mix microbial carrying capacity on biological control of Rhizoctonia damping-off of radish and Rhizoctonia crown and root rot of Poinsettia*. Phytopatol. 91 (11):1116-1123.
- Kumar, S.; Tamura, K. and Nei, M. 1994. *MEGA: molecular evolutionary genetics analysis software for microcomputers*. Comput. Appl. Biosci. 10:189-191.
- Kuter, G. A.; Nelson, E. B.; Hoitink, H. A. and Madden, L. V. 1983. *Fungal populations in container media amended with composted hardwood bark suppressive and conducive to Rhizoctonia damping-off*. Phytopatol. 73:1450-1456.
- Ryckeboer, J.; Mergaert, J.; Vaes, K.; Klammer, S.; De Clercq, D. and Coosemans, J. 2003. *A survey of bacteria and fungi occurring during composting and self-heating process*. Ann. Microbiol. 53:349-410.
- Spiegel, Y.; Cohn, E.; Galper, S.; Sharon, E. and Chet, I. 1991. *Evaluation of a newly isolated bacterium, Pseudomonas chitinolytica sp nov. for controlling the root-knot nematode, Meloydogine javanica*. Biocontrol Sci. Technol. 1:115-125.
- Tuiter, G.; Szczech, M. and Bollen, G. J. 1998. *Suppression of Rhizoctonia solani in potting mixtures amended with composts made from organic household waste*. Phytopatol. 88:764-773.
- Weisburg, W. G.; Barns, S. M.; Pelletier, D. A. and Lane, D. J. 1991. *16S ribosomal DNA amplification for phylogenetic study*. Journal of Bacteriology. 173:697-703.
- Yasir, M.; Aslam, Z.; Kim, S. W.; Lee, S. W.; Jeon, C. O. and Chung, Y. R. 2009. *Bacterial community composition and chitinase gene diversity of vermicompost with antifungal activity*. Bioresc. Technol. 100:4396-4403.
- Zhang, Z. and Yuen, G. Y. 2000. *The role of chitinase production by Stenotrophomonas maltophilia strain C3 in biological control of Bipolaris sorokiniana*. Phytopatol. 90:384-389.

Recibido: Enero 22, 2010

Acceptado: Julio 28, 2010

Especies vegetales potencialmente consumidas por herbívoros en un bosque de pino y encino en México

Vegetable species potentially used as feed by herbivores in a pine-oak forest in Mexico

Amezcuca, T.; Sanginés, L.* y Pérez-Gil, F.

Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán
Departamento de Nutrición Animal. Váscos de Quiroga No. 15,
Colonia Sección XVI, Tlalpan, México, D. F. 14000 Tel. 5487 0900
Ext. 2820 y 2824 Fax. 5655 1076

*Correspondencia: leosangines@hotmail.com

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue establecer cuáles son las principales especies vegetales existentes en un ecosistema de bosque templado que puedan ser potencialmente consumidas por animales herbívoros, principalmente por el venado cola blanca. Se recolectaron las especies de mayor abundancia a lo largo de seis transectos y se realizó su clasificación taxonómica. Para saber qué especies pudieran ser comestibles, se utilizó el conocimiento local, la información bibliográfica existente y la observación de las plantas en campo. Se encontraron 24 familias, siendo las más significativas: Asteraceae (29%), Lamiaceae y Poaceae (7.3% cada una). Por su forma de crecimiento, las herbáceas predominaron con una proporción del 63%, seguida por las arbustivas (21%), arbóreas (11%) y pastos (5%). La cantidad de especies encontradas fue diferente según la época, mostrando una media por transecto de 25.16 (± 4.07) en lluvias y 20.5 (± 3.5) en secas. En total se recolectaron 38 especies en la época de lluvias y 28 en la época de sequía. Hubo diferentes especies y número de éstas, según la localización del transecto. Los resultados muestra-

Abstract

The White-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) as well as other herbivores, have an important role in the restoration of Mexican temperate forests, hence the importance to know the feed potential of the plants present in these ecosystems. The goal of this study was to know the most common vegetable species with feed potential present in a pine-oak forest. The most abundant species were recollected through six belt transects and then classified taxonomically. 24 families were found; the most important ones were Asteraceae (29%), Lamiaceae and Poaceae (7.3% each one). When classified by type of plant, forbs were the most present in a proportion of 63%, followed by shrubs (21%), trees (11%) and grasses (5%). The amount of species found was different between the rainy and dry season with a media of 25.16 (± 4.07) and 20.5 (± 3.5), respectively. The total number of species collected in the rainy season was 38 while it was only 28 in the dry season. There was a difference in the number of species found between transects, affected mainly by the transect location in the site. The results show that the Asteraceae, Lamiaceae and Poaceae are the

ron que las especies recolectadas se encuentran principalmente: la Asteracea, Lamiaceae y Poaceae, siendo la primera la que presentó mayor repetibilidad en los diferentes transectos. En proporción, existen más plantas de tipo herbáceo, seguidas por las arbustivas, arbóreas y, finalmente, los pastos. Se encontró diferente número de especies entre los transectos. La mayor cantidad de plantas potencialmente comestibles pertenecen a las familias Asteracea y Lamiaceae.

