

Alternativa agroecológica para el control del tizón tardío, *Phytophthora infestans*, de la papa en Colomi - Bolivia

Rosmery Donaire Eguívar¹, Willman Garcia²

¹Universidad Católica Boliviana. ²Fundación PROINPA

e-mail: rosmeryd@gmail.com

Resumen

En el Cantón Candelaria, Municipio de Colomi, del Departamento de Cochabamba, existe un microcentro de biodiversidad donde se cultivan entre 60-70 variedades de papa que son susceptibles a numerosas plagas, como el tizón tardío (*Phytophthora infestans*). Esta plaga ocasiona pérdidas hasta del 70 % del cultivo. Para controlar el tizón tardío, el agricultor, por falta de conocimiento y recursos económicos, hace un uso inadecuado de fungicidas. Se propuso un tratamiento agroecológico para el control del tizón tardío, se lo comparó con el tratamiento químico (7 aplicaciones de fungicida sistémico y de contacto) y el tratamiento que aplica el agricultor (4 aplicaciones de fungicida sistémico), en dos sistemas de producción (ladera y pampa). Para el tratamiento agroecológico, se combinaron: extracto de cola de caballo (*Equisetum giganteum* L.), caldo Bordelés y un fungicida químico de baja toxicidad (2 aplicaciones del fungicida sistémico con ingrediente activo Metalaxyl-M Mancoceb). Se analizó el rendimiento, la relación de costo/beneficio y los efectos sobre el medio ambiente de los tres tratamientos. Además, se analizó el efecto de un fertilizante químico (fosfato diamónio y urea) y de un fertilizante orgánico (gallinaza), sobre el rendimiento de papa. El tratamiento agroecológico resultó ser el tratamiento más rentable (aprox. \$US 380 ha⁻¹) y más eficiente en el control del tizón tardío, con un rendimiento de papa (23 t ha⁻¹), similar al obtenido mediante el control químico. Además, el tratamiento agroecológico representa el menor riesgo para el agricultor y el medio ambiente.

Palabras clave: Agroecología, control de plagas, tizón tardío (*Phytophthora infestans*), cola de caballo (*Equisetum giganteum* L.), Caldo Bordelés, Cantón Candelaria, Cochabamba.

1 Introducción

El cultivo de la papa, *Solanum tuberosum* L., es el cuarto cultivo en importancia mundial, después del arroz, el trigo y el maíz. La papa es un alimento básico y esencial en la dieta del ser humano, por su contenido de carbohidratos, proteínas, aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales. Por otro lado, el cultivo de papa constituye una gran fuente de ingresos económicos para productores, comerciantes e industriales a nivel mundial.

En Bolivia, específicamente en la zona del Altiplano, existe una gran diversidad de especies de papa, y a su vez una gran diversidad de plagas (hongos, insectos, bacterias y virus) que limitan su producción. En muchos lugares del país, para controlar estas plagas, se fumiga excesivamente con pesticidas que afectan negativamente la salud del agricultor, contaminan el suelo, el agua superficial y subterránea, causando grandes pérdidas económicas y ecológicas [9].

La enfermedad que más afecta la producción de papa, en Bolivia y específicamente en los lugares donde existe una alta humedad relativa y temperaturas mayores a los 15 °C, es el tizón tardío, *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, [8]. El tizón puede atacar a la planta de la papa en cualquier fase de desarrollo del cultivo. Afecta hojas, tallos, bayas y tubérculos. En pocos días, la enfermedad puede propagarse desde los primeros folíolos infectados, hasta casi todo el cultivo [8]. Esta enfermedad es causante del 40 al 70% de pérdidas de cultivos de papa en lugares como el Cantón Candelaria [8].

El Cantón Candelaria se encuentra a 63 Km de la ciudad de Cochabamba, pertenece al Municipio de Colomi, en la Provincia Chapare. La zona de Candelaria se ubica en una cuenca de más o menos 30 Km de largo, donde se asientan 16 comunidades, de las cuales las más importantes son Primera Candelaria y Chimpa Rancho.

