

EVALUACIÓN DE CINCO ESPECIES VEGETALES COMO CULTIVOS DE COBERTURA EN VALLES ALTOS DE MÉXICO

EVALUATION OF FIVE PLANT SPECIES AS COVER CROPS IN THE HIGH VALLEYS OF MÉXICO

Hermilio Navarro Garza^{1*}, Ma. Antonia Pérez Olvera¹ y Fernando Castillo González²

¹Programa de Estudios del Desarrollo Rural y ²Programa de Genética, Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Km 36.5 Carr. México-Texcoco. 56230, Montecillo, Edo de México. Tel: 01 (595) 2-0200 Ext. 1853.

*Autor para correspondencia: (hermnava@colpos.mx)

RESUMEN

En este estudio se comparó la aptitud de cobertura vegetal del suelo y las principales características agronómicas, de cinco especies vegetales establecidas en Nonoalco (2250 msnm) e Ixayoc (2500 msnm), en el noreste del Estado de México. Las especies fueron: frijol ayocote (*Phaseolus coccineus*), dos variedades de haba (*Vicia faba*, var 'Purépecha' y 'V-35'), veza (*Vicia sativa*), y avena (*Avena sativa*, var Saia), en un diseño experimental bloques al azar con tres repeticiones, en parcelas experimentales de 6 x 4 m. Ayocote y haba fueron sembradas en surcos, veza y avena sembradas al voleo. Las variables evaluadas fueron cobertura del suelo y altura de planta, en cuatro fechas; producción de biomasa a 70 días y a la cosecha, y rendimiento de grano o forraje. La mejor cobertura la registraron avena y veza en ambos sitios; en Nonoalco el ayocote registró un comportamiento similar. La avena registró más crecimiento en ambos sitios y la veza registró el segundo mejor comportamiento. El haba 'Purépecha' registró el menor crecimiento en ambos sitios. Las mayores producciones de biomasa, para el conjunto de poblaciones y durante los dos periodos, fueron obtenidas en Nonoalco debido a sus mejores características físico-químicas del suelo

Palabras clave: *Avena sativa*, *Phaseolus coccineus*, *Vicia sativa*, cobertura del suelo.

SUMMARY

In this study we compared the plant coverage ability and main agronomic characteristics of five plant species in Nonoalco (2250 masl) and Ixayoc (2500 masl) in north eastern State of México. The populations were: Scarlet runner bean (*Phaseolus coccineus*), two faba bean varieties (*Vicia faba*, var 'Purepecha' and 'V-35'), common vetch (*Vicia sativa*), and oat (*Avena sativa* var 'Saia'), in an experimental design in random blocks with three replications, in 6 x 4 m experimental plots. The scarlet runner and faba beans were planted in rows, while the vetch and oat were thrown sowed. The main variables evaluated were: percentage of area coverage and plant height, on four dates; biomass production at 70 d and at harvest, and grain yield. The results showed differences among populations in ground coverage and agronomic characteristics. Oat and vetch had the best ground cover in both sites. Oat showed the highest growth in both sites, and vetch had the second best behavior. The 'Purepecha' faba

bean showed the lowest growth in both sites. The highest production of biomass for all populations in both periods, were obtained in Nonoalco because of its physical-chemical soil characteristics.

Index words: *Avena sativa*, *Phaseolus coccineus*, *Vicia sativa*, soil coverage.

INTRODUCCIÓN

En el centro de México existe una presión fuerte sobre el uso de suelo, debido a la sobrepoblación, la cual en particular ha ocasionado fragilización de los agroecosistemas y erosión de importantes superficies agropecuarias. En esta región Zebrowski (1992) estimó una superficie erosionada superior a 300 mil ha en Valles Altos del Eje Neovolcánico, con horizontes de origen volcánico aflorados en la superficie conocidos localmente como "tepetates". Pérez *et al.* (2000) señalaron que los suelos volcánicos endurecidos presentan restricciones físicas, químicas y biológicas que limitan la producción de cosechas por su baja aptitud productiva, y por estar ubicados en circunstancias orográficas onduladas que los hace altamente susceptibles a la erosión hídrica (Oropeza y Ríos, 1998). Se justifica entonces la búsqueda de opciones para mejorar la calidad de manejo de suelos y de coberturas vegetales del suelo que limiten los riesgos de erosión.