Palabras clave

Sistemas silvopastoriles, conservación, ecosistemas, fauna silvestre, venado cola blanca.

most present families in the transects. Asteracea was the one with the highest repetitions. Proportionally there were more forbs, followed by shrubs, trees and grasses. Most of the potentially edible plants belonged to the Asteraceae and Lamiaceae families.

Key words

Silvopastoral systems, conservation, ecosystems, wild herbivores, white tailed deer.

Introducción

El bosque de pino y encino es un ecosistema que se conoce también como la zona ecológica templada subhúmeda. Los géneros más representativos de éste son precisamente los pinos (*Pinus* spp) y encinos (*Quercus* spp), existiendo una alta diversidad en los extractos herbáceos y arbustivos. Abarca las regiones montañosas del país, en donde se presenta un clima marcadamente estacional con inviernos fríos y secos, y veranos cálidos y húmedos (Rzedowski, 1978). De acuerdo con Challenger (1998), la destrucción de este ecosistema se debe principalmente a la urbanización, la extensión del suelo agrícola y ganadero, así como la extracción de madera. Por otra parte, los incendios forestales naturales o inducidos pueden ser una fuente importante de degradación del bosque; la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2010) informa que, durante el año 2009, se afectaron más de 296 mil hectáreas de bosques por incendios no controlados, de los cuales el 98% fueron por causas humanas y el 2% naturales.

Debido a lo anterior, se ha buscado encontrar un equilibrio entre el uso de los recursos naturales, la conservación y restauración ecológica de los mismos, para lo cual es necesario conocer el uso del hábitat y la dinámica poblacional de cualquier especie que se intente conservar o reintroducir en el mismo (Mandujano, 2004). Con las condiciones adecuadas, la producción de venado cola blanca es una alternativa con un gran potencial para promover la restauración y conservación de los ecosistemas de los que forma parte, dada su popularidad como especie cinegética, como ya ha sido demostrado en muchas Unidades de Manejo y Conservación Ambiental —también conocidas como UMA's— dedicadas a la cacería reglamentada de venado en el norte de México (Villarreal, 2006).

En México, el venado cola blanca es una especie con amplia distribución geográfica; se pueden encontrar 14 subespecies, abarcando todo el país, con excepción de la Península de Baja California. Habita en diferentes tipos de vegetación que van desde los bosques templados, hasta matorrales xerófilos; por otra parte, se pueden localizar en las tierras bajas, además de sistemas montañosos con altitud de hasta 3,000 msnm (Ortiz *et al.*, 2005), como es el caso de los bosques templados; por lo que presenta una gran adaptabilidad en diferentes hábitats (Villarreal-Espino, 2002; Leopold, 1959).

El objetivo de este trabajo fue identificar y clasificar las diferentes plantas comestibles, tanto por el venado cola blanca como por otras especie de herbívoros presentes en la zona; de tal manera que se pueda promover su conservación y producción a través del establecimiento de sistemas silvopastoriles planificados, incrementando la capacidad de carga animal, sin degradar el ecosistema por sobre pastoreo. Por otra parte, este estudio es parte de un esfuerzo conjunto de instituciones y organizaciones para la restauración y mantenimiento del ecosistema, con el que se proponen alternativas para los habitantes del lugar, sin causar con ello un mayor deterioro ecológico.

Materiales y métodos

Antes de comenzar la colecta, se realizó una inspección en una zona geográfica más amplia que la estudiada —la cual abarcaba los Parques Nacionales Lagunas de Zempoala y El Tepozteco— así como la zona de amortiguamiento que se encuentra entre estos dos, formando parte de lo que se conoce como el Corredor Biológico del Chichinautzin, con el objetivo de trabajar en un espacio en donde se tuviera la presencia de venado, misma que se determinó al encontrar huellas y excretas de esta especie.

El presente trabajo se realizó en el norte del municipio de Huitzilac, Morelos, y el sur de la delegación Tlalpan. Huitzilac se localiza en el ángulo nor-occidental del estado de Morelos, gráficamente entre el paralelo 19° 00' y 19°07' de latitud norte y entre 99°10' y 99°20' de longitud oeste del meridiano de Greenwich; mientras que la delegación Tlalpan se localiza al suroeste del Distrito Federal, colindando al sur con el municipio de Huitzilac, Morelos, entre las coordenadas que se mencionan a continuación: 19°19' latitud norte, 19°05' latitud sur, 99°06' longitud oeste, y 99°19' longitud oeste; en una extensión de aproximadamente 42.5 ha de un bosque de pino-encino, localizado en la ladera poniente del volcán “Las Palomas”, el cual está ubicado en una zona de amortiguamiento dentro del Corredor Biológico Chichinautzin, en el eje Transversal Neovolcánico. El principal uso de suelo de la zona es agricultura de temporal, siendo el cultivo principal la avena forrajera.

