

Evaluación de periodos críticos para el control de malezas en el cultivo de maíz (*Zea mays* var. Ibo - 128)

Evaluation of critical periods for weed control in maize (*Zea mays* var. Ibo - 128)

Marco A. Barrientos Pinto^{1*} & Per Kudsk²

¹ BEISA 3. Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Casilla Postal 1046, Calle Calvo N° 132, Sucre-Bolivia.

² Department of Agroecology - Crop Health, Aarhus University, Denmark.

*desmodium.86@gmail.com

Resumen

El presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad San Pedro del Zapallar, del municipio de Monteagudo (Chuquisaca). El objetivo fue determinar el periodo crítico y rentabilidad económica en el control de malezas en el cultivo de maíz (*Zea mays* var. IBO-128). Se utilizó el diseño de bloques completos al azar, se realizó un análisis de varianza y prueba de medias como Tukey ($p= 0.05$). Fueron 12 los tratamientos con 4 repeticiones, el ensayo consistió en establecer parcelas sin malezas y con malezas, hasta los 15, 30, 45, 60 y 75 días, después de la siembra. Las variables evaluadas el cultivo fueron: rendimiento, porcentaje de pérdidas por la competencia de malezas, determinación de periodos críticos. El análisis económico, se realizó a través de la metodología de presupuestos parciales y análisis marginal de beneficios netos. En base a estos datos se determinó curvas de respuesta del control para malezas, identificando el periodo crítico, entre los 15 días y 72 días después de la siembra y el punto crítico se determinó a los 20 días. El análisis económico, mostro que los mejores beneficios netos, obtuvo el T1, y la mejor tasa de retorno marginal, se obtuvo al pasar de T7 al T1, con 123.00%. Esta información posibilita reducir tiempo que los agricultores utilizan en el control de malezas, sin que afecte el rendimiento del cultivo de maíz.

Palabras clave: Análisis económico, malezas, maíz, periodo y puntos críticos.

Abstract

This research was conducted at the San Pedro del Zapallar community (Chuquisaca: Monteagudo). The aim was to determine the critical period and profitability in weed control in maize (*Zea mays* var. IBO-128). The design of randomized complete block design was used, an analysis of variance and Tukey mean test as ($p = 0.05$) was performed. There were 12 treatments with 4 repetitions, the test was to establish plots without weeds and weeds, to 15, 30, 45, 60 and 75 days after planting. The variables were evaluated crop: yield, percentage of losses from weed competition, determining critical periods. The economic analysis was carried out through partial budget methodology and marginal net benefits analysis. Based on these data response curves for weed control it was determined by identifying the critical period between 15 days and 72 days after planting and the critical point was determined at 20 days. The economic analysis showed that the best net profit, gained T1, and the best marginal return rate was obtained when moving from T7 to T1, with 123.00%. This information enables farmers to reduce time used in controlling weeds without affecting the crop yield of corn.

Key words: Economic analysis, corn, period and critical points, weeds.

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.), ocupa la tercera posición a escala mundial, entre los cereales más cultivados, después del trigo y el arroz. Ya que se encuentra cultivado ampliamente en más países que cualquier otro cultivo y ha producido el más alto rendimiento por unidad de área que cualquier otro cereal (Cantarero & Martínez 2002). Este cultivo es el bastante extenso en Bolivia, abarcando cerca de 490 088 ha, el cual corresponde aproximadamente al 7.3% de la superficie cultivada, con un rendimiento alrededor de 2 561 kg/ha. En Chuquisaca, este cereal es el más cultivado en superficie, con un total de 70 460 ha, contribuyendo en la producción departamental aproximadamente en 31% (VDRA 2013). En las comunidades ubicadas de las provincias Hernando Siles y Luis Calvo, es la fuente principal fuente de ingresos para los agricultores, quienes asocian dicha producción con la crianza y engorde de cerdos y comercialización (ZONISIG 2000).

Uno de los problemas que atraviesa la producción de maíz en las provincias Hernando Siles y Luis Calvo, es el efecto negativo que genera las malezas. Ya que son un factor limitante en el desarrollo del cultivo, debido a que en ciertas épocas llegan a ser altamente nocivas. Los diferentes manejos culturales y la aplicación de plaguicidas, hasta ahora no garantiza un control efectivo de malezas.