En la zona de Candelaria, como se puede ver en la figura 1, se distinguen tres pisos altitudinales, pampa, ladera y punta, que se diferencian por la altitud, la pendiente, el clima, la vegetación y los cultivos. Debido a las características de alta diversidad de cultivos, paisajes, pisos ecológicos y alto potencial ecoturístico, el Municipio de Colomi fue declarado, el año 2003, “Municipio agroecológico y de la biodiversidad” [6].

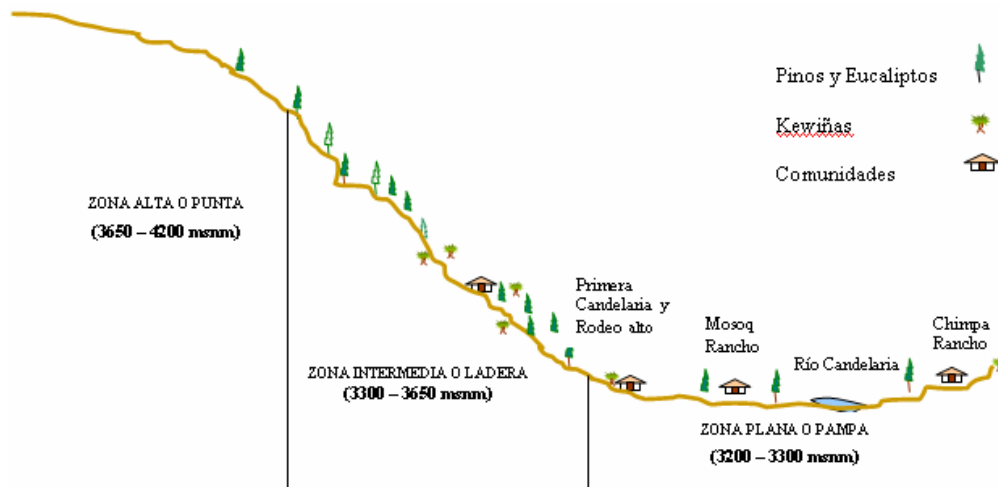


Figura 1: Características de producción en tres pisos altitudinales en Candelaria [6]

Por otro lado, en Candelaria los agricultores hacen frente a las plagas, como el tizón tardío, utilizando fungicidas químicos que atentan contra el equilibrio del agroecosistema del lugar. Los pequeños agricultores no tienen pautas apropiadas sobre qué, cuándo, cuánto y cómo fumigar; y afirman que es muy costoso para ellos comprar fungicidas químicos. Por lo tanto, los agricultores pierden parte de su cosecha, tienen menos semilla para el cultivo del próximo año y además producen un riesgo contra su salud, por la falta de protección al fumigar [4]. Por otra parte el constante uso de fungicidas químicos incrementa la cantidad de microcontaminantes en el suelo, el agua superficial y subterránea. Es así que se provoca una degeneración paulatina del ecosistema, afectando negativamente al medio ambiente en general [11].

La agroecología surge como una posible respuesta a los elevados costos de producción con agroquímicos y a la contaminación que producen los mismos. La agroecología cubre la necesidad de minimizar las cantidades de químicos empleados en los productos, promoviendo el uso de productos naturales e incrementando la rentabilidad por área de tierra cultivada [5].

La técnica de producción agroecológica para el control del tizón tardío, tiene como base el uso de caldos minerales y extractos naturales. Estos fungicidas agroecológicos son normalmente preventivos, es decir, deben aplicarse antes de la aparición de la enfermedad. Por tal razón, los fungicidas agroecológicos funcionan como agentes “fungistáticos” ya que inhiben primordialmente la germinación de las esporas del hongo [2]. Fortalecen a los tejidos de las plantas para que soporten los ataques de los insectos y de los patógenos en general. A su vez, regulan las poblaciones de insectos plaga a niveles que no hagan daño a los cultivos [5].

Una de las sustancias utilizadas para el combate de hongos fitopatógenos es el extracto de cola de caballo, *Equisetum giganteum* L. (Figura 2). La cola de caballo, contiene ácido salicílico en proporciones de hasta 10 % lo cual le confiere al extracto propiedades fungicidas e insecticidas [10]. Por otro lado el *Equisetum giganteum* aplicado foliarmente, al penetrar la epidermis de las hojas, aumenta la resistencia de la planta a hongos como el tizón tardío, el tizón temprano y las cenicillas [7].