Los cultivos de cobertura son especies que se introducen en las rotaciones de cultivos para proporcionar servicios para el agrosistema, como: protección del suelo contra la erosión, captura y prevención de pérdidas de nutrientes del suelo, fijación del nitrógeno en el caso de leguminosas, incremento del carbono del suelo y mejoramiento de sus características físicas y químicas, incremento de la diversidad biológica con organismos benéficos y supresión de

maleza y plagas (Teasdale, 2004; Ernst, 2004). Por su parte, Pound (1998) destacó la importancia de estas especies en la alimentación humana y del ganado. Los beneficios de su uso se reflejan en el mismo ciclo de cultivo y en los ciclos subsecuentes, bajo un sistema de rotación de cultivos e incorporación de residuos. Los cultivos de cobertura son un recurso importante para la gestión favorable y sustentable de los sistemas de producción agrícola.

En zonas templadas las plantas más utilizadas como cultivos de cobertura son principalmente gramíneas y leguminosas. Las gramíneas más usadas son centeno (*Secale cereale* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.), avena (*Avena sativa* L.), triticale (*Triticum spp x Secale cereale*) y ballico (*Lolium multiflorum*); la avena es una alternativa interesante por la disponibilidad de variedades adaptadas a diferentes zonas. Las leguminosas mejor adaptadas son *Vicia villosa*, *Vicia sativa* y varios tréboles (*Trifolium spp*) de tipo blanco, de olor, de Alejandría y encarnado (Rufo y Parsons, 2004).

Los cultivos de cobertura reducen o evitan la erosión mediante cuatro formas: 1) El crecimiento foliar cubre y protege la superficie, amortigua la energía cinética de las gotas de lluvia, impide su golpe directo sobre el suelo y evita la destrucción de los agregados, que son de menor tamaño que las gotas de lluvia; 2) Reduce la velocidad de escurrimiento superficial del agua, evita formación de escorrentías que arrastren y destruyan las capas fértiles del suelo; 3) Las raíces se unen al suelo, en una masa que tiende a mantenerse cohesionada y que además favorece la aireación del suelo; 4) El cultivo de cobertura después de un año o dos, facilita la penetración del agua, debido a que las raíces descompuestas dejan conductos a través de las capas más densas y profundas hacia el subsuelo (Pound, 1998). Así mismo, cada kilogramo de humus puede retener varias veces su peso en agua, lo que hace disminuir la escorrentía y aumenta la infiltración (Labrador *et al.*, 1993).

Según el Servicio de Investigación Agrícola de EE. UU. (USDA-ARS, 2002), en cualquier sitio agrícola, siempre habrá una especie con atributos aprovechables como cultivo de cobertura o abono verde, que cumpla con las necesidades específicas de cada agricultor. Los cultivos de cobertura deben ser fáciles de manejar, no representar altos costos adicionales y, en algunos casos, generar productos útiles y recursos para los productores rurales. La importancia de la investigación consiste en favorecer la búsqueda de soluciones de fácil implementación, que permitan la conservación y restauración de la aptitud productiva de las parcelas.

En el presente estudio se evaluaron y compararon las características de cinco coberturas vegetales del suelo, generadas mediante cinco especies vegetales, en las que también se evaluó su potencial productivo, durante un ciclo de producción, en dos agroecosistemas del Valle de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron dos sitios para el establecimiento de los experimentos: Nonoalco, en el municipio de San Andrés Chiautla, y San Pablo Ixayoc en Texcoco, ambos municipios ubicados en la periferia oriental de la cuenca del Valle de México. En Ixayoc el lote experimental se ubicó al pie de monte de la Sierra Nevada (2500 msnm) en una parcela de ladera que tuvo como origen un tepetate roturado e incorporado a la agricultura hace unos 15 años. En Nonoalco, el lote se ubicó en planicie, a 2250 msnm en suelo profundo de tipo arcilloso. El clima, de acuerdo con García (1981), es: C(Wo)(w)b(i'); es decir, templado subhúmedo, con lluvias en verano, verano fresco, con una precipitación anual entre 600 y 700 mm, y temperatura media anual entre 12 y 18 °C. La geología es de tipo ígnea con presencia de rocas como: tobas, brechas, andesitas, reolitas, cenizas volcánicas y depósitos clásticos (Dirección General de Conservación de Suelo y Agua, 1983).

Como especies de cobertura se seleccionaron cuatro especies de uso local: Frijol ayocote (*Phaseolus coccineus*), haba (*Vicia faba*, variedades 'V-35' y 'Purépecha'), y avena (*Avena sativa*, var 'Saia'), más una especie con potencial para su adopción como cultivo de cobertura, veza (*Vicia sativa*). En cada sitio se estableció un experimento en bloques al azar con tres repeticiones, en parcelas experimentales de 6 m de largo por 4 m de ancho (5 surcos). Los cultivos de ayocote y haba fueron sembrados en surcos con 0.8 m de separación y una distancia entre matas (2-3 plantas) de 0.33 m. La veza y avena fueron sembradas al voleo.