Diferentes métodos se han desarrollado para el control de malezas entre ellas están, el uso de agroquímicos y métodos culturales (carpidas). Este último método, no tiene efectos nocivos sobre el medio ambiente como los agroquímicos y son económicamente baratos. El cual consiste en carpidas sistemáticas en tiempos definidos, determinando así periodos críticos para el control de malezas. Barrientos (2014), demostraron ser una buena técnica en cultivos de maní en comunidades de productoras de Chuquisaca.

El presente estudio se realizó, con el propósito de determinar el periodo crítico de competencia de malezas en el cultivo de maíz, para establecer un control de malezas y mediante un análisis de rentabilidad económica. Además, demostrar el tratamiento más adecuado para evitar el incremento de los costos de producción en el cultivo de maíz. De esta manera se posibilita, ayudar con información

técnica al agricultor, para realizar carpidas cuando los cultivos realmente lo necesiten.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El trabajo de investigación se realizó en la parcela experimental de la comunidad San Pedro del Zapallar, ubicada en la siguiente coordenada geográfica 19°47'43,1" S y 63°56'24,4" O, y una altura sobre el nivel del mar de 1148 m. La comunidad perteneciente al cantón Los Sauces del municipio de Monteagudo (Chuquisaca: Hernando Siles). Esta comunidad es parte de la zona de amortiguamiento del "Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Ñao" (PN-ANMI).

En la comunidad San Pedro del Zapallar, hasta el momento se han registrado más de 80 plantas cultivadas entre hortalizas, frutales y cereales (Churqui et al. 2014). El cultivo de maíz (*Zea mays*) es uno de los principales cultivos, donde se puede apreciar que existe 10 variedades de maíz: *Zea mays* var. ancho pairumani, *Zea mays* var. blanco, *Zea mays* var. cubano amarillo, *Zea mays* var. dentado, *Zea mays* var. bayo, *Zea mays* var. híbrido, *Zea mays* var. IBO128, *Zea mays* var. (guerrillero), *Zea mays* var. (morochó) y *Zea mays* var. (reventador) (Churqui et al. 2014, 2015). De estas variedades para el estudio se utilizó *Zea mays* variedad IBO-128, ya que esta variedad se cultiva con mayor frecuencia.

Diseño experimental

El ensayo de campo se realizó en un área de 955 m², esta se dividió en sub-parcelas bajo un diseño de bloques completos al Azar (BCA), aplicando 12 tratamientos con 4 repeticiones, haciendo un total de 48 unidades experimentales. Los tratamientos fueron una combinación de parcelas sin malezas y con malezas, durante cinco periodos de control 15, 30, 45, 60, 75 días y durante todo el ciclo del cultivo (Cuadro 1). Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza usando el programa estadístico Infostat (Balzarini et al. 2008) y se compararon las medias mediante pruebas de Tukey ($p > 0,05$).

Para determinar el periodo y punto crítico de competencia de malezas en el cultivo de maíz, los datos de rendimientos y las diferentes épocas con y

sin control de malezas se sometieron bajo un análisis de regresión simple. Para ello, se utilizó el modelo del coeficiente de correlación, donde: días con malezas y días sin malezas (variable independiente X) y rendimiento (kg/ha) (variable dependiente Y).

La eficiencia económica de los tratamientos se midió a partir del análisis de presupuestos parciales para cada tratamiento, considerando todos los costos asociados con la decisión de usar o no un tratamiento (cuadro 1). Estos son los costos que permiten diferenciar un tratamiento del otro, y se denominó “costos que varían” (CIMMYT 1988, Reyes 2001).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados, sin malezas, con malezas y periodos de control.

Nº	Código	Nombre del tratamiento
1	SM15DE	Sin malezas 15 días + enmalezado
2	SM30DE	Sin malezas 30 días + enmalezado
3	SM45DE	Sin malezas 45 días + enmalezado
4	SM60DE	Sin malezas 60 días + enmalezado
5	SM75DE	Sin malezas 75 días + enmalezado
6	SMTC	Sin malezas todo el ciclo (control)
7	CMTC	Con malezas todo el ciclo.
8	CM75DD	Con malezas 75 días + desmalezado
9	CM60DD	Con malezas 60 días + desmalezado
10	CM45DD	Con malezas 45 días + desmalezado
11	CM30DD	Con malezas 30 días + desmalezado
12	CM15DD	Con malezas 15 días + desmalezado

Cuadro 2. Descripción de las tres variables evaluadas en el cultivo del maíz.

