

Probabilidad de pérdida de cosecha en agricultura de secano en la microcuenca del río Torjá, Chiquimula, Guatemala

Crop loss probability in dry farming in the Torja river basin, Chiquimula, Guatemala

M.Sc Rodolfo Augusto Chicas Soto^I, Ph.D. Eddi Alejandro Vanegas Chacón^{II}, Dr.C. Nancy García Álvarez^{III}

^I Universidad de San Carlos (USAC), Centro Universitario de Oriente, Guatemala.

^{II} Universidad de San Carlos (USAC), Facultad de Agronomía, Guatemala.

^{III} Universidad de Ciego de Ávila, (UNICA), Ciego de Ávila, Cuba.

RESUMEN. La región semiárida en el oriente de Guatemala, principalmente el área rural, se caracteriza por la escases de recursos hídricos donde la precipitación pluvial es insuficiente para garantizar la producción de la agricultura de secano. Por tal razón la presente investigación genera un modelo logístico que permite determinar la probabilidad de pérdida de cosecha en agricultura de secano en la micro cuenca del Río Torja, Chiquimula, Guatemala. La información base se recopiló a través de trabajos de campo en 57 parcelas ubicadas en el área de estudio. Estas parcelas se transformaron a unidades cartográficas que se plotearon sobre el mapa escala 1:100 000 de pérdida de cosecha de la subcuenca del río Torja, para establecer el estado de pérdida de cosecha de forma parcial o total. Se utilizó el programa de computo XLSTAT 2013.4 módulo regresión logística para establecer la probabilidad de ocurrencia de pérdida en función de variables de carácter social, ambiental y edáfico con un nivel de significación del 5%, R^2 de Nagelkerke de 0,70 y prueba de Hosmer-Lemeshow no significativa. Se concluye que las variables que explican la pérdida de cosecha son la intensidad del uso de la tierra, la altitud y la precipitación.

Palabras clave: pérdida de cosecha, agricultura de secano, déficit de agua, modelo de regresión logística.

ABSTRACT. The semi-arid region in eastern Guatemala, mainly rural areas, is characterized by the scarcity of water resources, where rainfall is insufficient to ensure the production of dry farming. So this research generates a logistic model that determines the probability of crop loss in dry farming in the Torja river basin, Chiquimula, Guatemala. The basic information was collected through fieldwork in 57 plots in the study area. These plots were transformed to map units that were plotted on the map scale of crop loss 1:100 000 from the Torja river basin developed by SIG-CUNORI, in 2012, to establish the status of crop loss as partially or total. Using the computer program XLSTAT 2013.4 logistic regression model, it was possible to provide the probability of crop loss based on variables of social, environmental and edaphic types. With a significance level of 5%, Nagelkerke R^2 of 0,70 and non significant Hosmer-Lemeshow test. Was concluded that the variables that explain the crop loss are the intensity of land use, altitude and precipitation.

Keywords: crop loss, dry farming, water deficit, logistic regression model.

INTRODUCCIÓN

De alimentos en cantidad y calidad adecuados. Sin embargo algunas regiones del país, como las semiáridas, son consideradas vulnerables a la pérdida de cosecha principalmente de granos básicos debido a condiciones climáticas extremas como la sequía, que cada vez es más frecuente debido al efecto provocado por el cambio climático global (Altieri y Nicholls, 2009). Además de los aspectos climáticos, el aumento de la demanda de alimentos

ha conllevado a la explotación intensiva de las tierras agrícolas, lo cual afecta o disminuye la productividad de los suelos, debido a que los nutrientes no son retornados mediante la aplicación de fertilizantes químicos u orgánicos causado por las limitaciones económicas y falta de capacitación agrícola de los productores (Taboada y Micucci, 2002). Por las pérdidas recurrentes en la región oriental del país y principalmente en el llamado corredor

