

CARACTERIZACION HIDROLOGICA DEL AGUACATE EN MICHOACAN

L.M.Tapia-Vargas^{1/}, A. Larios^{1/}, I. Vidales^{1/}, M. Bravo^{1/}, A. Hernández,^{1/} L. Tapia V.^{2/}

^{1/} INIFAP. Av. Latinoamericana 1101. Col. Revolución Uruapan, Mich. tapia.luisuario@inifap.gob.mx

^{2/} Centro de Estudios Técnicos Industrial y de Servicios Num. 27. Km 7 Carr. Uruapan-Zamora, Uruapan, Mich. C.P. 60650

Resumen

La hidrología del aguacate es un factor de cambio en las anteriormente laderas boscosas del sur y noreste del Eje Neovolcánico en Michoacán, México. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la hidrología del aguacate en función de la cobertura del suelo y el efecto en calidad y cantidad del escurrimiento, la salida de sedimentos y el agua de infiltración. El trabajo se efectuó en un huerto comercial en producción con lotes de escurrimiento de 24 m de largo y 5m ancho, bajo pendiente similar (10%) y tres tratamientos de estudio: 1. Entre la línea de árboles de aguacate, 2. Dentro de la línea de árboles de aguacate, 3. Bosque natural de pino. En cada cobertura del suelo se evaluó el escurrimiento, drenaje, intercepción de lluvia, precipitación, calidad del agua de escurrimiento y de drenaje. Asimismo se obtuvo la tasa de intercepción de la lluvia por el dosel del aguacate y del bosque natural. Los resultados indican que la lluvia total registrada alcanzó 1113 mm entre los meses de junio y septiembre, el escurrimiento en los lotes experimentales dentro del aguacate fue de 4.4 mm, fuera del tronco 8.7 mm, mientras que en el bosque generó 7.7 mm. La erosión total fue menor de 0.3 ton/ha en los tres tratamientos y la calidad del agua de infiltración tuvo un pH de 7.0 y 7.4, salinidad de 113 y 249 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y de N-NO_3 8.5 ppm y 2.04 ppm, para aguacate y bosque respectivamente.

HYDROLOGIC CHARACTERIZATION OF AVOCADO IN MICHOACAN

Summary

Avocado hydrology is a change factor in the earliest hillslope woodlands of south and northwest of the volcanic stripe of Michoacan, Mexico. The aim of this paper was to characterize avocado hydrology and its relation with soil cover and quality and quantity runoff, sediment outputs and infiltration soil water. In a commercial orchard three treatments were established, under similar slope (10%). Runoff plots were 24 m long and 5 m wide. Treatments consisted of 1. Outside the tree rows; 2. In the interior of the tree rows; 3. Natural temperate forest. Evaluated variables were runoff, drainage, rainfall interception, rainfall and runoff and drainage water quality. Furthermore rainfall interception rate by avocado and forest canopy was determined. Results indicated that total registered rainfall reached 1113 mm among June to September of 2010. Runoff plots inside trees registered 4.4 mm, outside avocado stems reached 8.7 mm, whereas forest generated 7.7 mm. Total sediment outputs in the three treatments was fewer than 0.3 ton/ha and quality water infiltration got values of pH 7.0 and 7.4, salinity 113 and 249 $\mu\text{S}/\text{cm}$, N-NO_3 8.5 ppm y 2.04 ppm, for avocado and forest respectively.

Biografía:

El autor realizo estudios de doctorado en el Colegio de Postgraduados y tiene una experiencia laboral de 30 años en el INIFAP.

Autor y coautor de varias publicaciones relacionadas con el aguacate y otros frutales

INTRODUCCION

La industria del aguacate en Michoacán, enfrenta retos importantes para su desarrollo en el marco de producción sustentable. Por un lado representa la principal actividad económica del sector agroindustrial en el estado y por otro es uno de los factores que inciden con la pérdida de superficie boscosa,

impactando con el 25%, mientras que la tala clandestina, los incendios forestales y la deforestación comercial impactan con un 70% en las casi 12,000 hectáreas que se pierden cada año en el estado (Toledo *et al*, 2009).