Otro producto agroecológico es el caldo Bordelés o caldo mineral a base de sulfato de cobre y una solución de óxido de calcio, en una relación de 1 a 9. Este caldo es un fungicida y acaricida que también actúa como repelente contra algunos coleópteros de la papa [1]. Para ser efectivo, el caldo Bordelés debe ser neutro o ligeramente alcalino [1]. Cuando la cantidad de cal es insuficiente para saturar el sulfato de cobre (es decir la cal tiene un bajo contenido de óxido de calcio) el caldo Bordelés se torna ácido y se debe agregar más agua de cal, esto es importante para tener un buen resultado en su aplicación [1].

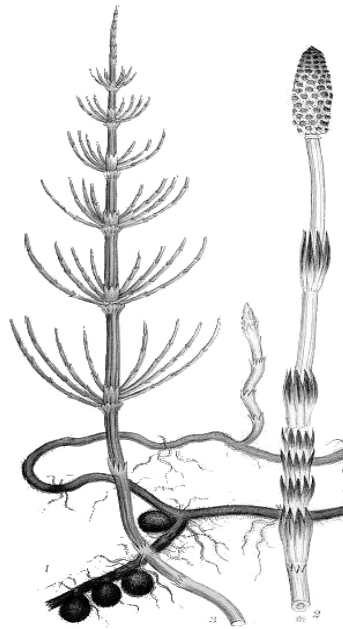


Figura 2: Cola de caballo *Equisetum giganteum* L. [8]

2 Objetivo general

Proponer un tratamiento agroecológico sustentable para el control del tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*), en dos sistemas de producción (ladera y pampa) del Cantón Candelaria del Municipio de Colomi, Cochabamba -Bolivia.

3 Objetivos específicos

Para cumplir con el objetivo general, se han identificado los siguientes objetivos específicos:

- Determinar la eficiencia de subsidios energéticos (fertilizantes orgánico e inorgánico) utilizados en dos sistemas de producción agrícola en Candelaria
- Determinar la eficiencia de tres estrategias (agroecológica, química y del agricultor) para el control del tizón tardío de la papa
- Analizar los costos y beneficios de las tres estrategias utilizadas para el control del tizón
- Analizar los efectos sobre el medio ambiente en las tres estrategias por medio de relaciones de toxicidad y la matriz interactiva de Leopold

4 Metodología

El diseño experimental puesto en práctica es de “parcelas divididas”. Se implementaron en campo, dos lotes de investigación (30 x 19 m), uno en la comunidad Chimpa Rancho (pampa) y la otra en la comunidad de Primera Candelaria (ladera), con el cultivo de papa waych'a.

Cada lote se divide en dos parcelas (P1 y P2), cada parcela se dividió en tres subparcelas y cada subparcela en tres unidades experimentales. En cada unidad experimental se aplicó un tratamiento, ya sea químico, agroecológico o del agricultor. En las dos parcelas se aplicaron fertilizantes: orgánico y químico, en las siguientes cantidades:

Parcela P1: Aplicación de gallinaza: 3 kg

Parcela P2: Fertilizantes químicos: 30 kg de gallinaza, 2,7 kg de fosfato diamónio (18-46-0) y 7 kg de urea (46-0-0) por unidad experimental.

Tratamiento 1: estrategia de control químico de PROINPA (T1). Esta estrategia está basada en la aplicación preventiva de los fungicidas, es decir, antes de que aparezcan los primeros síntomas del tizón tardío. La frecuencia de aplicación fue de 7 a 14 días, según las condiciones climáticas muy favorables o poco favorables a la aparición del tizón. Se alternó un fungicida sistémico y uno de contacto, pero sin utilizar el fungicida sistémico más de tres veces. El fungicida sistémico con el que se inicia las aplicaciones fue Ridomil Gold, que tiene como ingrediente activo Metalaxyl-M Mancoceb. El

fungicida sistémico fue intercalado con un fungicida de contacto, Bravo 500, que tiene como ingrediente activo el Clorothalnil.