seco, caracterizado por una precipitación deficiente y altas temperaturas, se hace necesario la generación de alternativas que permitan establecer la probabilidad de pérdida de cosecha, considerando variables socioeconómicas, ambientales y edáficas. Este tipo de estudios constituye la base para el desarrollo en otros continentes, por ejemplo Quaranta (1999), expone el caso de la agricultura de secano en la región mediterránea de Europa, donde el riesgo de pérdida de cosecha por variables climáticas se ha mitigado mediante soluciones de manejo agronómico, con el uso de semillas de calidad genética, fertilización y uso eficiente del agua. Por su parte la Organización de la Agricultura y Alimentación FAO, (2002), menciona que el aumento de la productividad de la agricultura de secano, que suministra alrededor del 60% de los alimentos a nivel mundial, depende totalmente de la cantidad y distribución de las lluvias, incrementando en gran medida el riesgo de la práctica de este tipo de agricultura. Esa organización recomienda para áreas áridas y semiáridas la captación y almacenamiento de agua para reducir los riesgos y aumentar los rendimientos de los cultivos ante sequías prolongadas. Algunos autores proponen técnicas de manejo sustentable que involucren tecnología de bajos insumos en la agricultura de secano para aliviar la pobreza y mejorar la seguridad alimentaria (Roco *et al.*, 2012). Se hace necesario entonces establecer a nivel local criterios agronómicos que permitan lidiar con este tipo de situaciones, en especial aquellas relacionadas con la conservación de la humedad en los suelos y a la tolerancia de los cultivos al desarrollo de secano (Domingo *et al.*, 2006); (Pérez, 1998). Siendo objeto de este trabajo establecer los factores prioritarios de carácter social, ambiental y edáficos que influyen en la probabilidad de la pérdida de cosecha en el semiárido de la micro-cuenca del Río Torjá, Chiquimula, Guatemala.

MÉTODOS

El área de estudio comprende la micro cuenca del río Torjá, la cual abarca los municipios de Jocotán, Camotán, San Juan Ermita y Olopa del departamento de Chiquimula. Dicho departamento se ubica en el llamado corredor seco de Guatemala, localizado al oriente del país, y caracterizado por sequías prolongadas en virtud de la escasa precipitación pluvial y al incremento de las temperaturas. El 80% de la población de esta región es de la etnia Chortí y viven en condiciones de pobreza y pobreza extrema, dedicándose al cultivo de granos básicos como maíz, frijol y sorgo, así como hortalizas en pequeña escala que utilizan para su alimentación y venta en los mercados locales, (Guatemala, 2003). Con la finalidad de determinar la probabilidad de pérdida de cosecha de forma parcial o total, fue elaborado un modelo estadístico logístico en función de variables independientes de carácter socioeconómico (analfabetismo, densidad poblacional e intensidad de uso de la tierra), ambiental (precipitación, altitud y temperatura) y edáfico (pendiente, capacidad de retención de humedad en %, profundidad

y fertilidad). La información base se recopiló a través de trabajos de campo en 57 parcelas de dicha sub-cuenca. Estas parcelas se transformaron a unidades cartográficas que a su vez fueron ploteadas sobre el mapa escala 1:100 000 de pérdida de cosecha de la subcuenca del río Torjá elaborado por SIG-CUNORI en el año 2012 (Figura 1). El análisis potenció el uso de variables cualitativas dependientes para expresar la pérdida de cosecha parcial o total en función de variables independientes cuantitativas. Para ello el analfabetismo fue expresado en %, la densidad poblacional en habitantes/km², la intensidad de uso (subuso 0 a 0.33; uso correcto 0.34 a 0.66 y sobreuso 0.67 a 1); la altitud en msnm; la precipitación en mm; la temperatura en °C; la pendiente en %; la capacidad de retención de humedad en % (diferencia entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente); la profundidad del suelo en cm y la fertilidad (baja 0 a 0.33; media 0.34 a 0.66; alta 0.67 a 1). Se utilizó el programa de computo XLSTAT 2013.4, módulo de regresión logística, método step forward (regresión por pasos hacia adelante), para establecer modelos logísticos que expresen la probabilidad de pérdida parcial o total de cosecha en función de variables independientes con un nivel de significación del 5% (Aguiayo, 2007).