Para la colecta de las muestras se consideraron seis transectos en barra (Bautista *et al.*; 2004), con una longitud de 300 m de largo por 10 m de ancho cada uno, mismos

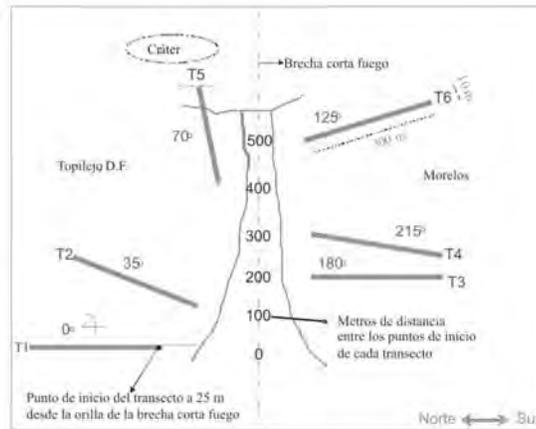
que empezaron a delimitarse a 25 m a partir de la orilla de una brecha contra fuego o vereda central en la ladera poniente del volcán, separados entre ellos por una distancia de 100 m., como se puede observar en la figura 1. La orientación de cada uno de los transectos fue escogida al azar. La metodología de muestreo fue una modificación de un diseño utilizado por Ezcurra y Gallina (1981) y Galindo-Leal y Weber (1998).

Se realizaron dos muestreos: octubre de 2006 (temporada de lluvias) y abril de 2007 (temporada de sequía). Para identificar las especies comestibles, se utilizó la observación directa de plantas ramoneadas, especialmente en lugares donde se encontraron rastros de huellas de venado y sus excretas, además de información de los pobladores de la zona, quienes han observado cuáles son las plantas que consumen los diferentes animales herbívoros. Por otra parte, se realizó una investigación bibliográfica sobre las plantas encontradas y su potencial como forraje. Para tener una comprensión más clara de la vegetación existente en el bosque, las especies fueron clasificadas según su forma de crecimiento (Lindorf *et al.*, 1991; Strasburger *et al.*, 1994 y Sanchiz, 1997) en arbóreas, arbustivas, herbáceas y gramíneas.

Para la clasificación taxonómica de las especies vegetales con mayor presencia en la zona, fueron colocadas en prensas de madera y etiquetadas de acuerdo con la técnica referida por Harrington y Durell (1957); éstas fueron llevadas al Herbario Nacional de México (MEXU) de la Universidad Nacional Autónoma de México, donde fueron determinadas —en su mayoría— a familia, género y especie.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó estadística descriptiva no paramétrica. La comparación del número de especies por transecto en dos épocas del año, se hizo mediante la prueba de Kruskal-Wallis; con la comparación de χ^2 , mientras que el número de especies —de acuerdo a su forma de crecimiento— se realizó con la prueba de Wilcoxon; se usó un nivel de significancia de $P < 0.05$ (Cochran y Cox, 1981).

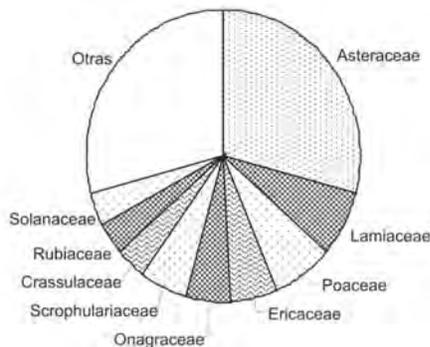
Figura 1. Esquema de la colocación de los transectos en la colina poniente del volcán Las Palomas.



Resultados

Se encontraron en total 24 familias de plantas, siendo *Asteraceae* la que presentó mayor número de especies (29%), seguida por *Lamiaceae* y *Poaceae* (7.3% en ambas); con la misma proporción (5.5%) se ubican las familias *Ericaceae*, *Onagraceae* y *Scrophulariaceae*, seguidas por las familias *Crassulaceae*, *Rubiaceae* y *Solanaceae*, con un 3.6 % cada una. Asimismo, se encontraron otras familias en menor proporción, las cuales comprendieron el 29% del total (figura 2).

Figura 2. Distribución de familias vegetales encontradas en la ladera del volcán Las Palomas.



En la época de lluvias se encontró mayor número de especies (38), que en la de sequía (28) (cuadro 1). En el cuadro 2, se anota el nombre científico y común de las especies encontradas, la familia a la cual pertenecen, su forma de crecimiento y localización, según época y transecto. La familia que más presencia tuvo fue la Asteraceae; cabe mencionar que no siempre se encontraron las mismas especies en cada uno de los transectos. Por otra parte, ocho especies se encontraron en todos los transectos y épocas; de ellas, tres especies de árboles (*A. jorullensis*, *Pinus spp* y *Quercus laurina*), un arbusto (*B. parviflora*), dos herbáceas (*A. procumbens* y *P. coztomatl*) y dos pastos (*M. macroura* y *S. ichu*). En los transectos uno al cinco tuvieron mayor cantidad de especies en la época lluviosa, disminuyendo su número en la época de sequía; el fenómeno inverso se observó en el transecto seis. Por su parte, el tercer transecto fue donde se presentó el mayor número de especies (figura 3).

Cuadro 1. Cantidad de especies vegetales recolectadas por transecto y recolectadas en total, en las dos épocas del año.