El ciclo del agua de manera natural inicia con la precipitación pluvial, de la cual los componentes infiltración, escurrimiento, intercepción, se relacionan directamente con la cubierta vegetal del suelo y su principal efecto que es la erosión, la calidad del agua de infiltración y la recarga de acuíferos tiene un impacto directo sobre los recursos hídricos disponibles. El estado de Michoacán, se distingue por la abundancia de sus recursos hídricos pero la merma ha sido significativa en los últimos 30 años, al grado que importantes cuerpos de agua han perdido superficie hídrica (Tiscareño *et al*, 1999) o bien se ha reducido el caudal de ríos como el Cupatitzio (Tapia *et al*, 2009).

La simple presencia humana origina impacto ambiental en la mayoría de los casos perjudicial, recursos tan importantes como los manantiales que originan el río Cupatitzio, algunos brotan ya contaminados debido a causas humanas exclusivamente, sin embargo, es imposible la sobrevivencia humana sin hacer uso de los recursos naturales por lo que debe haber una base racional en su explotación sin propiciar su degradación. La degradación ambiental puede conducir a severo perjuicio social y amenaza el desarrollo económico local vulnerando la capacidad de producción (Pinstrup-Andersen y Pandya-Lorch 1999). El suelo y el agua son la base para lograr desarrollo económico y social pero su deterioro o erosión implican pérdida de sostenibilidad agroecológica (Carter, 2002), la calidad del suelo es un indicador ideal del manejo sostenible del suelo (Herrick 2000).

Los suelos de la zona aguacatera de Michoacán son deficitarios de N, P y cationes por lo que la adición de fertilizantes y estiércoles es una práctica común para mantener un huerto productivo (Tapia *et al*, 2006); esta práctica podría lixiviar nitratos y cationes hacia aguas subsuperficiales o arrastrar P a lagos o reservorios de agua propiciando el crecimiento de organismos indeseables (Bundy *et al*, 2001), sin embargo, la aplicación de estiércoles en las huertas, además de incrementar el contenido de materia orgánica, puede suministrar nutrientes y puede contribuir a reducir el escurrimiento y la lixiviación de nutrientes (Gillie y Risse 2000).

El cultivo del aguacate como principal actividad económica del eje neovolcánico michoacano, requiere el estudio de las condiciones en que se desarrolla, el impacto ambiental y el efecto de las actividades de manejo en el medio. A la fecha no hay evidencias del impacto del cultivo del aguacate, del manejo de las huertas, en la hidrología y en la calidad del agua de escurrimiento y de infiltración. En este trabajo se estudia una parte del impacto ambiental para caracterizar las variables hidrológicas en las huertas de aguacate. El objetivo de este trabajo es caracterizar la hidrología del aguacate en función de la cobertura del suelo y el efecto en calidad y cantidad de los componentes del balance de humedad y la salida de sedimentos.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se estableció en la zona aguacatera de Michoacán, en huertos de productores cooperantes con árboles de 5 años de edad y con parte del área cubierta con bosque natural original en las mismas condiciones de suelo y pendiente. El sitio está en la localidad de el Rosario, municipio de Nuevo San Juan Parangaricutiro.

Se diseñaron parcelas de escurrimiento (Figura 1), en superficie estándar de 60 m² en condiciones similares de pendiente y con diferente sistema de manejo de suelo en las cuales se establecieron los siguientes tratamientos:

1. Entre la línea de árboles de aguacate con baja pendiente (10%)
2. Dentro de la línea de árboles de aguacate con baja pendiente (10%)
3. Bosque natural de pino con baja pendiente (10%)
4. Bosque natural de pino con alta pendiente (40%)

5. Entre la línea de árboles de aguacate con alta pendiente (40%)
6. Dentro de la línea de árboles de aguacate con alta pendiente (40%)



Figura 1. Lote de escurrimiento en el tratamiento dentro de la línea de árboles de aguacate y en bosque natural.

Se midió también la capacidad de interceptación de la lluvia de cada tratamiento mediante dispositivos colocados debajo de la cubierta vegetal tanto de manera transversal como longitudinal, con ocho dispositivos por tratamiento, los cuales interceptan la lluvia que atraviesa el dosel y se almacena en un recipiente cerrado herméticamente.

Las variables a registrar fueron: precipitación, escurrimiento, salida de sedimentos, calidad del agua efluente a diferentes profundidades 0, 50 y 100 cm (tubos de succión). Las variables de calidad del agua fueron: pH, C.E. (dS m^{-1}), nitratos y K. Los análisis se efectuaron con equipos electrónicos (ionómetros Horiba ® para nitratos (modelo C-141) y K (modelo C-131), potenciómetro y conductímetro portátil Horiba ® modelos B-213 y B-173, respectivamente.