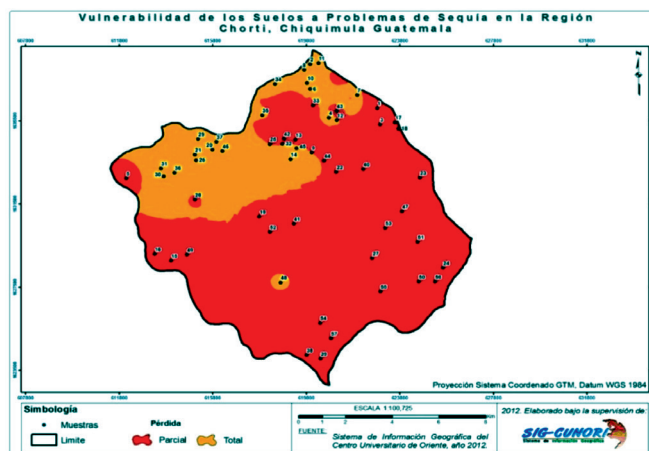


FIGURA. Mapa de vulnerabilidad de pérdida de cosecha y parcelas de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los trabajos de campo permitieron generar información social, ambiental y edáfica de las 57 parcelas muestreadas, cuyos resultados son sistematizados en la Tabla 1. Se realizaron varias modelaciones con un nivel de significación del 5%, las variables que tienen efecto sobre la pérdida de cosecha son el uso de la tierra, la altitud y la precipitación, como puede observarse en la Tabla 2. El modelo presenta un R² de Nagelkerke de 0,70 y prueba de Hosmer-Lemeshow no significativa, la expresión del modelo se relaciona a continuación:

$$\text{Pérdida parcial} = 1 / (1 + \exp (- (-0,1081-24,8910 \cdot A + 0,0122 \cdot B + 0,0120 \cdot C)))$$

donde:

Exp-Constante de Euler = 2,718;

A- Uso de la tierra;

B- Altitud;

C- Precipitación.

TABLA 1. Variables dependientes e independientes para el análisis de probabilidad de pérdida de cosecha

No.	Vulnerabilidad a pérdida de cosecha	Sociales			Ambientales			Edafológicas			
		Analfabetismo %	Densidad Poblacional Hab/km ²	Int. Uso Tierra	Altitud msnm	Precipitación pp	Temperatura C°	Pendiente %	Cap. Ret. Hum. %	Profundidad cm	Fertilidad
1	Parcial	62	28	0,75	1050	980	25	20	14,5	60	0,25
2	Total	65	72	0,75	650	650	26	25	7,5	60	0,25
3	Parcial	35	68	0,8	675	650	26	10	7	60	0,6
4	Total	66	70	0,85	650	650	26	10	10,5	60	0,25
5	Parcial	30	35	0,5	680	580	28	20	12,5	60	0,25
6	Total	32	65	0,75	720	675	26	10	7	60	0,25
7	Parcial	31	74	0,75	830	820	25	25	9,5	60	0,25
8	Total	45	75	0,75	425	650	29	25	6,5	50	0,5
9	Parcial	42	66	0,75	780	620	26	10	9	50	0,25
10	Total	38	80	0,8	725	820	26	10	7,5	50	0,25
11	Total	35	72	0,85	690	950	26	25	7,5	60	0,6
12	Total	68	74	0,75	750	950	26	30	10,5	70	0,25
13	Parcial	36	68	0,75	740	950	26	30	9	70	0,25
14	Total	34	38	0,78	760	600	26	30	7,1	70	0,25
15	Parcial	40	35	0,3	1100	600	18	30	7,5	70	0,25
16	Parcial	52	30	0,3	1100	600	18	25	7	70	0,25
17	Parcial	70	52	0,75	1050	980	22	20	9,2	60	0,55
18	Parcial	68	58	0,75	1125	980	21	20	6,5	60	0,25
19	Parcial	38	46	0,8	1050	600	19	20	7	60	0,75
20	Total	30	72	0,75	850	600	28	10	7	60	0,5
21	Total	32	75	0,75	790	600	19	10	7,2	35	0,25
22	Parcial	37	76	0,75	830	820	26	5	9,8	50	0,25
23	Parcial	36	68	0,75	850	820	19	5	6,5	50	0,25
24	Parcial	40	52	0,75	1100	990	19	10	8,5	50	0,75
25	Parcial	42	77	0,8	890	850	22	10	8,3	50	0,25
26	Total	38	75	0,8	925	600	19	10	8,5	50	0,25
27	Parcial	35	36	0,75	1050	1100	19	5	6,5	60	0,8
28	Parcial	32	68	0,3	780	600	18	5	6,2	60	0,25
29	Total	36	72	0,75	825	580	28	20	7,1	35	0,6
30	Total	35	75	0,75	950	600	19	20	7,2	50	0,3
31	Total	30	68	0,75	850	600	19	20	10,2	50	0,3
32	Parcial	39	78	0,75	760	780	28	25	8,5	60	0,3
33	Total	75	77	0,75	790	790	28	20	8,1	60	0,3
34	Total	76	65	0,8	785	790	28	20	8,3	60	0,6
35	Total	48	72	0,8	760	780	28	10	6,4	60	0,25
36	Total	42	70	0,8	865	600	19	10	9,5	50	0,6