VARIABLES	DESCRIPCIÓN
1. Rendimiento y porcentaje de pérdidas	Con el rendimiento en grano, se calcularon las pérdidas ocasionadas por las malezas, por medio la competencia en los diferentes periodos de con malezas considerándose como 100% la producción libre de malezas (Blanco 2005).
2. Periodo crítico de control de malezas	Con el rendimiento en grano se construyó las gráficas para obtener las curvas que representan la producción del cultivo, para cada uno de los tratamientos y en la intersección de estas dos curvas, se identificó el periodo crítico para el cultivo del maíz.
3. Análisis económico:	
Presupuestos parciales	Se realizó ordenando los datos experimentales con el objetivo de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos.
Análisis de dominancia económica	Se realizó ordenando los tratamientos de menores a mayores de acuerdo los totales de costos que varían.
Tasa de retorno marginal (TRM)	Se realizó solo con los tratamientos que no presentaron dominancia económica, se realizó obtenido el incremento de costos y beneficios que resultan al cambiar de tratamientos.

Resultados

Rendimiento en grano (kg/ha)

La evaluación del peso final de los granos después de la cosecha, ha demostrado que entre los tratamientos existen diferencias significativas. Se determinó que el tratamiento sin malezas T6, SMTC con 3782.45 kg/ha tuvo los mejores rendimientos/ha y el tratamiento T5, SM75DE con 3749.48 kg/ha. Mientras que el T9, CM60DD; T8, CM75DD y T7, CMTC, fueron los tratamientos que presentaron los rendimientos más bajos. Así mismo se pudo observar que las mayores pérdidas en el rendimiento se reportaron en las parcelas enmalezadas donde el T7, CMTC presenta el mayor porcentaje de pérdidas en el rendimiento (98.27%), seguido por T8, CM75DD (89.57%), T9, CM60DD (72.53%), T10, CM45DD (57.21%) y por último el tratamiento T5, SM75DE (0.87%) que fue el tratamiento que presentó el menor porcentaje e pérdidas al momento de la cosecha (cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto del control de malezas y periodos de enmalezado sobre el rendimiento en grano y pérdidas ocasionadas por las malezas por interferencia en el cultivo de maíz.

Trat.	Código	Rendimiento (kg/ha)	% de pérdidas
T6	SMTC	3782.45	0.00
T5	SM75DE	3749.48	0.87
T12	CM15DD	3713.36	1.83
T3	SM45DE	3667.77	3.03
T4	SM60DE	3550.94	6.12
T2	SM30DE	3289.32	13.04
T1	SM15DE	3213.91	15.03
T11	CM30DD	2199.90	41.84
T10	CM45DD	1618.35	57.21
T9	CM60DD	1039.06	72.53
T8	CM75DD	394.60	89.57
T7	CMTC	65.35	98.27