<i>Época</i>	<i>Total de especies encontradas</i>	<i>Especies por transecto</i>
Lluvias	38	25.16 (± 4.07) *
Sequía	28	20.50 (±3.50) *

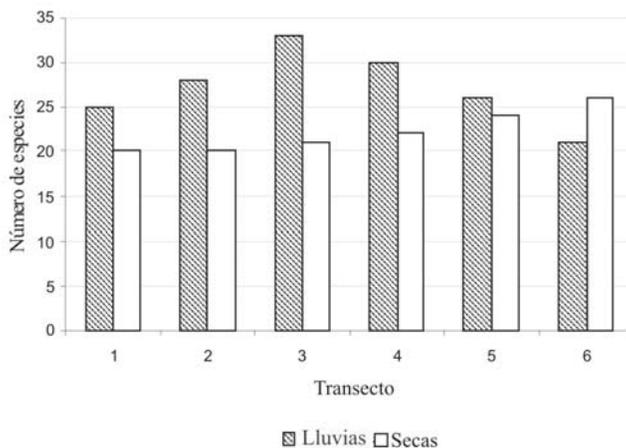
*Kruskal-Wallis (Aproximación χ^2) Prob $\chi^2 = 0.0755$.

Cuadro 2. Especies vegetales recolectadas en la ladera poniente del volcán Las Palomas.

Especies	Nombre común	Familia	Época y transecto							
			Lluviosa			Seca				
			1	2	3	4	5	6		
Árbol										
<i>Alnus jorullensis</i> *	Aile	Betulaceae	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Arbutus xalapensis</i> *	Madroño	Ericaceae	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Pinus sp.</i> *	Ocote	Pinaceae	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Quercus laurina</i> *	Encino laurelillo	Fagaceae	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Arbusto										
<i>Ageratina glabratum</i> *	Hierba blanca	Asteraceae	✓	✓			✓	✓	✓	✓
<i>Baccharis conferta</i> *	Escobilla, hierba del carbonero	Asteraceae	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Buddleia parviflora</i> *	Tepezancillo, tepozan cimarrón, tepozan de cerro, sayolisco	Loganiaceae	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Comarostaphylis</i>	Huejote	Ericaceae			✓	✓			✓	✓
<i>Helianthemum glomeratum</i>	Juanajuana, cenicilla	Cistaceae			✓	✓		✓	✓	
<i>Lupinus sp.</i> *	Mazorquilla	Leguminisae			✓	✓	✓	✓		✓
<i>Pernettya prostrata</i>	Trueno	Ericaceae	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
<i>Ribes ciliatum</i> *	Zarahuache cimarrón, capulincillo, ciruelillo, sarahuacho	Saxifragaceae	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
<i>Senecio cinerarioides</i> *	Jarilla	Asteraceae	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Hierba										
<i>Ageratina sp.</i>		Asteraceae	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Alchemilla</i>		Rosaceae	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Castilleja tenuiflora</i>	Calzón de indio, hierba del cáncer	Scrophulariaceae	✓	✓	✓	✓				✓
<i>Conyza sp.</i>		Asteraceae	✓	✓	✓	✓			✓	✓
<i>Dahlia merckii</i> *	Dalia	Asteraceae	✓	✓	✓	✓				✓
<i>Eryngium sp.</i> *	Hierba del sapo	Umbelliferae	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Fourcraea</i>	Palmita, yuca	Agavaceae			✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Fuchsia microphylla</i> *	Perlilla	Onagraceae	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Geranium sp.</i>		Geraniaceae						✓	✓	✓
<i>Lithospermum</i>		Boraginaceae	✓	✓	✓	✓				✓
<i>Lopezia racemosa</i>		Onagraceae			✓	✓	✓			✓
<i>Oenothera purpusii</i>		Onagraceae	✓	✓	✓	✓	✓			✓
<i>Physalis cozomatli</i> *	Tomate, cozotomate	Solanaceae	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Pseudognaphalium</i>		Asteraceae			✓	✓				✓
<i>Roldana lineolata</i> *		Asteraceae	✓	✓						✓
<i>Salvia elegans</i>	Salvia roja	Lamiaceae		✓	✓	✓	✓			✓
<i>Salvia helianthemifolia</i>		Lamiaceae	✓	✓	✓	✓	✓			✓
<i>Salvia polystachya</i> *	Achichía	Lamiaceae	✓	✓	✓	✓	✓			✓
<i>Sedum sp.</i>		Crassulaceae			✓	✓				✓
<i>Senecio barbajohannis</i>	Barba de San Juan de Dios	Asteraceae			✓	✓	✓			✓
<i>Solanum sp.</i>	Huele	Solanaceae		✓		✓	✓	✓	✓	✓
<i>Stellaria cuspidata</i>		Caryophyllaceae		✓						✓
<i>Stevia sp.</i>		Asteraceae	✓	✓						✓
<i>Symphoricarpos</i>	Perlilla fruto blanco	Caprifoliaceae	✓	✓	✓	✓	✓			✓
<i>Verbesina oncophora</i>	Amelia	Asteraceae								✓
Pasto										
<i>Muhlenbergia macroura</i> *	Zacatón, zacate malinali	Poaceae	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Stipa ichu</i> *	Zacate, ichú	Poaceae	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