No.	Vulnerabilidad a pérdida de cosecha	Sociales			Ambientales			Edafológicas			
		Analfabetismo %	Densidad Poblacional Hab/km ²	Int. Uso Tierra	Altitud msnm	Precipitación pp	Temperatura C°	Pendiente %	Cap. Ret. Hum. %	Profundidad cm	Fertilidad
37	Total	38	76	0,8	840	600	28	15	6,2	35	0,25
38	Parcial	76	52	0,75	1025	890	19	10	9,1	35	0,25
39	Parcial	72	58	0,75	1025	890	19	10	8,5	35	0,25
40	Parcial	79	82	0,75	925	850	19	30	8,1	70	0,25
41	Parcial	78	55	0,75	1100	600	19	25	8,6	70	0,75
42	Parcial	52	76	0,75	950	850	24	10	8,5	70	0,3
43	Parcial	80	70	0,75	860	840	19	20	8,4	70	0,3
44	Parcial	39	72	0,75	790	850	19	15	7,1	70	0,25
45	Parcial	40	68	0,75	825	850	28	20	16,5	60	0,25
46	Total	46	73	0,75	960	600	24	20	8,5	60	0,25
47	Parcial	52	38	0,75	920	925	19	20	6,4	60	0,6
48	Total	78	35	0,75	875	600	19	20	10,5	70	0,25
49	Parcial	36	28	0,3	890	600	19	40	7,5	70	0,25
50	Parcial	45	52	0,75	1050	990	19	25	9,4	70	0,8
51	Parcial	52	58	0,75	1075	980	19	30	7,1	70	0,6
52	Parcial	50	49	0,75	1075	600	19	30	7,8	70	0,3
53	Parcial	38	30	0,8	925	950	19	45	6,5	70	0,3
54	Parcial	42	47	0,8	1050	980	19	20	9,2	35	0,3
55	Parcial	47	58	0,75	1050	980	19	20	8,5	35	0,5
56	Parcial	45	49	0,75	1075	970	19	30	7,3	35	0,75
57	Parcial	49	55	0,75	1100	980	19	10	8,5	35	0,25

La altitud y precipitación son variables bioclimáticas de la zona estudiada y la información de campo indica que el suelo presenta sobreuso en más del 90% de las observaciones, claramente se determina que se debe fortalecer el proceso de capacitación agrícola para restablecer el uso correcto de las parcelas, bajo la implementación de sistemas de agricultura ecológica y/o prácticas de conservación de suelos y agua, ya que el éxito de las cosechas dependerá en gran medida de la preservación del agua en el suelo, durante el ciclo de cultivo. Son variadas las alternativas que pueden adoptarse para contrarrestar estas condiciones adversas, por ejemplo, variedades tolerantes (Elein *et al.*, 2009). Técnicas de preparo y manejo del suelo (Lapar y Pandey, 1999). Descritas ampliamente por Lee, (2005), destacándose la implementación de obras de conservación de suelo tales como terrazas y microterrazas para cultivo, diques y zanjales de infiltración. A parte de las prácticas mecánicas, prácticas agroecológicas son ampliamente utilizadas (Fidalski *et al.*, 2010). Así mismo, son reportadas técnicas de cosecha de agua, reduciendo las pérdidas de agua de lluvia

por escurrimiento (Motsi *et al.*, 2004); (McHugh *et al.*, 2007). No obstante, existen factores socioeconómicos y culturales que limitan la adopción de prácticas de conservación de suelo y agua, que varían de país para país y con el tipo de tecnología (Sharma y Kumar, 2000). Por lo que los agricultores adoptan técnicas de conservación cuando realmente creen que éstas los ayudan a conseguir sus metas, las que pueden ser económicas, sociales y ambientales Sain y Barreto, (1996), analizan un caso a nivel Centroamericano en El Salvador, de adopción exitosa de tecnologías de conservación de suelos y agua, debido a la mejora de la productividad, es decir, que los agricultores adoptan tecnologías de conservación de recursos naturales en la medida en que su rentabilidad esperada es. (De Graaff *et al.*, 2008). De esta manera, los resultados obtenidos en este trabajo deben ser el punto de partida para todo un proceso de recuperación del suelo de la microcuenca del río Torja, a través, de prácticas de conservación que favorezcan el uso correcto de la tierra y así incrementar las probabilidades de éxito en las cosechas.