Las variables evaluadas fueron:

Altura promedio de planta. Fue medida del suelo al extremo superior del dosel, a los 30, 61, 86 y 126 d después de la siembra. En las especies de crecimiento indeterminado, como es el caso del frijol ayocote y veza, se tomó sobre la masa vegetal postrada.

Porcentaje de cobertura del suelo por la población vegetal. Se estimó visualmente por al menos tres observadores; el valor utilizado es resultado de un promedio final. Las observaciones fueron realizadas a los 30, 61, 86 y 126 d después de la siembra.

Producción de biomasa. Se midió a los 70 d y a la cosecha. Para las poblaciones sembradas en surcos (haba y frijol ayocote) se tomó un área aproximada de 2 m² con 0.80 m de ancho del surco y aproximadamente 2.5 m de largo, valor que fluctuó dependiendo de la distancia entre las matas ubicadas en los bordes al inicio y al final de la medición; en ambos casos se consideró el punto medio entre una mata y otra. La biomasa de las poblaciones sembradas al voleo se muestreó al azar, en cinco áreas de 0.2 m², para un total de 1.0 m² de superficie por cada unidad experimental. El material vegetal fue secado a 70 ° C durante 48 h hasta peso constante, lo cual se hizo en estufa con aire forzado.

Rendimiento de grano. En ayocote y haba se consideró el surco central de la unidad experimental previa eliminación de los extremos. Para los cultivos de siembra al voleo, se consideró 1 m² central. El material fue secado en una estufa de aire forzado.

Muestreo y análisis de suelo. En cada sitio se integró una muestra a partir de seis submuestras aleatorias de suelo, que se analizaron de acuerdo con los métodos propuestos por la American Society of Agronomy and Soil Science Society of America (1996), para: pH, materia orgánica, nitrógeno total, calcio, magnesio, sodio, potasio, fósforo y textura.

Análisis estadístico. Consistió en análisis de varianza y pruebas de comparación de medias, considerando como principales fuentes de variación los sitios y las especies.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físico-químicas de los dos suelos

Entre los sitios experimentales la textura de los suelos es diferente; la de Nonoalco se clasificó como franco-arcillosa mientras que la de Ixayoc correspondió al tipo franco arcillo-arenosa (Cuadro 1). Además hubo diferencias en materia orgánica y nitrógeno total, ya que de acuerdo con la norma NOM-021-RECNAT-2000 (Diario Oficial de la Federación, 2002) los valores en Nonoalco se clasifican como medios y en Ixayoc como bajos; de igual

modo, el Ca se clasificó en Nonoalco como alto y en Ixayoc como medio. En Mg, K, Na y P no hubo diferencias significativas entre los dos sitios, los cuales se clasificaron con niveles alto, medio, muy bajo y alto, respectivamente. Debido a tales diferencias, es posible que en Ixayoc hubiera habido más limitaciones para la producción de cosechas.

Comparación de cultivos de cobertura

Altura de planta. Esta variable se ha considerado útil para el diagnóstico agronómico, porque se podría asociar con el área foliar y la biomasa producida. Los resultados obtenidos en altura mostraron la superioridad de los cultivos de haba ('Purépecha' y 'V-35') y la avena, sobre todo ésta última, al momento de la cosecha (Figura 1). En contraparte, el ayocote y la veza presentaron las menores alturas en ambos sitios experimentales, debido a su hábito de crecimiento postrado.

Al correlacionar las alturas de las especies medidas en cuatro fechas, se encontró que todas fueron significativas (Cuadro 2). Destaca el hecho de que la altura medida a los 30 d correlacionó en forma positiva y significativa con las alturas de las tres fechas siguientes: a los 61 (r=0.93**), 86 (r=0.82*) y 126 d (r=0.80*), lo cual indica que la altura medida a 30 d puede servir para seleccionar a los cultivos más vigorosos. El crecimiento rápido es un aspecto importante para las especies que se usan como cobertura, ya que deben proporcionar una completa cobertura del suelo, con vegetación densa y un rápido crecimiento (Teasdale, 2004).

Cobertura. La cobertura vegetal lograda durante la etapa inicial y hasta los 60 d está asociada a elevadas coberturas vegetales en estados posteriores, de manera que durante el ciclo de cultivo puede reducir el impacto de las gotas de lluvia, los riesgos de erosión y así favorecer la conservación del suelo y algunos atributos de su calidad, además del aporte posterior de residuos orgánicos al suelo.

Cuadro 1. Características físicas y químicas de suelos en los dos sitios experimentales San Pablo Ixayoc y Nonoalco, Estado de México.