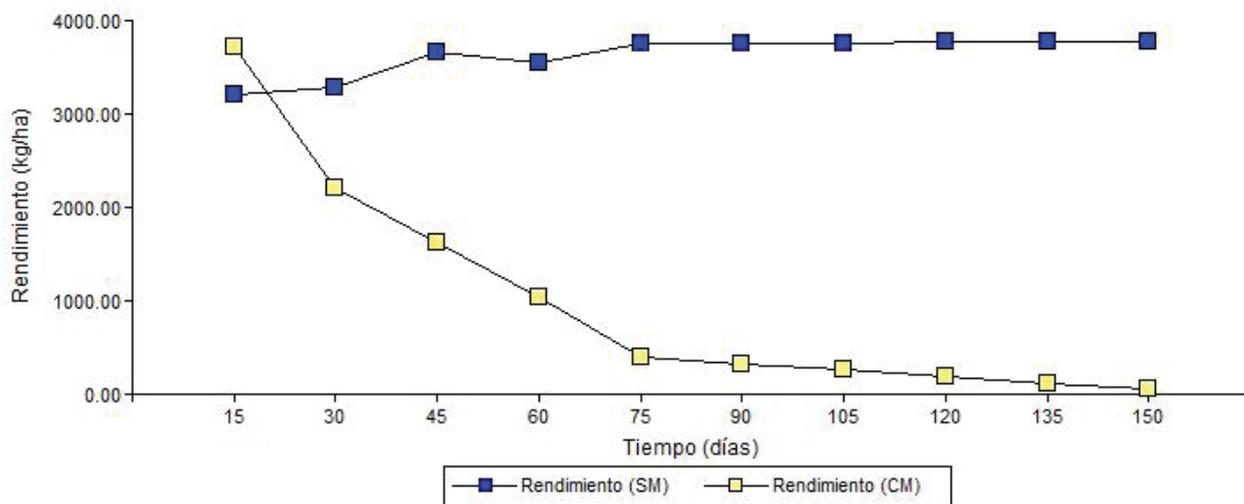


Figura 1. Determinación del periodo y punto crítico de competencia de malezas y su relación con el rendimiento del cultivo de maíz.

Rendimiento en grano (kg/ha)

En la cuadro 4, se presenta el presupuesto parcial de los diferentes periodos de enmalezamiento estudiado, para realizar la recomendación desde un punto de vista económico.

Se realizó el ajuste a los rendimientos medios, reduciendo menos un 10%, a fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que

el agricultor podría lograr aplicando ese tratamiento. Los rendimientos calculados en parcelas pequeñas, sobreestiman a menudo el rendimiento de un campo entero y en áreas pequeñas las parcelas tienden a ser más uniformes que las grandes.

El tratamiento que presenta un mayor beneficio neto, es el T1, SM15DE con 2 467.63 Bs/ha, seguido por el T2, CM30DE con 1 142.16 Bs/ha, en comparación de los costos variables presentados.

Cuadro 4. Análisis de presupuesto parcial realizado a los tratamientos evaluados

VARIABLES	TRATAMIENTOS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rendimiento medio (kg/ha)	3 213.9	3 289.3	3 667.8	3 550.9	3 749.5	3 782.4	65.3	394.6	1 039.1	1 618.3	2 199.9	3 713.4
Rendimiento ajustado (10%)	2 892.5	2 795.9	3 117.6	3 018.3	3 187.1	3 215.1	55.5	335.4	883.2	1 375.6	1 869.9	3 156.3
Beneficio Bruto de campo (Bs/ha)	4 401.6	4 254.6	4 744.2	4 593.1	4 849.9	4 892.5	84.5	510.4	1 344.0	2 093.3	2 845.5	4 803.1
Costo mano de obra por carpidas y aporques	1 934.0	3 112.5	4 103.8	4 330.2	5 058.0	5 231.25	0.0	5 039.9	5 572.6	6 141.0	6 207.6	5 287.8
Beneficios netos (Bs/ha)	2 467.6	1 142.1	640.3	262.9	-208.1	-338.7	84.5	-4 529.5	-4 228.6	-4 047.7	-3 362.1	-484.7

El análisis de dominancia económica para los diferentes periodos de enmalezamiento que se efectuó ordenando los tratamientos de menor a mayor de acuerdo a los costos que varían. Los tratamientos que no presentaron dominancia económica fueron el T7, CMTC y T1, SM15DE, porque presentan beneficios netos mayores a los demás tratamientos, mismos que presentan costos variables altos y beneficios netos menores en comparación a los tratamientos que no presentaron dominancia económica (Cuadro 5).

En el cuadro 6, se presenta el análisis de la tasa de retorno marginal, este realizó solamente con dos tratamientos en periodos de enmalezamiento de malezas que no presentaron dominancia. Los resultados sugieren que el agricultor debería cambiar del T7 (CMTC) al T1 (SM15DE), en el que puede esperar recobrar la inversión en 123% más de lo invertido, además, puede esperar recobrar su inversión y obtener 1.23 bolivianos adicionales.

Discusión

Determinación del periodo crítico para el control de malezas en el cultivo de maíz

Realizando una comparación en el periodo crítico para el control de malezas en el cultivo de maíz, variedad IBO – 128. En la zona de estudio, se observa que en la parcela experimental de San Pedro del Zapallar, se determinó el punto crítico a los 20 días y el período oscila entre 15 y 72 días después de la siembra, similares resultados a estos se encontraron según Barrientos (2014). Pero el periodo crítico se inicio a los 15 días y culmina a los 50 días después

de la siembra.

Cuadro 5. Análisis de dominancia económica en los tratamientos evaluados. (**) Tratamientos que presentan dominancia económica.