TABLA 2. Síntesis de resultados de regresión logística para explicar la probabilidad de pérdida de cosecha. Caso de la pérdida parcial (Y=1)

Prueba de la hipótesis nula Ho: Y=0,632, para el Caso de pérdida parcial					
PRIMERA CORRIDA					
Estadística	Independiente	Completo			
R² (Nagelkerke)	0	0,7926			
Análisis de tipo III (Variable P Cosecha) significancia 10%					
Fuente	GDL	Chi-cuadrado (Wald)	Pr >Wald	Chi-cuadrado (LR)	Pr > LR
Alfabetismo	1	2,8430	0,0918	3,8082	0,0510
Densidad Poblacional	1	0,8098	0,3682	0,9755	0,3233
Uso de la tierra	1	3,1710	0,0750	9,4235	0,0021
Altitud	1	2,3121	0,1284	2,7592	0,0967
Precipitación	1	6,9780	0,0083	20,1791	< 0,0001
Temperatura	1	0,4528	0,5010	0,4805	0,4882
Pendiente	1	2,3146	0,1282	2,9138	0,0878
Capacidad retención de agua	1	0,0043	0,9478	0,0044	0,9473
Profundidad	1	0,6467	0,4213	0,6920	0,4055
Fertilidad	1	1,6874	0,1939	2,0715	0,1501
Prueba de Hosmer-Lemeshow (Variable Pérdida de Cosecha)					
Estadística	Chi-cuadrado	GDL	Pr > Chi²		
Estadística de Hosmer-Lemeshow	5,31831097	8	0,7230		
SEGUNDA CORRIDA					
Estadística	Independiente	Completo			
R² (Nagelkerke)	0	0,7346			
Análisis de tipo III (Variable Pérdidad de Cosecha) significancia 5%					
Fuente	GDL	Chi-cuadrado (Wald)	Pr >Wald	Chi-cuadrado (LR)	Pr > LR
Alfabetismo	1	1,6927	0,1933	1,8871	0,1695
Uso de la Tierra	1	4,1069	0,0427	15,0231	0,0001
Altitud	1	7,1258	0,0076	13,7894	0,0002
Precipitación	1	7,8842	0,0050	17,5397	< 0,0001
Pendiente	1	0,6511	0,4197	0,7139	0,3982
Prueba de Hosmer-Lemeshow (Variable Pérdida de Cosecha)					
Estadística	Chi-cuadrado	GDL	Pr > Chi²		
Estadística de Hosmer-Lemeshow	31,21878467	8	0,00012845		
TERCERA CORRIDA					
Estadística	Independiente	Completo			
R² (Nagelkerke)	0	0,7007			
Análisis de tipo III (Variable Pérdida de Cosecha) Significancia 5%					
Fuente	GDL	Chi-cuadrado (Wald)	Pr >Wald	Chi-cuadrado (LR)	Pr > LR
Uso de la tierra	1	4,4504	0,0349	14,5218	0,0001
Altitud	1	6,8509	0,0089	11,1309	0,0008
Precipitación	1	9,3277	0,0023	14,8713	0,0001
Prueba de Hosmer-Lemeshow (Variable Pérdida de Cosecha)					
Estadística	Chi-cuadrado	GDL	Pr > Chi²		
Estadística de Hosmer-Lemeshow	5,31831097	8	0,7230		