Sitio	pH	MO (%)	N (%)	Ca	Mg	K mg kg ⁻¹	Na	P	Textura
Nonoalco	6.8	1.8	0.11	2543	737	159	40	20.0	Franco arcillosa
Ixayoc	6.3	0.6	0.04	1150	499	226	33	10.8	Franco arcillo-arenosa

MO=Materia orgánica; N=Nitrógeno total.

Cuadro 2. Correlaciones entre alturas de planta a los 30, 61, 86 y 126 d, de cinco especies en dos sitios experimentales.

	Altura 30 d	Altura 61 d	Altura 86 d
Altura 30 d	1		
Altura 61 d	0.93*	1	
Altura 86 d	0.82*	0.84*	1
Altura 126 d	0.80*	0.81*	0.95*

* Significativo a $P \leq 0.05$.

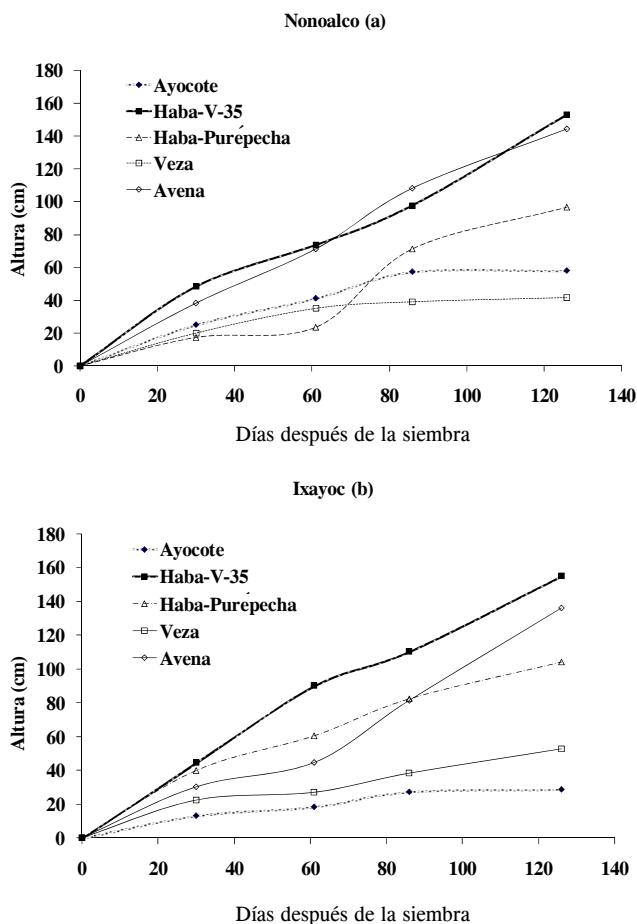


Figura 1. Altura de planta en las poblaciones vegetales de las especies evaluadas en Nonoalco (a) y en Ixayoc (b), Estado de México.

En Nonoalco, los cultivos de veza y avena mostraron los mejores porcentajes de cobertura a los 30 d; a los 61, 86 y 126 d después de la siembra, los cultivos que mostraron las mejores coberturas fueron: ayocote, avena y veza, con porcentajes de cobertura cercanos a 100 % desde los 86 días (Figura 2a). Los menores valores correspondieron a las dos variedades de haba, las cuales tuvieron valores cercanos a 80 % de cobertura al final del ciclo. El frijol ayocote presentó aptitudes similares a veza y avena en Nonoalco, y tal vez sería similar en otros agroecosistemas de características similares en Valles Altos.

En Ixayoc, los cultivos sembrados al voleo (veza y avena) mostraron el mejor porcentaje de cobertura a los 30 d. y ambos cultivos continuaron teniendo la mayor cobertura a los 61, 86 y 126 d después de la siembra (Figura 2b). Estas dos especies lograron 100 % de cobertura desde los 86 d. Los cultivos de haba ‘V-35’ y ayocote no lograron 100 % de cobertura a los 126 d. La variedad de haba ‘Purépecha’ registró el menor porcentaje de cobertura con menos de 80 % al final del ciclo. Estos resultados demuestran la aptitud de veza y avena como cultivos eficientes para establecer una rápida cobertura vegetal, y en consecuencia podrían proteger mejor la superficie del suelo. A diferencia en lo observado en altura de planta, el porcentaje de cobertura del suelo estimada a los 30 d, no registró asociaciones significativas con las coberturas estimadas a los 61, 86 y 126 d. Fue hasta los 61 d cuando la cobertura mostró asociaciones significativas con las dos fechas posteriores, con valores de correlación de 0.88 y 0.93 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Correlaciones entre coberturas de suelo a los 61, 86 y 126 d, de cinco especies en dos sitios experimentales.

	Cobertura 61 d	Cobertura 86 d
Cobertura 61 d	1	
Cobertura 86 d	0.88 *	1
Cobertura 126 d	0.93 *	0.91 *

* Significativo a $P \leq 0.05$.