Tratamiento	Total de costos (Bs/ha)	Beneficios netos (Bs/ha)
7 CMTC	0.00	84.53
1 SM15DE	1934.03	2467.63
2 SM30DE	3112.50	1142.16**
3 SM45DE	4103.82	640.36**
4 SM60DE	4330.21	262.86**
8 CM75DD	5039.93	-4529.52**
5 SM75DE	5057.99	-208.12**
6 SMTC	5231.25	-338.73**
9 CM60DD	5572.57	-4228.57**
12 CM15DD	5287.85	-484.70**
10 CM45DD	6140.97	-4047.67**
11 CM15DD	6207.64	-3362.12**

Cuadro 6. Análisis marginal de los tratamientos en estudio.

Tratamiento / Código	7	1
	CMTC	SM15DE
Costos que varían (Bs/ha)	0	1 934.03
Costos marginales (Bs/ha)		1 934.03
Beneficios netos (Bs/ha)	84.53	2 467.63
Beneficios netos marginales (Bs/ha)		2 383.10
Tasa de retorno marginal		123

Por otro lado Blanco et al. (2014) determina que el periodo crítico para el control de malezas inicia a los 24 días y culmina a los 40 días. Así mismo Rivero (1984), encuentra el periodo crítico de competencia de malezas en el cultivo de maíz, variedad Híbrido Obregón, se inicio a los 30 días y finaliza a los 40 días después de la siembra. Mientras Chávez (1978) determina que el periodo crítico de competencia en el cultivo de maíz, variedad ICTA B1, V-4, se inicia entre 15 a 45 días después de la siembra (cuadro 7).

Análisis económico de los tratamientos aplicados en el cultivo de maíz

Según la CIMMYT (1988), este análisis es una simplificación del análisis de dominancia y se utiliza para seleccionar los tratamientos en términos de ganancias, el cual ofrece la posibilidad de ser escogidos para recomendarse a los agricultores.

Estos resultados corroboran lo expresado por Barrientos (2014), quien en un estudio realizado en la comunidad de Azero norte, menciona que el mayor beneficio neto en el cultivo de maíz, se obtuvo realizando una carpida y manteniendo libre de malezas el campo por un periodo de 15 días después enmalezado el cual resultó ser el mejor tratamiento económicamente con 2 069.96 Bs/ha. Así mismo Arancibia (2013), quien menciona en un estudio tomando en cuenta los costos totales de producción/ha y los beneficios brutos de campo los tratamientos con periodos de enmalezamiento muy cortos SM10DE; SM15DE; SM20DE; SM30DE y CM10DD, obtuvieron beneficios por encima de los costos de producción lo que hace referencia que son rentables, pero en pequeña escala, esto a causa de los elevados costos de producción para el control de malezas.

Cuadro 7. Comparación de periodos crítico de competencia de malezas en el cultivo de maíz (*Zea mays*).

Lugar	Punto crítico (días)	Periodo crítico (días)	Región	Autor
Zapallar - Monteagudo	20	15 - 72	Chuquisaca	Presente estudio
Azero Norte – Monteagudo	25	15 - 50	Chuquisaca	Barrientos, 2014
Zapallar – Monteagudo	41	30 - 50	Chuquisaca	Barrientos, 2013
San José de las Lajas - Mayabeque	32	24 – 40	Cuba	Blanco et al. 2014
Monagas	-	30 - 40	Nicaragua	Rivero, 1984
Cuyotenango – La Maquina		15 - 45	Guatemala	Chávez, 1978

Conclusiones

El periodo crítico de competencia de malezas en el cultivo de maíz (*Zea mays* Var. IBO-128), está comprendido entre los 15 a 72 días después de la siembra y el punto crítico se determinó a los 20 días. De manera que es posible sugerir solo una carpida más un aporque durante el ciclo del cultivo, obteniendo igual rendimiento que si se hicieran de 2 a más carpidas, como normalmente lo hacen en la comunidad de San Pedro del Zapallar. Lo que genera un beneficio en la disminución de los costos de producción y a la vez aumenta la rentabilidad del cultivo.

Las mayores pérdidas en el rendimiento se reportaron en las parcelas enmalezadas donde el T7, presenta el mayor porcentaje de pérdidas en el rendimiento (98.27%), seguido por T8, (89.57%). Los resultados del análisis económico en la comunidad de San Pedro del Zapallar, los mejores tratamientos correspondieron al T7, seguido por T1, siendo estos los recomendados para el agricultor.