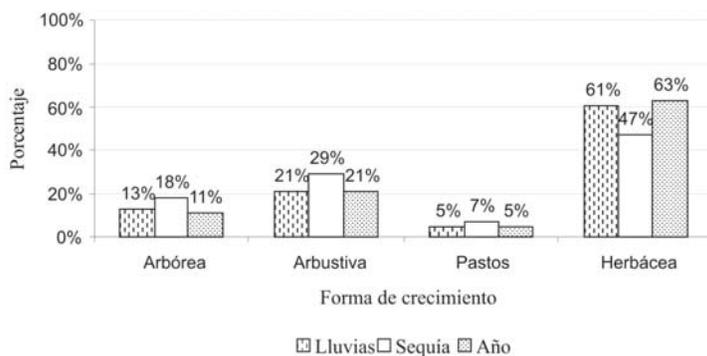
* Plantas potencialmente comestibles por herbívoros.

Figura 3. Cantidad de especies recolectadas por transecto.



En la zona de estudio, se mantuvo una proporción similar del tipo de crecimiento de las especies por época y en forma anualizada, siendo mayor la de plantas herbáceas, seguidas de las arbustivas, y arbóreas; mientras que en los pastos, ésta fue menor con relación a las demás especies vegetales (Figura 4).

Figura 4. Proporción de las especies de acuerdo a su forma de crecimiento en dos épocas del año.



Discusión

En concordancia con las características biológicas del ecosistema de pino y encino, en la zona de estudio se observaron, además, algunas especies que se desarrollan

cuando éste se encuentra perturbado, como es el caso del tepozán (*Buddleia sp*), la escoba (*Baccharis conferta*) y la hierba blanca (*Ageratina glabratum*), de acuerdo a lo descrito por Challenger (1998); asimismo, este autor —en un trabajo que realizó en el Eje Neovolcánico Transversal— observó que el Aile (*Alnus jorullensis*) es una de las especies de árboles que inicia la colonización secundaria de los claros del dosel, seguido por el Encino (*Quercus sp*) y por el Pino (*Pinus sp.*). Lo anterior es muestra de la intervención que ha habido en el lugar, y que a pesar de eso, es un espacio en donde se sigue albergando al venado cola blanca, además de otros herbívoros, como es el zacatuche (*Romerolagus diazi*), el cual es una especie endémica de la zona. El proceso de regeneración del bosque es muy largo, podría durar de 50 a 100 años para alcanzar la quinta fase o “fase madura” (Challenger, 1998); sin embargo, durante este proceso, el venado es una especie que puede mantenerse en este tipo de hábitat (Mandujano y Rico-Gray, 1991), por lo que en el proceso de restauración del ecosistema, la producción controlada de venado puede ser una alternativa para los pobladores del lugar, mediante el establecimiento de Unidades de Manejo y Conservación Ambiental (UMA) (Villarreal, 2006).

En la literatura publicada hasta la fecha, no se localizó algún trabajo que haya descrito la flora de la región en donde se realizó el estudio. Al revisar información sobre la clasificación de vegetación de clima templado en México, Velázquez *et al.* (2000) mencionaron que la composición genérica se basa en las especies de dosel, sin describir con precisión la variación en composición y estructura de sus estratos herbáceos y arbustivos. En este trabajo, las especies de la familia Asteracea fueron las que presentaron la mayor cantidad y repetibilidad en los diferentes transectos, lo que coincide con lo mencionado por Cornejo-Tenorio *et al.* (2003) y Rzedowski (1978), quienes realizaron estudios en zonas de clima templado.

Hubo una mayor cantidad de especies en la época de lluvias en comparación con la época de seca, disminuyendo significativamente; ello, quizá ligado a que las herbáceas son plantas anuales que tienden a desaparecer en la sequía, mientras que las especies con otras formas de crecimiento (arbórea, arbustiva y pastos) se conservaron similares en ambas épocas; se debe tomar en cuenta que la proporción de los diferentes tipos de crecimiento vegetal se dio con relación a la cantidad de especies encontradas en cada época. Es de interés que el 63.1% de las plantas potencialmente consumidas, corresponden a las herbáceas; de las cuales, el 55.5% se mantuvo en ambas épocas, por lo que los venados podrían obtener una alimentación diversa durante todo el año; sin embargo, se requerirá realizar estudios precisos sobre la composición de la dieta del venado en este hábitat.

Por otra parte, Cornejo-Tenorio *et al.* (2003) quienes trabajaron en un ecosistema de bosque templado en la franja transvolcánica (Reserva de la biosfera de la Mariposa Monarca) encontraron proporciones de 77.1% de herbáceas, 12.1% de arbus-

tivas y 7.8% de arbóreas. Otro estudio realizado por Villaseñor (2004) sobre los géneros de las plantas vasculares de México, en todos los ecosistemas del país, reportó que las herbáceas ocupaban el 41% del total de formas de crecimiento, mientras que las arbustivas llegaban al 26% y las arbóreas el 17%, tendencia que se mantuvo en este estudio.