Tratamiento 2: estrategia del agricultor del Cantón Candelaria (T2). Los agricultores por lo general aplican un solo producto cada 14 días y no intercalan fungicidas sistémicos con fungicidas de contacto; es por eso que se realizó cuatro aplicaciones de fungicida sistémico Dithane (indicado por el agricultor). El ingrediente activo del fungicida Dithane es Mancoceb. La primera aplicación se realizó después de la aparición de los primeros síntomas de la enfermedad (pequeñas manchas de color verde claro a oscuro en las hojas de la planta), tal como en la práctica habitual lo realiza el agricultor.

Tratamiento 3: estrategia agroecológica (T3). Se inició las aplicaciones con caldo Bordelés (caldo mineral agroecológico), antes de la aparición de los primeros síntomas de la enfermedad. La segunda aplicación se realiza a los 7 días después de la primera aplicación, con un fungicida sistémico de baja toxicidad (Ridomil Gold). Para evitar la propagación y resistencia de la enfermedad al tener las condiciones climáticas favorables, se alterna las aplicaciones de Ridomil Gold con caldo Bordelés. Se realiza tres aplicaciones con extracto de cola de caballo cada 7 días, momento en que los tubérculos ya se están desarrollando. Debido a que la cola de caballo en extracto tiene propiedades similares a las de un fungicida sistémico y de contacto, por lo que no es necesario alternar con otros productos (Tabla 1).

Tabla 1. Productos naturales y químicos aplicados en la propuesta agroecológica

Nº de Aplicación	Nombre del producto	Dosis
		---g l ⁻¹ ---
1	Caldo Bordelés	15
2	Ridomil Gold	50
3	Caldo Bordelés	20
4	Ridomil Gold	50
5	Extracto de cola de caballo	0.26
6	Extracto de cola de caballo	0.26
7	Extracto de cola de caballo	0.26

Para saber que tratamiento fue más efectivo en el control del tizón tardío se efectuaron las estimaciones de severidad de la enfermedad (valor de infección porcentual, VIP) por visualización en cuarteo de las plantas marcadas. Dichas aproximaciones fueron expresadas en porcentajes (%), cada siete días, hasta obtener un mínimo de siete estimaciones. Posteriormente los datos obtenidos en las 7 estimaciones

fueron analizados con el programa estadístico SAS, para después ser interpretados y obtener el “área bajo la curva para el *Phytophthora infestans*” (ABCPPi).

La ecuación para la severidad de la enfermedad, medida mediante el “Área bajo la curva del progreso de *Phytophthora infestans*” es:

$$\text{ABCPPi} = \left[\sum_{i=1}^n \frac{Y_{i+} + y_i}{2} \right] (T_{i+1} - T_i)$$

Donde ABCPPi es el Area Bajo la Curva de Progreso de *Phytophthora infestans* en porcentaje o proporción días de la severidad de la enfermedad observada, Y_i es la proporción del tejido afectado en la i -ésima observación, $(T_{i+1}-T_i)$ es el tiempo en días transcurrido entre dos lecturas y n es el número total de observaciones.

Paralelamente a las mediciones de severidad de la enfermedad se efectuó la estimación de la cobertura foliar mediante un bastidor de cobertura foliar de 90 x 70 cm, con sus divisiones cada 10 cm. Esto permitió estimar el desarrollo foliar y el ciclo de vida de las plantas de papa de los tres tratamientos.

Cada tratamiento afecta directamente al rendimiento del cultivo, es por esto que después de la cosecha se calculó el rendimiento de cada tratamiento, por medio de la ecuación de parcelas divididas:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \gamma_k + (\tau\gamma)_{ik} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \epsilon_{ijk}$$

Donde Y_{ijk} es el rendimiento en $t\ ha^{-1}$, μ es la media general del tratamiento, τ_i el efecto fijo de la i -ésima parcela, β_j el efecto fijo de la j -ésimo tratamiento, $(\tau\beta)_{ij}$ el efecto combinado de la interacción del j -ésimo tratamiento en la i -ésima parcela; γ_k es el efecto fijo de la k -ésima sub-parcelas; $(\tau\gamma)_{ik}$ es el efecto combinado de las parcelas y las sub-parcelas; $(\tau\beta\gamma)_{ijk}$ es el efecto combinado de las parcelas, los tratamientos y las sub-parcelas; ϵ_{ijk} es el efecto aleatorio de los residuales al i -ésima parcela con la j -ésimo tratamiento en la k -ésima subparcela.