Para la comunidad de San Pedro del Zapallar, el mayor beneficio neto en el cultivo de maíz, se obtuvo con el tratamiento T1, que resultó ser el mejor tratamiento económicamente con 2 467.63 Bs/ha.

El análisis económico, mostró que la mejor tasa de retorno marginal, se obtuvo al pasar del T7 (CMTC) al T1 (SM15DE) con un 123.00%.

Agradecimientos

A los responsables del proyecto BEISA 3 , por el apoyo en este estudio . Especialmente a Martha Serrano, Winder Felipez & Heriberto Reynoso por su apoyo, amistad y motivación en el proceso de redacción del mismo y finalmente a Iverth Cabrera, Víctor H. Rodríguez, Blanca Rosado & Roberto Vallejos por la predisposición y apoyo recibido durante la ejecución del trabajo de campo.

Referencias

- Arancibia, A. 2013. Análisis de indicadores económicos en periodos críticos de control de malezas en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), en la comunidad de San Pedro del Zapa-llar, municipio de Monteagudo. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias U.M.R.P.S.F.X. Monteagudo - Bolivia. pp 51-60.
- Balzarini, M.G., L. Gonzalez, M. Tablada, F. Casanoves, J.A. Di Rienzo, & C.W. Robledo. 2008. Infostat. Manual del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina. pp 20-256.
- Barrientos, M. 2013. Evaluacion de periodos criticos en el control de malezas en el cultivo de maiz (*Zea mays* Var. IBO – 128), Comunidad Zapallar, Monteagudo. Informe de consultoria. Proyecto BEISA 3. U.M.R.P.S.F.X.CH. Monteagudo, Bolivia
- Barrientos, M. 2014. Evaluacion de periodos criticos en el control de malezas en el cultivo de maiz (*Zea mays* Var. IBO – 128), Comunidad Azero Norte, Monteagudo. Informe de consultoria. Proyecto BEISA 3. U.M.R.P.S.F.X.CH. Monteagudo, Bolivia. pp 87-99.
- Blanco, E. 2005. Guía técnica para el mejoramiento de variedades vegetales de maní (*Arachis hypogaea* L.). Ministerio de asuntos campesinos y agropecuarios. Programa nacional de semillas. s.l. 12p.
- Blanco, Y., A. Leyva, & I. Castro. 2014. Determinación del período crítico de competencia de arvenses en el cultivo del maíz (*Zea mays*, L.). Cultivos Tropicales, 35(3), 62-69.
- Cantarero, R. & O. Martínez. 2002. Evaluación de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno y un fertilizante mineral) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), variedad NB-6. Managua. 52p.
- Chávez, R. 1978. Determinación de la época crítica de competencia maíz-malezas en el parcelamiento La Máquina, 1977. Guatemala. 26p.
- Churqui, M., A.A. Cespedes, R. Lozano, & M. Serrano, 2015. Centros de origen de plantas cultivadas de los agroecosistemas del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Ñaño. Rev. Cient. la Fac. ciencias Agrar. Agro-Ecológica 2, 135–144.
- Churqui, M., R. Lozano, M. Serrano, & A.A. Cespedes. 2014. Evaluación de la agrobiodiversidad en los agroecosistemas del PN-ANMI Serranía del Ñaño (Bolivia , Chuquisaca). Acta Nov. 6, 165–193.
- CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Mexico. pp 13-62.
- French, J.B. 1989. Métodos de análisis económico para su aplicación en el manejo integrado de plagas. Costa Rica. pp 49-52.
- Reyes, M. 2001. Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales. CIAGROS. Guatemala. pp 1-28.
- Rivero, A. 1984. Determinación del periodo crítico del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), en relación a su competencia con las malezas en la sabana de Jusepin. Tesis de grado Universidad de Oriente - Monagas.
- VDRA, 2013. Observatorio Agroambiental y Productivo [WWW Document]. Minist. Desarro. Rural y Tierras. URL <http://observatorio.agrobolivia.gob.bo/index.php?variable=63> (accessed 10.24.14).
- ZONISIG, 2000. Zonificación Agroecológica y Socioeconómica del Departamento de Chuquisaca. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación - Viceministerio de Planificación Estratégica y Participación Popular - Prefectura del Departamento de Chuquisaca, La Paz, Bolivia.