La familia que más presencia tuvo fue la *Asteraceae*. Por otra parte, los transectos uno al cinco tuvieron mayor cantidad de especies en la época lluviosa, disminuyendo su número en la época de sequía. El fenómeno inverso se observó en el transecto seis; en este último, el 62% de las especies se conservaron, disminuyendo principalmente las herbáceas y dos arbustos. En el tercer transecto fue donde se presentó el mayor número de especies (figura 3). Todas las arbóreas, a excepción del madroño, se encontraron en todos los transectos, al igual que los arbustos tepozan, escobilla y trueno; así como las herbáceas tales como: tomatillo y *Alchemilla procumbens*, además de los pastos.

Algunas de las especies detectadas como potencialmente comestibles coinciden con lo mencionado por diferentes autores: *Quercus sp.* (Nahed *et al.*, 1997; Pineda, 2007 y Hajer *et al.*, 2004); *Ageratina glabratum* (Nahed *et al.*, 1997 y Pineda, 2007); *Muhlenbergia sp* (Pineda, 2007); *Arbutus xalapensis* (Pineda, 2007 y Hajer *et al.*, 2004); *Pinus sp* (Nahed *et al.*, 1997); *Buddleia parviflora*, *Buddleia sp* (Nahed *et al.*, 1997; Camacho *et al.*, 1999; Sanginés *et al.*, 2007) y *Lupinus sp.* (Rodríguez-Macías *et al.*, 2005).

En la época de lluvias se observó un mayor número de especies que en la de sequía; cabe recordar que no se encontraron siempre las mismas especies en cada uno de los transectos, razón por la cual, el total de especies reportadas es mayor a la cantidad de especies por transecto. No se observaron diferencias estadísticamente significativas al comparar la cantidad de especies encontradas en las diferentes épocas; aunque se puede decir que existe una tendencia a que disminuyan durante la sequía, dado que la probabilidad que se fijó fue del 95% de confianza. En trabajos anteriores se ha observado el mismo fenómeno en diferentes épocas; Arceo *et al.* (2005) encontraron mayor cantidad de especies en época de lluvias que en la de sequía, al igual que Silva-Villalobos *et al.* (1999). Rzedowski (1978), por su parte, menciona que una gran parte de las plantas con forma biológica herbácea existentes en el sotobosque presentan cambios fenológicos notables a lo largo del año, según las condiciones climáticas, desapareciendo por completo de la superficie del suelo en la época menos favorable.

La diferencia de número de especies encontradas entre los transectos puede deberse a la localización de los mismos; ya que los que presentaron un mayor número de plantas diferentes, se ubicaban en la parte baja de la falda del volcán; mientras que el cinco y seis se encontraban en la parte alta; contando, además, con una cantidad mayor de árboles por área con relación a los otros cuatro transectos, por lo que el espacio libre de dosel era menor y, en consecuencia, también la cantidad de luz, lo que puede

explicar el comportamiento diferente del transecto seis. Challenger (1998), describe que en las fases de la sucesión secundaria —durante la repoblación del bosque— los claros son invadidos por una gran variedad de especies de herbáceas, así como de diferentes tipos de pino de rápido crecimiento. Esta fase se caracteriza por la diversidad de plantas y animales que se asocian a ellas, como es el caso del venado cola blanca, al encontrar éste las condiciones propicias para su desarrollo.

La alta cantidad de plantas herbáceas, junto con las arbustivas, asegura una diversidad de alimento para el venado cola blanca, el cual puede ser producido sustentablemente en forma extensiva como parte del manejo de recuperación de los bosques en la zona de estudio, teniendo en cuenta que este bosque, en particular, se encuentra en una fase secundaria de recuperación.

Conclusiones

Entre las familias de especies recolectadas, se encuentran principalmente la Asteraceae, Lamiaceae y Poaceae, siendo la primera la que presentó mayor repetibilidad en los diferentes transectos. En proporción, existen más plantas de tipo herbáceo, seguidas por las arbustivas, arbóreas y, finalmente, los pastos. Se encontró diferente número de especies entre los transectos. La mayor cantidad de plantas potencialmente comestibles pertenecen a las familias Asteraceae y Lamiaceae.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la UNAM, en Morelos; y al CEBETA 54, de Huitzilac, por su apoyo en el trabajo de campo. A CONACYT, que proveyó una beca de estudio y al personal del Herbario Nacional de México (MEXU), por su apoyo en la identificación de las especies vegetales.