Minoldo *et al.* (2004) señalaron que con la utilización de cultivos de cobertura se ha registrado mayor disponibilidad de N, P y S en el suelo, por la mayor formación de compuestos orgánicos lábiles; también se han observado efectos positivos de las leguminosas sobre las propiedades químicas del suelo y sobre el balance nutrimental.

Rendimiento de grano. En el Cuadro 4 se muestran los rendimientos de grano de las especies evaluadas, con excepción de avena que fue evaluada como cultivo forrajero, que es como se usa en los Valles Altos del Eje Neovolcánico.

Cuadro 4. Rendimiento de grano de ayocote, haba y veza en Nonoalco y San Pablo Ixayoc, Edo. de México.

Cultivo	Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹)	
	Nonoalco	Ixayoc
Ayocote	2960.5 a	1483.8 b
Haba 'V-35'	258.2 a	295.6 a
Haba 'Purépecha'	864.7 a	914.6 a
Veza	0.00 b	1061.3 a

Letras iguales en una hilera indican diferencias no significativas entre los dos sitios experimentales (Tukey, 0.05).

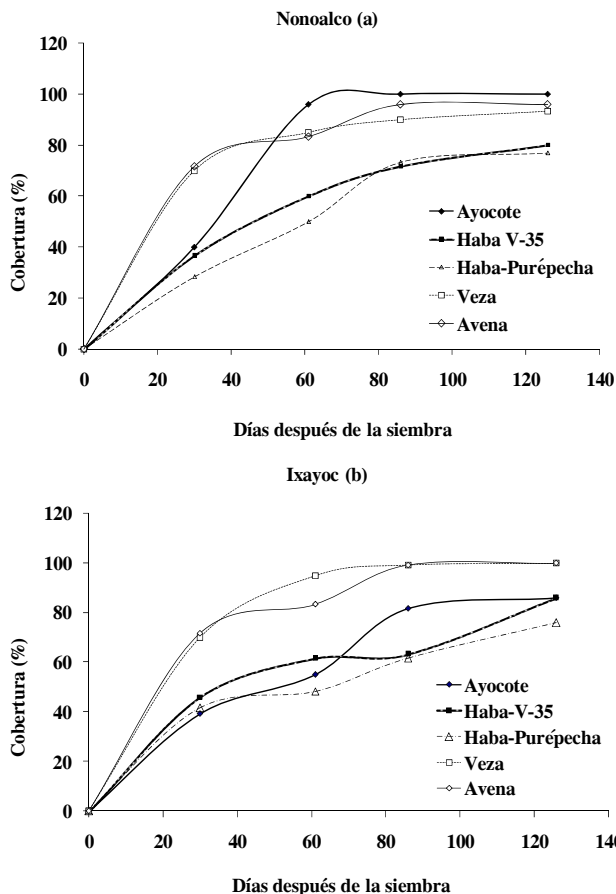


Figura 2. Cobertura del suelo durante el ciclo de cultivo por las especies evaluadas, en los sitios Nonoalco (a) e Ixayoc (b), Estado de México.

El frijol ayocote y la veza presentaron diferencias marcadas en los dos sitios experimentales. En Nonoalco el ayocote produjo 2.96 t ha⁻¹ y en Ixayoc 1.48 t ha⁻¹, diferencia que fue significativa ($P \leq 0.05$). En contraste, en Ixayoc la veza rindió 1.06 t ha⁻¹ mientras que en Nonoalco prácticamente no produjo grano, debido al acame y a una pudrición importante de la planta, que afectó hasta las vainas.

Las poblaciones de haba 'V-35' y 'Purépecha' rindieron igual ($P \leq 0.05$) en ambos sitios experimentales, aunque 'Purépecha' (914 y 864 kg ha⁻¹ en Ixayoc y Nonoalco, respectivamente), superó a 'V-35' (295 y 258 kg ha⁻¹ en Ixayoc y Nonoalco, respectivamente); estos resultados son inferiores a los reportados por Navarro (1998) en el Estado de México.

Producción de biomasa. La producción de biomasa entre los 0 y los 70 d y entre los 70 y 126 d después de la siembra, se muestra en la Figura 3. En ambos sitios la avena presentó la mayor producción de biomasa durante los dos periodos, seguida por la veza y el haba 'V-35' que tuvieron valores de producción de biomasa intermedios, mientras que ayocote y haba 'Purépecha' dieron las menores producciones de biomasa. La producción de biomasa en los dos sitios experimentales, en orden decreciente, fueron: avena > veza = haba 'V-35' > ayocote = haba 'Purépecha'.