Para evaluar el impacto ambiental de cada tratamiento se elaboró la matriz interactiva de Leopold, se tomó en cuenta: el número de aplicaciones de los productos en cada tratamiento. La matriz interactiva también considera la toxicidad, daños o modificaciones que estos causan al medio ambiente y como afectan estas modificaciones al agricultor [3].

El análisis económico fue un análisis comparativo de costo/beneficio. Para cada tratamiento se realizó un seguimiento de los costos, mano de obra, transporte e insumos. Luego se calculó el beneficio a partir del rendimiento obtenido por tratamiento. Para obtener el precio de la papa se realizó una encuesta (12 encuestados) en el mercado de Colomi, donde los agricultores llevan sus productos para vender.

5 Resultados y discusión

Los datos muestran que las plantas sometidas al tratamiento químico (T1) y al tratamiento agroecológico (T3), tienen un mayor desarrollo foliar si se los compara con el tratamiento del agricultor (T2). Esto podría explicarse, porque las plantas del tratamiento T1 y T3 fueron fumigadas preventivamente y se desarrollaron de forma normal sin que sus hojas se vean afectadas por los primeros síntomas de la enfermedad. Contrariamente las plantas del tratamiento del agricultor (T2) no tuvieron un buen desarrollo foliar debido a que la primera aplicación del fungicida se efectuó después de la aparición de los primeros síntomas de la enfermedad.

Graficando los datos de cobertura foliar se puede estimar el ciclo de vida de las plantas. El ciclo de vida más largo lo presentan las plantas del tratamiento T3 tanto en Chimpa Rancho como en Primera Candelaria, seguido por el T1 y por último el T2. Para una mejor apreciación de los resultados obtenidos, en la figura 3 se observan los ciclos de vida con una proyección sinusoidal hasta el final del ciclo.

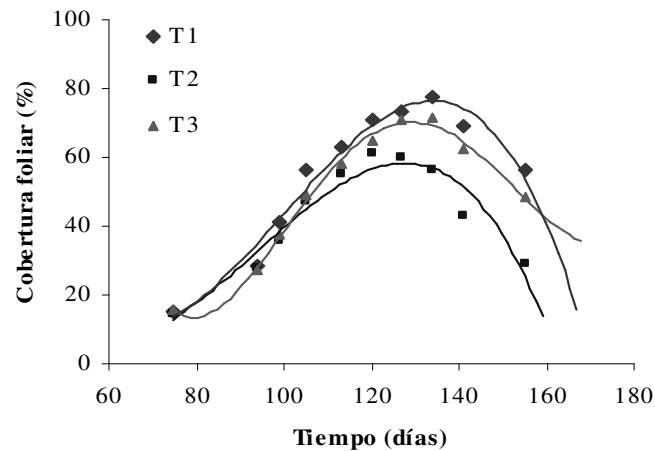


Figura 3: Cobertura foliar general y ciclo de vida de las plantas de los tres tratamientos

El uso de productos naturales aparentemente alarga el ciclo de vida de la planta. En este caso este fenómeno puede deberse al uso de extracto de cola de caballo, que actúa como fungicida natural sin provocar rechazo o reacción por parte de la planta. Como afirma Mesén (2002) la cola de caballo “confiere a la planta propiedades fungicidas sin causar daños en la misma” [8].

Por otro lado, el tratamiento agroecológico mostró un control de la enfermedad similar al tratamiento químico. El tratamiento del agricultor, por el contrario, presentó plantas gravemente afectadas, lo que demuestra poco control sobre la enfermedad.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en los dos lotes, con sus respectivas repeticiones, se tiene un resultado general de la severidad de la enfermedad (ABCPPi) de los tres tratamientos (Figura 4). El análisis estadístico confirma que el tratamiento del agricultor (T2) es el que tiene mayor incidencia de la enfermedad con un 859,37 de ABCPPi, seguido por 250,55 del tratamiento agroecológico (T3) y el tratamiento químico (T1) con 200,18 de ABCPPi, en una escala del 0 como ninguna incidencia a 1000 como máxima incidencia de la enfermedad.