Los análisis de datos incluyen metodología estadística como análisis de varianza para las variables registradas y comparación estadística de medias con SAS. Ello permitirá identificar y cuantificar el impacto ecológico del sistema aguacate bajo diferentes condiciones de desarrollo del cultivo.

Paralelamente se evaluó mediante una imagen de satélite Land Sat 2007 la cobertura vegetal del área aguacatera que comprende los municipios de Michoacán productores de aguacate (Cuadro 1). Los municipios se ubican en las inmediaciones del eje neovolcánico. Con la imagen se obtuvo la superficie cubierta por bosque, aguacate, cultivos básicos y pastizales mediante procesamiento digital de imágenes con el sistema de información geográfica ArcView e IDRISI y el modelo de elevación digital de INEGI. Finalmente se obtuvo la imagen de aporte de sedimentos y escurrimiento de cada cobertura.

Cuadro 1. Municipios productores de aguacate y otros vegetales de Michoacán LAND-SAT 2007.

CLAVE MUNICIPIO	NOMBRE MUNICIPIO	SUPERFICIE ha.	Aguacate (ha)	Bosque Pino y/o encino	Cultivos básicos
001	Acuitzio	17,521.86	0.7	8,204.2	6,776.1
006	Apatzingán	163,675.52	107.9	24,257.6	20,071.1
009	Ario	69,320.15	4,659.1	28,427.2	26,478.5
021	Charapan	23,207.28	0.00	10,856.0	11,705.3
024	Cherán	22,130.18	0.00	14,243.8	7,295.1
032	Erongarícuaro	24,493.40	12.6	10,970.6	8,119.6
049	Los Reyes	47,782.4	3,901.2	21,633.3	13,689.7
051	Madero	101,285.50	0.1	83,993.8	5,479.5
056	Nahuatzen	30,236.30	4.9	14,461.9	13,863.3
058	Nuevo Parangaricutiro	23,344.51	6,554.7	11,501.4	4,702.2
065	Paracho	24,255.46	0.0	10,588.2	11,927.8
066	Pátzcuaro	43,576.81	7.9	4,406.3	3,609.1
068	Peribán	33,053.89	11,366.5	18,948.2	17,206.9
079	Salvador Escalante	48,361.98	4,110.9	11,717.4	28,663.1
082	Tacámbaro	78,429.19	14,228.5	24,739.1	19,707.6
083	Tancítaro	71,031.34	27,530.5	24,110.7	16,140.2
084	Tangamandapio	31,326.27	313.6	6,870.0	12,092.5
090	Tingambato	18,633.48	4,200.8	6,146.3	5,797.9
091	Tingüindín	17,289.95	6,074.1	5,593.8	4,321.5
102	Uruapan	100,820.82	14,402.2	53,762.5	17,372.8
111	Ziracuaretiro	15,896.85	6855.4	4,743.8	4,743.8
TOTAL		1,005,673.20	100,666.9	402,287.8	259,763.6

RESULTADOS Y DISCUSION

A pesar de haber sido un año con altas precipitaciones en el estado de Michoacán, en el sitio experimental fue una temporada de lluvias con menor registro de precipitación (1079 mm en total, Cuadro 1). Ello fue debido a que el mes de Octubre y noviembre no se registraron lluvias apreciables y el temporal se desvaneció pronto. Gutiérrez *et al*, (2010), mencionan que la lluvia en la zona aguacatera de Michoacán es de 800 a 1500 mm, lo cual es concordante con la lluvia que se registró en este experimento y que alcanzó los 1079 mm, a pesar de ser una lluvia muy alta para el periodo de estudio no es un factor limitante para la producción de aguacate por ser suelos muy permeables (Ben-Yacov y Michelson 1995).

El escurrimiento registrado en cada tratamiento tuvo un desempeño dependiente de la cubierta vegetal. En general se tuvo mayor escurrimiento en alta pendiente que en baja pendiente. Al igual que en 2009, se tuvo poco escurrimiento en todas las cubiertas vegetales y todas las pendientes con menos del 1% de la lluvia registradas es decir, se tuvo bajo muy bajo escurrimiento y al igual que el año pasado, los escurrimientos fueron menores en dentro de la línea de árboles que fuera de la línea de árboles y que incluso el bosque mismo, en las dos pendientes consideradas. Youlton (2010), indica que el escurrimiento en árboles adultos se incrementa en relación con los árboles jóvenes, lo cual puede ser que sea lo que ocurre en esta huerta ya que los árboles son de menos de cinco años de edad.