El análisis estadístico de la biomasa producida en los dos sitios experimentales (Cuadro 5) indicó diferencias significativas entre los dos sitios, tanto a los 70 como a los 126 d después de siembra, así como entre especies. En Ixayoc la producción de avena a la cosecha fue mayor a la de Nonoalco, pero a los 70 d la biomasa de avena fue igual en los dos sitios experimentales. La veza se clasificó en segundo lugar en producción de biomasa, sin diferencias entre sitios.

La producción de biomasa seca en avena fluctuó de 10.4 a 14.9 t ha⁻¹, y es similar a la que ha reportado el Instituto de Investigaciones y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (1998) para la avena 'Saia', con rendimientos en forraje que fluctúan entre 11 y 14 t ha⁻¹. Es decir, estos resultados contribuyen a validar agrónomicamente el potencial de avena entre sitios y años. Schomberg *et al.* (2006) reportaron una especie de avena (*Avena strigosa* Schreb) y de rábano (*Raphanus sativus* L.) como cultivos de cobertura con potencial en el sureste de EE. UU., con base en la producción de biomasa y la disponibilidad y dinámica del N mineralizado en el ciclo siguiente, en confrontación con poblaciones de trébol (*Trifolium incarnatum* L.) y centeno (*Secale cereale* L.), en un experimento de cinco años. El centeno produjo de 40 a 60 % más de biomasa pero su tasa de N mineralizado fue entre 20 a 50 % más lenta que para las otras tres poblaciones evaluadas; avena y rábano fueron similares al trébol en la producción de biomasa y en la dinámica del N mineralizado en el suelo.

Las referencias acerca de la veza como cultivo de cobertura son muy escasas. Márquez *et al.* (1992), en una investigación a cinco años evaluaron veza establecida durante el primer año de roturación de un tepetate en el Estado de Tlaxcala, con incorporación posterior de 40 t ha⁻¹ de estiércol de bovino y tres dosis de fertilización: 0-60-0,

Cuadro 5. Comparativo de producción de biomasa (kg ha⁻¹) a los 70 días y a la cosecha en San Pablo Ixayoc y Nonoalco, Edo de México (comparación horizontal Especie-Tipo de biomasa-Sitios).

Cultivo	Biomasa a los 70 días		Biomasa a la cosecha	
	Nonoalco	Ixayoc	Nonoalco	Ixayoc
Ayocote	3273.5 a	817.5 b	5178.9 a	1493.2 b
Haba ('V-35')	2543.9 a	1661.2 b	5275.7 a	5211.0 a
Haba ('Purépecha')	1455.7 a	1295.6 a	2771.6 a	1677.4 a
Veza	3326.5 a	2611.3 a	5800.0 a	6212.9 a
Avena	6305.4 a	6625.5 a	10481.9 b	14918.4 a
DMS (0.05)	879.9		1329.6	

Literales iguales en una hilera indican diferencias no significativas entre sitios, para cada fecha de cosecha (Tukey, 0.05).

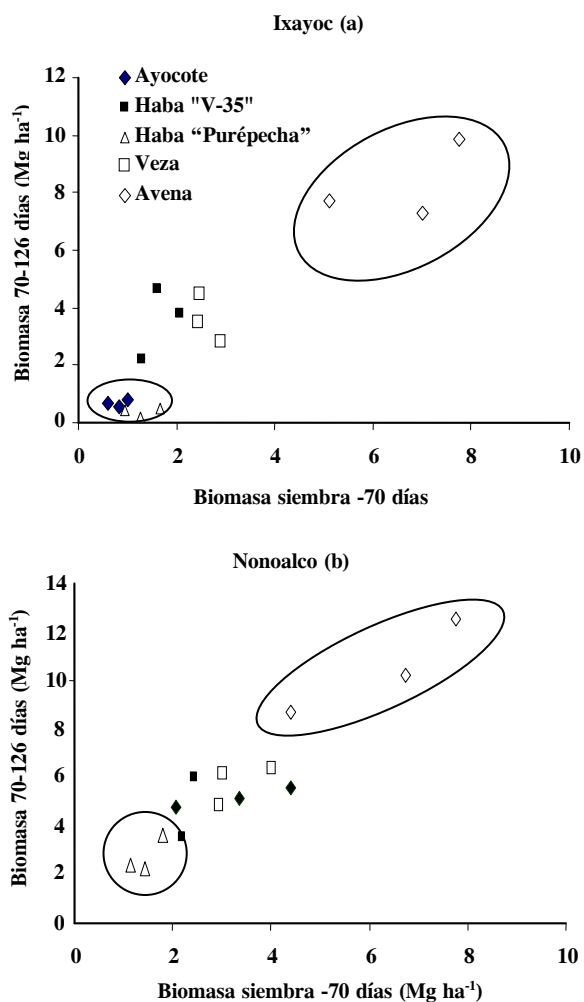


Figura 3. Comparativo de la producción de biomasa entre cinco poblaciones, a los 70 y 126 d en Ixayoc (a) y Nonoalco (b), Estado de México.