En la cosecha, se realizó la clasificación de la papa en cinco tamaños de acuerdo al criterio del agricultor, que normalmente es el que realiza la clasificación, para encontrar el rendimiento. El tamaño “chapara” y “qolqe” (tamaños de mayor demanda comercial) tuvieron un diámetro de 8,2 y 6,2 cm respectivamente. El tamaño chapara tuvo un peso promedio de 1,98 kg y el tamaño qolqe 1,16 kg.

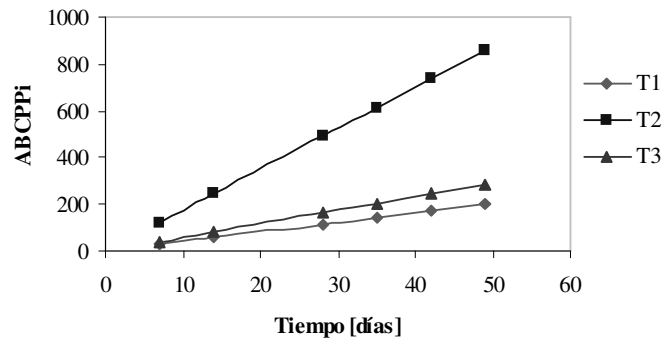


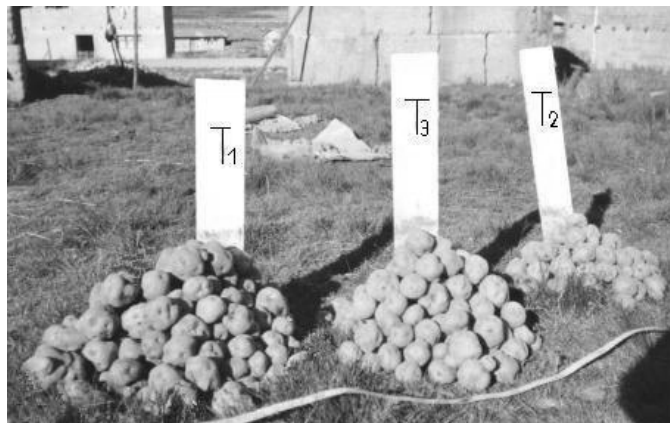
Figura 4: Área bajo la curva de progreso de *Phytophthora infestans* de los tres tratamientos.

El rendimiento en los dos lotes muestra que la propuesta agroecológica (T3) tuvo un rendimiento similar al tratamiento químico (T1). El tratamiento del agricultor (T2) en ambos lotes presenta el rendimiento más bajo. Por otro lado en el Tabla 2 también se puede ver que el tamaño “Chapara”, con un mayor valor comercial, se encontró en mayor cantidad en el tratamiento agroecológico.

Tabla 2. Rendimiento general de los tres tratamientos

Clasificación	Rendimiento promedio		
	T1	T2	T3
	-----t ha ⁻¹ -----	-----t ha ⁻¹ -----	-----t ha ⁻¹ -----
Chapara	2,19	1,38	4,38
Qolqe	7,61	5,34	6,52
Murmu	5,95	4,71	5,43
Chjili murmu	4,50	3,42	4,49
Chunu	3,24	2,72	2,43
Total	23,49	17,57	23,25

En la figura 5, se puede ver la diferencia de rendimiento y tamaño por unidad experimental. El mayor rendimiento total fue de 23,49 t ha⁻¹ logrado por el tratamiento químico, seguido con muy poca diferencia por el tratamiento agroecológico con 23,25 t ha⁻¹. El de menor rendimiento fue el tratamiento del agricultor con 17,57 t ha⁻¹. El tamaño qolqe fue el que tuvo mayor rendimiento en los tres tratamientos (tabla 2). En el tratamiento T1 con 7,61 t ha⁻¹, en el tratamiento T3 con 6,52 t ha⁻¹ y el tratamiento T2 con 5,34 t ha⁻¹ (Figura 6).