Cuadro 1. Esgurrimiento registrado en lotes de escurrimiento bajo bosque natural de pino y cultivo del aguacate en laderas bajo condiciones de lluvia natural en el mismo sitio. (valores entre paréntesis son el error estándar)

Mes	Lluvia	Esgurrimiento (mm)					
		Pendiente baja (10%)			Pendiente alta (40%)		
		Bosque	Línea arboles	Fuera de línea	Bosque	Línea arboles	Fuera de línea
Junio	164	0.6	1.0	1.0	1.6	3.7	2.3
Julio	337	2.7	1.0	0.4	6.0	3.4	9.5
Agosto	379	2.7	1.0	4.4	6.4	2.8	7.0
Septiembre	251	1.5	0.4	2.7	4.7	1.7	5.9
Octubre	9	0.2	1.0	0.2	0.3	0.2	0.5
Suma	1113	7.7	4.4	8.7	19.0	11.9	25.0
Coeficiente de escurrimiento (%)		1.5	0.9	1.7	3.8	2.4	5.0
Esc. Medio (mm)		0.7 a	0.4 b	0.8 a	1.8 a	1.1 a	2.3 a

Nota: valores con la misma letra iguales (Tukey 5%)

Respecto a la salida de sedimentos de los lotes de escurrimiento, se puede apreciar que no hay diferencia estadística entre los tratamientos, ya que los valores fueron similares y que la magnitud de los sedimentos es muy por debajo de una erosión con implicaciones ecológicas, como fue demostrado en los trabajos de Tapia *et al*, (2001) para este tipo de suelos. La mayor producción de sedimentos se tiene en el aguacate fuera de las líneas de siembra con 0.44 ton/ha, erosión considerada muy baja. Lo interesante es notar la similitud de salida de sedimentos tanto en aguacate como en el bosque con iguales cantidades producidas con 0.21 ton/ha de suelo, incluso es menor en el aguacate dentro de la línea de los árboles. Youlton (2010), ha encontrado erosión más alta en aguacate de hasta 20 ton/ha/año, lo cual puede ser debido al exceso de riego y la menor infiltración del suelo.

Cuadro 2. Erosión del suelo y salida de sedimentos de los lotes de escurrimiento en diferentes coberturas de caracterización hidrológica. 2010.

Mes	Erosión (ton/ha)					
	Pendiente baja (10%)			Pendiente alta (40%)		
	Bosque	Línea arboles	Fuera de línea	Bosque	Línea arboles	Fuera de línea
Junio	0.032	0.028	0.032	0.037	0.035	0.063
Julio	0.068	0.040	0.057	0.065	0.055	0.062
Agosto	0.052	0.057	0.067	0.075	0.095	0.140
Septiembre	0.040	0.030	0.032	0.085	0.108	0.157
Octubre	0.015	0.012	0.025	0.052	0.018	0.013
Suma (t/ha)	0.21	0.17	0.21	0.31	0.31	0.44
Erosión Media (t/ha)	0.04	0.03	0.04	0.06	0.06	0.09

Al igual que en el año 2009, la intercepción de la lluvia mostró diferencias claras entre los tratamientos; como era de esperarse entre las hileras de plantación del cultivo se encontró una intercepción baja de la lluvia con menos de 7% de la lluvia total registrada. Las diferencias encontradas dentro de las líneas de árboles en el aguacate con respecto a las encontradas dentro del bosque, permiten detectar que el dosel del aguacate tiene una mayor capacidad de intercepción de la lluvia (Cuadro 3). La cantidad de intercepción del aguacate es de 17.2 del total de la lluvia registrada, mientras que en el bosque la cantidad de lluvia interceptada fue de 13.5%, es decir, un 20% menos a lo registrado por el cultivo del

aguacate. Entre los árboles como era de esperarse, la intercepción de la lluvia es mínima.

Cuadro 3. Intercepción de la lluvia en dosel de aguacate y de bosque en lluvia natural en el mismo sitio experimental.