Literatura citada

- Arceo, G.; Mandujano, S.; Gallina, S. and Pérez, L. 2005. *Diet diversity of White-tailed deer (Odocoileus virginianus) in a tropical dry forest in Mexico*. Mammalia. 69(29):12-25.
- Bautista, F.; González, H. y Palacio, J. 2004 *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. UNAM, UADY, CONACYT, INE. México. 507 pp.
- Camacho, D.; Nahed, J.; Ochoa, S.; Jiménez, G.; Soto, L.; Grande, D.; Pérez-Gil, F.; Carmona, J. and Aguilar, C. 1999. *Traditional knowledge and fodder potential of the genus Buddleia in the highlands of Chiapas, Mexico*. Anim. Feed Sci. Tech. 80:124-134.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. CONABIO, INE, Sierra Madre. México. 847 pp.
- Cochran, W. G. y Cox, G. M. 1981. *Diseños Experimentales*. Ed. Trillas. México. 661pp.
- CONAFOR, Comisión Nacional Forestal. 2010. *Programa nacional contra incendios forestales 2010*. <http://>

- /www.conafor.gob.mx/Incendios2010/ (Consultada el 22 de marzo de 2010).
- Cornejo-Tenorio, G.; Casas A.; Farfán, B.; Villaseñor J. e Ibarra, G. 2003. *Flora y vegetación de las zonas núcleo de la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, México*. Bol. Soc. Bot. Mex. 73:43-62.
- Ezcurra, E. and Gallina, S. 1981. *Biology and population dynamics of White-tailed deer in northwestern Mexico*. En: Folliot y Gallina, S. Deer biology, habitat requirements, and management in western North America. Instituto de Ecología. Xalapa. México. Pp. 77-108.
- Galindo-Leal, C. y Weber, M. 1998. *El venado de la Sierra Madre Oriental. Ecología, manejo y conservación*. EDICUSA-CONABIO. México. 272 pp.
- Hajer, A.; López, S. y Chermiti, A. 2004. *Nutritional Characterization of Some Mediterranean Forestry Resources*. Proceedings of the International Congress on Silvopastoralism and Sustainable Management. Lugo, España. 137-139.
- Harrington, D. and Durrell, W. 1957. *How to identify plants*. The Swallow Press. Chicago, USA. 230 pp.
- Leopold, A. 1959. *Fauna silvestre de México*. Editorial Pax. México. 568 pp.
- Lindorf, H.; Parisca, L. y Rodríguez, P. 1991. *Botánica. Clasificación, Estructura, Reproducción*. Segunda Edición. Ediciones de la Biblioteca, Caracas, Venezuela. 584 pp.
- Mandujano, S. 2004. *Análisis bibliográfico de los estudios de venados en México*. Acta Zool. Mex. (n.s.) 20(1):211-251.
- Mandujano, S. and Rico-Gray, V. 1991. *Hunting, use, and knowledge of the biology of the White-tailed deer (Odocoileus virginianus Hays) by the Maya of central Yucatán, Mexico*. J. Ethnobiol. 11(2):175-183.
- Nahed, J.; Villafuerte, L.; Grande, D.; Pérez-Gil, F.; Alemán, T. and Carmona, J. 1997. *Fodder shrub and tree species in the highlands of southern Mexico*. Anim. Feed Sci. Tech. 68:213-223.
- Ortiz, T.; Gallina, S.; Briones, M. y González, G. 2005. *Densidad poblacional y caracterización del hábitat del venado cola blanca (Odocoileus virginianus oaxacensis, Goldman y Kellog, 1940) en un bosque templado de la Sierra Norte de Oaxaca, México*. Acta Zool. Mex. 21(3):65-78.
- Pineda, M. 2007. *Comportamiento en pastoreo y características nutricias de especies consumidas por ovinos y caprinos en bosque de encino*. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. 77 pp.
- Rodríguez-Macías, R.; Ruiz-López, M.; García-López, P.; Zamora-Natera, F. and Ruiz-Moreno, J. 2005. *Nutritional potential of Lupinus exaltatus Zucc. for use as an alternative crop of high protein content*. Memorias de la I Iava. Conferencia Internacional sobre Lupinus. Guadalajara, Jalisco. México. Pp. 219-220.
- Russell, F.; Zippin, D. and Fowler, N. 2001. *Effects of White-tailed deer (Odocoileus virginianus) in plants, Plant populations and communities: A Review*. Am Midl Nat. 146(1):1-26.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México. 432 pp.
- Sanchiz, E. 1997. *Vocabulario y etimologías de la botánica*. Gráficas Hurtado. España. 170 pp.
- Sanginés, L.; Nahed, J.; Juárez, M. and Pérez-Gil, F. 2007. *In vivo and in situ digestibilities and nitrogen balance of Buddleia skutchii as a sole component and mixed with Pennisetum clandestinum in sheep diets*. Small Ruminant Res. 69:129-135.
- Silva-Villalobos, G.; Mandujano, S.; Arceo, G.; Gallina, S. and Perez, L. 1999. *Nutritional characteristics of plants consumed by the White-tailed deer in a tropical forest of Mexico*. Vida Silvestre Neotropical. 8(1-2):38-42.
- Strasburger, E.; Sitte, P.; Ziegler, H.; Ehrnedorfer, F. y Bresinsky, A. 1994. *Tratado de botánica*. 8ª edición castellana. Omega. España. 1068 pp.
- Swihart, R. and Picone, P. 1998. *Selection of mature growth stages of coniferous browse in temperate forests by*

- White-tailed deer* (*Odocoileus virginianus*). *Am Midl Nat.* 139(2):269-274.
- Velásquez, A.; Toledo, V. and Luna, I. 2000. *Mexican Temperate Vegetation*. En: Barbour, M. y Billings, W. Eds. *North American Terrestrial Vegetation*. Cambridge University Press, Nueva York. Pp. 571-592.
- Villarreal, J. 2006. *Venado Cola Blanca. Manejo y Aprovechamiento Cinegético*. UGRNL, Fundación Produce, N. L. A. C., CNOG. 2ª Edición. N. L. México. 401 pp.
- Villarreal-Espino, O. 2002. *El Grand-Slam de venado cola blanca mexicano, una alternativa sostenible*. *Arch Zootec.* 51:187-193.
- Villaseñor, J. 2004. *Los géneros de las plantas vasculares de la flora de México*. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 75:105-135.