CONCLUSIONES

- La determinación de modelos estadísticos permite estimar la pérdida de cosecha, constituyendo herramientas útiles para la planificación de la agricultura de secano en la subcuenca del río Torjá.
- Las variables que determinan la pérdida de cosecha son el uso de la tierra, como componente socio-económico y la altitud y precipitación como componentes ambientales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUAYO, M.: *Como hacer una regresión logística con SPSS, paso a paso*, Ed. Fundación Andaluza- Beturia para la Investigación en Salud, Sevilla, España, 2007.
- ALTIERI, M.; C. NICHOLLS: *Cambio Climático y Agricultura Campesina, impactos y respuestas*, Ed. LEISA, Guatemala, 2009.
- DE GRAAFF, J.; AMSALU, A.; BODNÁR, F.; KESSLER, A.; PÓSTUMO, H.; PÓSTUMO, A.: "Factores que influyen en la adopción y uso continuo de los suelos a largo plazo y las medidas de conservación del agua en el desarrollo de cinco países", *Geografía Aplicada*, No.28: 271-280, 2008.
- DOMINGO, J.; R. FERNÁNDEZ y E. CORRAL: *Estimación de la capacidad de retención de agua en el suelo*, Ed. Departamento de Ciencias Agroforestales, Universidad de Huelva, España, 2006.
- ELEIN, M.; PINO, J.; SALOMÓN, J.; DELL'AMICO, Y.; SUÁREZ, O.; CHAVECO, R.; PEÑA, J.; ANDÉREZ, O.: "La innovación local como alternativa para atenuar el impacto de la sequía", *Cultivos Tropicales*, 30 (2): 121-126, 2009.
- FAO, DEPARTAMENTO DE DESARROLLO SOSTENIBLE: *Agua para la producción sostenible de alimentos; el alivio de la pobreza y el desarrollo rural*, Roma, Italia, 2002
- FIDALSKI, J.; MARTINS, P.; GARRIDO, J.; JAMIL, C.; TEIXEIRA DE FARIA, R.; MORAES DE CESARE, G.: "Disponibilidade de água no solo em sistemas de preparo, manejo da cobertura morta e porta-enxertos de citros", *R. Bras. Ci. Solo*, No.34: 917-924, 2010.
- LAPAR, M.L.A.; PANDEY, S.: "Adoption of Soil Conservation: The Case of the Philippine Uplands", *Agricultural Economics*, No.21: 241-256, 1999.
- LEE, D.R.: "Agricultural sustainability and technology adoption: Issues and policies for developing countries", *American Journal of Agricultural Economics*, 87 (5): 1325-1334, 2005.
- MACHADO, A. A. M.; R. NOVELLA; S. TORRES; D. MARTÍN; O. LEYVA: "Comportamiento de los índices anatómicos y fisiológicos de tolerancia a la sequía en variedades de sorgo (*Sorghum bicolor*)", *Revista Centro Agrícola*, 32 (1): 77-81, 2005.
- MCHUGH, V.O.; STEENHUIS, S.; ABEBE, B.; FERNANDES, C.: "Performance of in situ rainwater conservation tillage techniques on dry spell mitigation and erosion control in the drought-prone North Wello zone of the Ethiopian highlands", *Soil & Tillage Res*, No.97: 19-36, 2007.
- MOTSI, K.; E CHUMA; MUKAMURI, B.: "Rainwater harvesting for sustainable agriculture in communal lands of Zimbabwe", *Phys. Chem. Earth*, 29 (15): 1069-1073, 2004.
- ROCO, L.; ENGLER, A.; JARA-ROJAS, R.: "Factores que influyen en la adopción de tecnologías de conservación de suelos en el secano interior de Chile Central", *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 44 (2): 31-45, 2012.
- SAIN, G.; BARRETO, H.: "The adoption of soil conservation technologies in El Salvador: Linking productivity and conservation", *Journal of Soil and Water Conservation*, 51 (4): 313-321, 1996.
- SHARMA, V.P.; KUMAR, A.: "Factors influencing adoption of agro-forestry programme: a case study from North-West India", *Indian Journal of Agricultural Economics*, 55 (3): 500-510, 2000.
- GUATEMALA, AGENCIA ESPAÑOLA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL, SECRETARIA DE PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN, AECI-SEGEPLAN: *Estrategia de reducción de la pobreza municipio de Jocotán*, Guatemala, 2003.
- PÉREZ, A. G.: *Estudio del efecto de prácticas agronómicas y mecánicas de conservación de humedad en el suelo, sobre el rendimiento del cultivo del maíz, en la aldea San Juan, Zacapa. Guatemala*. Ed. Universidad de San Carlos, Guatemala, 1998.
- QUARANTA, G.: "Family Farm Economic Behaviour and Soil Degradation in a Mediterranean Context", *MEDIT*, No.2: 24-29, 1999.
- TABOADA, M.; F. MICUCCI: *Fertilidad física de los suelos*, Editorial Facultad Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina, 2002.

Recibido: 12 de octubre de 2012.

Aprobado: 28 de enero de 2014.