Mes	Lluvia (mm)	Bosque (%)	Aguacate	
			Entre árboles (%)	Dentro de árboles (%)
Junio	163.6	27.9	17.4	34.4
Julio	338.1	17.1	1.6	21.4
Agosto	359.1	6.6	6.9	7.0
Septiembre	225.5	9.1	7.4	14.7
Octubre	8.7	0.8	8.5	8.5
Total	1094.8	13.5	6.9	17.2

La calidad del agua de infiltración en cada cubierta de suelo (aguacate y bosque natural), es un factor de inocuidad y de reducción o afectación del impacto ambiental, recuérdese que esta agua es la que alimenta el acuífero y los manantiales que surtirán de agua a la población y la agricultura aguas abajo. Por esta razón Samant y Beighley (2007), indican que la fertilización de aguacate puede ser a causa de contaminación y deterioro de ríos y manantiales fuera de las unidades agrícolas mientras que Mangiafico *et al.* (2009), mencionan que residuos de pesticidas y otros contaminantes pueden ser encontrados fuera de las huertas de aguacate, registraron hasta 31 ppm de concentración de N-NO₃ en la solución suelo, mientras que en esta investigación los valores máximos son de 13.7 ppm en bosque y de 41 ppm (9.3 N-NO₃) de nitratos en aguacate lo cual es inferior a los reportes del último autor.

En el Cuadro 4 se observa el efecto de cada cobertura en la calidad del agua de infiltración en la profundidad 0-90 cm de suelo. Como se aprecia, el agua de infiltración en cada cobertura presenta diferentes valores en los parámetros pH, salinidad y contenido de nitratos en el agua. Tanto el pH como el contenido de nitratos presentan valores promedio más altos en la cobertura aguacate con 7.4 y 38.5 ppm, mientras que en el bosque estos valores son más bajos con 6.6 y 8.9, sin embargo, estos valores de NO₃ no presentan todavía riesgo para la salud humana, si se considera que en otras investigaciones con otros cultivos, estos valores son de más de 200 ppm. La salinidad del agua no es afectada por el aguacate ya que incluso presenta valores menores que la cobertura bosque con un valor de 0.051 µS/cm, mientras que en el bosque este valor es de 0.077 µS/cm.

Cuadro 4. Calidad del agua de infiltración en bosque natural y cultivo de aguacate bajo lluvia natural en la profundidad 0-90 cm del suelo

Mes	Bosque			Aguacate		
	pH	CE (µS/cm)	NO ₃ (ppm)	pH	CE (µS/cm)	NO ₃ (ppm)
Junio	5.6	0.095	12.0	7.1	0.045	39.1
Julio	6.2	0.081	4.6	7.2	0.038	41.9
Agosto	7.2	0.070	5.4	7.7	0.072	36.3
Septiembre	7.3	0.065	13.7	7.6	0.047	36.8
Media	6.6	0.077	8.9	7.4	0.051	38.5

Los resultados de las variables hidrológicas, pueden extrapolarse al resto del país o de las zonas productoras de aguacate, en la imagen de satélite (Figura 1), se aprecian las coberturas de suelo más importantes de la franja aguacatera de Michoacán. En el Cuadro 5 se muestran los municipios de producción de aguacate en Michoacán, según la información de satélite de 2007. Los resultados de esta inferencia hidrológica se muestran en el Cuadro 5, donde se observa que las dos coberturas tienen un bajo potencial de producir escurrimientos (Q) y erosión (E), en toda la franja aguacatera en la cobertura

bosque se tiene un valor de 46.9 millones de m³, mientras que en aguacate el escurrimiento es de 4.4 millones de m³, en erosión los valores totales son de 9,864 ton/año mientras que en aguacate es de 753 ton/año.