60-60-0 y 120-60-0, de N-P-K. La veza produjo entre 2.8 y 4.8 t ha⁻¹ de biomasa, y las parcelas abonadas con estiércol dieron los mayores rendimientos. Estos mismos autores citaron a Hernández (1991), quien reportó una producción de veza de 7.4 t ha⁻¹.

Benítez (citado por Navarro (1998) evaluó maíz (*Zea mays* L.) en el segundo año agrícola del mismo tepetate roturado y utilizado por Márquez *et al.* (1992), y encontró efectos significativos en índice de cosecha, número de granos por hilera y número de granos por mazorca, que el autor atribuyó a los efectos favorables de la veza al haber mejorado las características nutrimentales del tepetate, y así favorecido la eficiencia productiva del maíz.

En cuanto al potencial de la veza para conservar y restaurar suelos, Álvarez *et al.* (2000) registraron en Tlaxcala que los tepetates sin cultivo, con y sin incorporación previa de estiércol de bovino, al inicio presentaron menor número de bacterias, actinomicetos y hongos que los tepetates donde se cultivó y se incorporaron rastrojos, veza o policultivo de maíz-frijol. Según estos autores, el mayor crecimiento de los tres grupos microbianos se registró en los tratamientos donde se incorporó la veza, sobre todo en el tepetate que no tuvo incorporación de estiércol en el ciclo previo.

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP-Uruapan, Michoacán, 2006) reportó que la producción forrajera de veza de invierno puede alcanzar de 8.4 a 12.5 t ha⁻¹ a finales del otoño, y que con un segundo corte en abril se lograron rendimientos entre 16 y 26 t ha⁻¹ de forraje verde. Tales experiencias en diversas regiones muestran interés en la producción de biomasa de veza, cultivo que además es estratégico para recuperar suelos de tepetate roturado por sus efectos posteriores en mejorar su productividad. Por ello es pertinente resaltar el potencial de veza para agroecosistemas similares en Valles Altos del Eje Neovolcánico.

La agricultura de cobertura tiene su origen en la experimentación campesina y en la búsqueda de alternativas que se acomoden a las necesidades económicas y exigencias climáticas propias de cada región. Entre regiones se emplean distintas especies, con fines que van desde la alimentación humana, la provisión de forraje y hasta el mejoramiento del suelo (Centro Internacional de Información sobre Cultivos de Cobertura-CIDICCO, 2004).

Es importante resaltar el potencial y la importancia multipropósito de los cultivos que aquí fueron evaluados, tanto por el interés en la producción del forraje y la cobertura del suelo, como es el caso de avena y veza, como su importancia alimenticia y económica, en el caso de haba y ayocote.

CONCLUSIONES

Los cultivos de haba (variedades 'Purépecha' y 'V-35') y avena mostraron superioridad en altura, sobre todo la avena, al momento de la cosecha. En contraparte, ayocote y veza presentaron las menores alturas en ambos sitios experimentales, debido a su hábito de crecimiento postrado. La cobertura vegetal de la etapa inicial y hasta los 60 d está asociada a las mayores coberturas vegetales evaluadas a los 86 y 126 d. En particular, los cultivos de veza y avena mostraron los mejores porcentajes de cobertura a los 30, 61, 86 y 126 d, en ambos sitios experimentales. El ayocote en Nonoalco presentó resultados similares a los 61, 86 y 126 d.

El frijol ayocote y veza presentaron los mayores rendimientos de grano con diferencias significativas entre sitios, con un rendimiento para ayocote de 2.96 t ha⁻¹ y 1.48 t ha⁻¹ y para veza de 1.06 t ha⁻¹ y prácticamente cero, en Nonoalco e Ixayoc, respectivamente. Las habas 'Purépecha' y 'V-35' presentaron rendimientos similares en ambos sitios, con valores de rendimiento entre 914 y 864 kg ha⁻¹ para 'Purépecha' y entre 295 y 258 kg ha⁻¹ para 'V-35', en Ixayoc y Nonoalco, respectivamente.