Recibido: Marzo 1º, 2010

Aceptado: Julio 13, 2010

AVANCES EN INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (AIA)

DIRECTOR

José Manuel Palma García CUIDA-U. de C.

CONSEJO EDITORIAL

Agustín Orihuela Trujillo	FCA-UAEM	México	Janet Hummel Olivier	FMVZ-U. de C.	México
José Manuel Palma García	CUIDA-U. de C.	México	Rafael Herrera	Instituto de Ciencia Animal	Cuba
Milagros Milera Rodríguez	E. E. P. F. "Indio Hatuey"	Cuba			

COMITÉ EDITORIAL

Alfonso Pescador Rubio	CUIDA – U. de C.	México	Hilda Machado Martínez	EEPF "Indio Hatuey"	Cuba
Agustín Orihuela Trujillo	FCA – UAEM	México	Javier Valencia Méndez	FMVZ – UNAM	México
Anesio Mesa Sardiñas	EEPF. "Indio Hatuey"	Cuba	Humberto Jordán Vázquez	Instituto de Ciencia Animal	Cuba
Aslam Díaz	Instituto de Ciencia Animal	Cuba	Manuel García-Ulloa Gómez	LCM – UAG	México
Elaine Espino Barr	CRIP – Manzanillo	México	Martha Hernández Chávez	EEPF "Indio Hatuey"	Cuba
Félix Ojeda García	EEPF "Indio Hatuey"	Cuba	Octavio Pérez Zamora	INIFAP – Colima	México
Jaime Molina Ochoa	FCBA – U. de C.	México	Salvador Guzmán González	FCBA – U. de C.	México

Coordinadora editorial	Ma. Eugenia Rocha Zamora
Edición	Alberto Vega Aguayo
Diseño	Alma Patricia Álvarez González
Montaje	Pablo César Oliva Brizuela
Fotografía (portada)	José Manuel Palma García: <i>Clavellina</i> (<i>Pseudobombax ellipticum</i>) (Kunth) Dugand
Corrección de abstracts	Teresita Amezcua Jaeger

REVISTA CUATRIMESTRAL DE INVESTIGACIÓN Y DIFUSIÓN CIENTÍFICA AGROPECUARIA (ISSN 0188-7890). **Tiraje: 200 ejemplares.**

Avances en Investigación Agropecuaria es una revista académica de nivel internacional enfocada a la publicación de artículos originales arbitrados de tipo científico en el área agrícola, pecuaria, forestal, acuícola y pesquera, editada por la Universidad de Colima. Sus objetivos: apoyar, enriquecer, hacer efectivos y eficientes los procesos productivos agropecuarios, con el mantenimiento de un justo balance entre la conservación, la creciente demanda de alimentos, las exigencias del consumidor y la rentabilidad de la actividad primaria; a través de opciones de difusión de la investigación generada en la región, en México y otros países con problemáticas afines, con énfasis en ambientes tropicales (aunque se aceptan trabajos de otras latitudes).

Indizada en las bases de datos:

- EBSCO (sección "Fuente académica").
- LATINDEX: www.latindex.org
- PERIÓDICA: <http://dgb.unam.mx/periodica.html>
- ACTUALIDAD IBEROAMERICANA: <http://www.citchile.cl/b2c.htm>
- REDALyC: www.redalyc.org
- REDZOOT: www.uco.es/redzoot

Los artículos aquí publicados han sido cedidos por sus autores para su reproducción editorial y la información que contienen es responsabilidad exclusiva de los propios investigadores. Certificado de licitud de títulos y de contenido, en trámite. Reserva de derechos de autor en trámite.

Prohibida la reproducción total o parcial mediante cualquier método sin la previa autorización de la casa editora.

Correspondencia al editor o artículos a consideración del Comité Editorial, dirigirse a:

Ma. Eugenia Rocha Zamora: revaia@ucol.mx / aiagropecuarias@yahoo.com.mx

José Manuel Palma García: palma@ucol.mx

Av. Gonzalo de Sandoval no. 444. Col. Las Víboras, Colima, Col., C. P. 28045 (México) Tel. (312) 3 16 10 00 Ext. 40011

Fax: (312) 3 12 75 81. Apartado Postal No. 22 Colima, Col. (México) <http://www.ucol.mx/revaia>

© 2010. Universidad de Colima

Av. Universidad no. 333 Colima, Col., 28040, México.

Dirección General de Publicaciones

publicac@ucol.mx / Tels. (312) 31 6 10 81 y 31 6 10 00, ext. 35004

Comercializadora U. de C. comerci@ucol.mx Tel. (312) 31 3 84 84