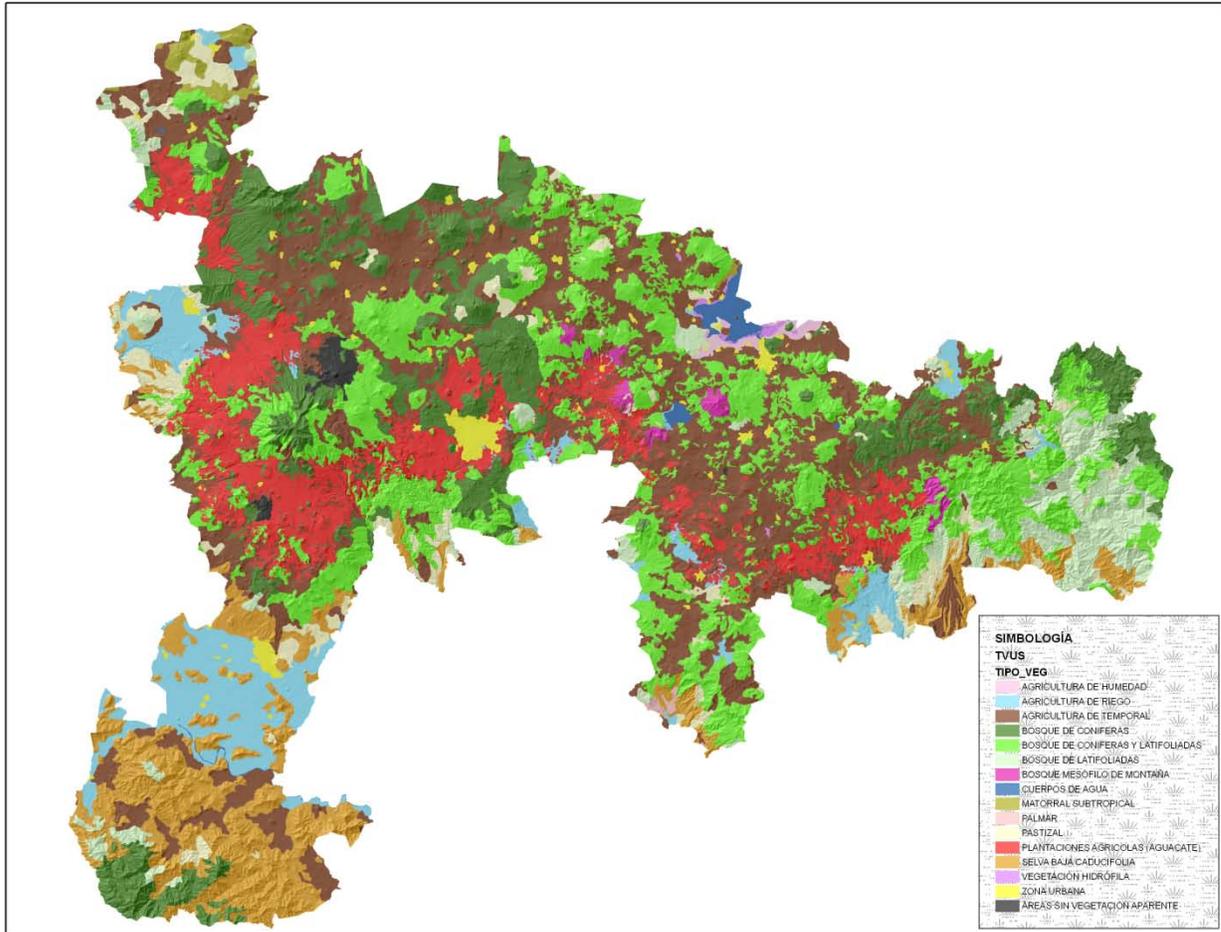


Figura 1. Vegetación actual en la zona aguacatera de Michoacán

Cuadro 5. Inferencia de escurrimiento (Q) y Erosión (E), en la región montañosa de Michoacán.

Municipio		Superficie (ha)		Escurrecimiento (m ³ x1000)		Erosión (ton)	
		Forestal	Aguacate	Forestal	Aguacate	Forestal	Aguacate
Nuevo San		11501.4	6554.7	885.6	288.4	186.0	49.0
Uruapan		58987.1	14402.2	4542.0	633.7	953.8	107.7
Tancitaro		25801.4	27530.1	1986.7	1211.3	417.2	205.9
Tacámbaro		41084.5	14228.5	3163.5	626.1	664.3	106.4
Periban		9330.0	11366.5	718.4	500.1	150.9	85.0
Resto		463332.6	26584.9	35676.6	1169.7	7492.1	198.9
Total		610037.0	100666.9	46972.9	4429.3	9864.3	753.0

Conclusiones

Los avances de este trabajo permiten sugerir que:

1. Desde un punto de vista hidrológico el cultivo del aguacate presenta muy baja capacidad de escurrimiento en condiciones de alta y baja pendiente, comparable a la detectada en el bosque natural
2. La salida de sedimentos también fue muy reducida en todas las coberturas y en ambas pendientes, el cultivo del aguacate muestra su bondad hidrológica al obtener tasas de erosión similares a las registradas en el bosque natural
3. La intercepción de la lluvia y por ende la protección del suelo es mayor en el aguacate que en el bosque natural
4. La calidad del agua de infiltración en cuanto a pH y contenido de nitratos es de mejor calidad en el bosque que en el aguacate, pero en cuanto a la salinidad del agua en el aguacate se tuvieron valores de menor salinidad que en el bosque
5. Todavía en 2007 se contabilizaron 400 mil ha de bosque de coníferas y latifoliadas versus 100 mil de bosque,