La biomasa producida también registró diferencias significativas entre sitios, tanto a los 70 como a los 126 d después de siembra. Entre especies, la avena presentó la mayor producción de biomasa durante los dos periodos, en ambos sitios, seguida por veza y haba 'V-35' con valores intermedios de producción.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez S J, R Ferrera, J D Etchevers (2000) Actividad microbiana en tepetate con incorporación de residuos orgánicos. *Agrociencia* 34:523-532
- American Society of Agronomy and Soil Science Society of America (1996) Chemical Methods. *In: Methods of Soil Analysis*. J M Bartels (ed). Madison, Wisconsin. 1390 p.
- Centro Internacional de Información sobre Cultivos de Cobertura-CIDICCO (2004) La jícama (*Pachyrhizus erosus*): una opción para mejorar los suelos y generar ingresos. Noticias sobre Cultivos de Cobertura. No. 11. M Flores, N Sagastum (comps). <http://www.cidicco.hn/boletin12.htm> (2 diciembre, 2004).
- Diario Oficial de la Federación (2002) NOM-021-RECNAT-2000. Norma que Establece las Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos. Estudio, Muestreo y Análisis. pp:97-175.
- Dirección General de Conservación de Suelo y Agua (1983) Inventario de Áreas Erosionadas en el Estado de México y D. F. SARH. México, D. F. 148 p.
- Ernst O (2004) Leguminosas como Cultivo de Cobertura. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*. N° 21. 9 p.
- García E (1981) Modificaciones al Sistema Climático de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 3ra ed. Univ. Nal. Autónoma de México. México, D. F. 246 p.
- Instituto de Investigaciones y Capacitación Agropecuaria, Acuicola y Forestal del Estado de México (1998) Secretaría de Desarrollo Agropecuario-SEDAGRO. Manual de Paquetes Tecnológicos. Delegación Regional III, Texcoco, Estado de México. 22 p.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)- Campus Uruapan (2006) Guía Técnica para Producir Veza de Invierno en la Meseta Purépecha. 8 p. [http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/michoacan/inifap/veza_tdur.pdf#search='rendimiento%20de%20veza'](http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/michoacan/inifap/veza_tdur.pdf#search='rendimiento%20de%20veza) (4 octubre, 2006).
- Labrador M J, C A Guiberteau, B López, P J Reyes (1993) La Materia Orgánica en los Sistemas Agrícolas. Manejo y Utilización. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Junta de Extremadura. España. Hojas divulgativas 3/93 HD. 43 p.
- Márquez R A, C Zebrowski, H Navarro (1992) Alternativas agronómicas para la recuperación de tepetates. *Terra* 10:465-473.
- Minoldo G, J Galantini, R Rosell, H Krüger, S Venanzi (2004) Fracciones orgánicas en suelos de la región semiárida bajo diferentes rotaciones. Mem. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. 22-25 junio. Paraná, Argentina. 7 p.
- Navarro G H (1998) Potencialidades agronómicas y sistemas rotacionales para la recuperación de suelos volcánicos endurecidos. *In: Aptitud Productiva en Suelos Volcánicos Endurecidos (Tepetates)*. H Navarro, H Poupon, M A Pérez (eds). CP-ORSTOM. México. 180 p.
- Oropeza M J, D Ríos (1998) Modelos matemáticos de erosión hídrica para la optimización de la rehabilitación de tepetates con fines agrícolas: *In: Aptitud Productiva en Suelos Volcánicos Endurecidos (Tepetates)*. H Navarro, H Poupon, M A Pérez (eds). CP-ORSTOM. México. 180 p.
- Pérez O A, J D Etchevers, H Navarro, R Nuñez (2000) Aporte de los residuos del cultivo anterior al reservorio de nitrógeno en tepetates. *Agrociencia* 34:115-125.
- Pound B (1998) Cultivos de cobertura para la agricultura sostenible en América. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica". <http://www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/AGROFOR1/Agrofor1.htm> (7 de Julio de 2006). 24 p.
- Ruffo M L, A T Parsons (2004) Cultivos de Cobertura en Sistemas Agrícolas. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*. N° 21. 8 p.
- Schomberg H H, M Endale, A Calegari, R Peixoto, M Miyazawa, M L Cabrera (2006) Influence of cover crops on potential nitrogen availability to succeeding crops in a southern piedmont soil. *Ecol. Fert. Soils* 42:299-307.
- Teasdale J R (2004) Principios y prácticas para el uso de cultivos de cobertura en el manejo de sistemas de malezas *In: Manejo de Malezas para Países en Desarrollo (Addendum I)*. R Labrada (ed).FAO -ONU. <http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s00.HTM>.
- United States Department of Agriculture-Agricultural Research Service, USDA-ARS (2002) Sustainable Agricultural Systems Laboratory. Cover Crops in Agriculture-An Old New Concept. www.barc.usda.gov/anri/sasl/covercrops.html (20 mayo, 2006).
- Zebrowski C (1992) Los suelos volcánicos endurecidos en América Latina. *Terra* 10:15-23.