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento de APEAM A.C. de la presente investigación

REFERENCIAS

Anguiano C., R. Toledo B. J.J. Alcantar R., L.M. Tapia V., J., A. Ruiz C., Y. Rodriguez C., P. Jimenez T. 2006. *Caracterización Edafoclimatica del área productora de aguacate de Michoacán*. INIFAP. Uruapan, Mich., 175 p. ISBNX: 968-800-708-0

Ben-Ya'cov A, Michelson E. 1995. Avocado rootstocks. *Hort. Rev.* 17: 381-429

Bravo E.M., L. Fregoso-Tirado, L. E. Medina-Orozco. 2006. Parámetros de erosionabilidad del modelo Wepp para andosoles con uso pecuario en la cuenca del lago de Pátzcuaro, Michoacán. *Tec Pec. Mex* 44(1):129-141

Bundy L.G., T.W. Andraski, J.M. Powell. 2001. Management practice effects on phosphorus losses on runoff in corn production systems. *J. Environ. Quality*. 30:1822-1828

Carter R.M. 2002. Soil quality for sustainable land management: organicmatter and aggregation interactions than maintain soil functions. *Agronomy Journal*. 94:38-47

Gilley J.E. and L.M. Risse. 2000. Runoff and soil loss as affected by the application of manure. *Transactions of the ASAE*. 43(6):1583-1588

Gutierrez C.M., B.N. Lara C., H. Guillen A., A. T. Chávez, B. 2010. Agroecología de la franja aguacatera de Michoacán, México. *Interciencia* 35(9):647-653

Herrick E.J. 2000. Soil quality: an indicator of sustainable land management?. *Applied Soil Ecology*. 15(1):75-83

Mangiafico, S. S.; Newman, J.; Merhaut, D. J.; Gan, J.; Faber, B.; Wu, L. S. 2009. Nutrients and pesticides in stormwater runoff and soil water in production nurseries and citrus and avocado groves in California . *Journal Hort Technology* 2009 Vol. 19 No. 2 pp. 360-367

Pinstrup-Andersen P. and R. Pandya-Lorch. 1999. Food security and sustainable use of natural resources: a 2020 vision. *Ecological Economics*. 26(1):1-10

Oseguera C. 2005. *Influencia de fuentes de potasio aplicadas al suelo y vía foliar en la nutrición y rendimiento de aguacate cv Hass en Michoacán*. UAAAN, Buenavista, Coah. 75 p.

Samant S.E. y Beighley R.E. 2007. *Quantifying runoff water quality characteristics from nurseries and avocado groves subjected to altered irrigation and fertilizer regimes*. American Geophysical Union p. 0648 USA

Tapia V. M., M. Tiscareno I., J.J. Stone, J.L. Oropeza M. and M. Velazque V. 2001. Tillage system effects on runoff and sediment yield in hillslope agriculture. *Field Crops Research*. 69:173-182

Tapia, V.M., M. Tiscareno, L., A.D. Baez, A. Amador, y D. Fernández. 2001a. Simulación de pérdidas de suelo en sistemas de manejo agrícola en la cuenca del lago de Patzcuaro con percepción remota. *Ingeniería Hidráulica en México*. 16(4):107-115

Tapia V.L.M., I. Vidales F. A. Larios G. 2006. Manejo del riego y el fertiriego en Aguacate. *In: El Aguacate y su manejo integrado*. 2ª. Ed. D. Teliz, A. Aguilera (eds). Mundi-Prensa México D.F. 107-122

Tapia V.L.M., Larios G.A., Vidales F.I. 2009. El agua como recurso natural renovable y la cubierta vegetal en la zona aguacatera de Michoacán. *El Aguacatero* 12(58):15-19

Toledo B.R., Alcántar R.J.J., Anguiano J., Chávez L.G. 2009. Expansión del cultivo del aguacate y deforestación en Michoacán. *El Aguacatero* 12(58):1-4

Youlton C. 2010. Quantification and control of runoff and soil erosion on avocado orchards on ridges along steep-hillslopes. *Cienc. Inv. Agr.* (37, n.3, pp. 113-123