**Figura 5:** Comparación de rendimientos por unidad experimental.

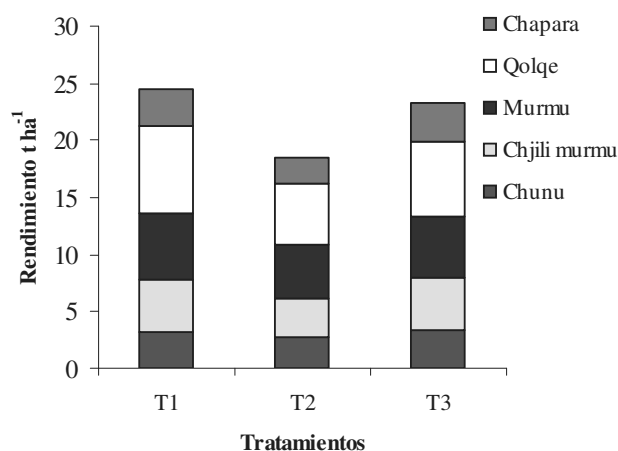


Figura 6: Rendimiento general de los tres tratamientos

El análisis estadístico para el rendimiento (tabla 3), realizado a través del SAS, muestra que sí existe diferencia estadística entre tratamientos y no así entre parcelas (uso de gallinaza y fertilizante químico). Esto demuestra que no es necesario el uso de fertilizantes químicos en la zona, ya que se pudo obtener el mismo rendimiento solo usando gallinaza (fertilizante orgánico).

Tabla 3. Análisis estadístico del diseño en parcelas divididas en bloques (variable dependiente: rendimiento)

Fuente de variación	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad > F
Repeticiones	115,528	3,44	0,0510 ns
Tratamiento	122,694	3,65	0,0435 *
Interacción repeticiones - tratamiento	8,653	0,26	0,9017 ns
Parcela (gallinaza o fertilizante)	100,000	2,98	0,0991 ns
Interacción tratamiento - parcela	8,083	0,24	0,7882 ns

* Diferencia significativa (valor < 0,05)

ns Diferencia no significativa (valor > 0,05)

El análisis ambiental mediante la Matriz Interactiva de Leopold nos muestra que el tratamiento del agricultor es el que tiene mayor impacto negativo sobre el medio ambiente, seguido por el tratamiento químico. El tratamiento agroecológico es el único que tiene un impacto positivo, esto debido a la poca toxicidad de los productos usados para la fumigación. El promedio aritmético del tratamiento agroecológico es de +89 como resultado final del impacto al medio ambiente, es decir es el único que compensa sus posibles impactos negativos con impactos positivos. Los otros dos tratamientos tienen un promedio aritmético negativo, primero el tratamiento T2, con -52, seguido por el tratamiento T1 con -7 (Tabla 4).

Tabla 4. Matriz Interactiva de Leopold para los tres tratamientos

		Actividades		Fumigación			
		Químico (T1)	Agricultor (T2)	Agroecológico (T3)			
Factores ambientales							
Suelo	Microcontaminantes	-8	3	-6	3	-3	1
	Agua						
Agua	Aguas superficiales (contaminación)	-8	3	-6	3	-2	1
	Aguas subterráneas (contaminación)	-7	2	-5	2	-1	1
Atmósfera	Rocio, neblina (contaminación)	-4	1	-3	1	-1	1
	Calidad del aire	-3	1	-3	1	-1	1
Vegetación	Desarrollo foliar (cultivo de papa)	+5	3	+3	3	+6	3
	Rendimiento de tubérculos	+8	3	+4	3	+7	3
	Control de enfermedad (<i>P. infestans</i>)	+9	7	+4	6	+8	7
	Residuos de toxicidad en los tubérculos	-6	2	-4	2	-1	1
Fauna	Intoxicación	-2	1	-2	1	-1	1
	Calidad de vida	-4	2	-6	2	+4	1
Población Humana	Salud pública	-5	2	-5	2	-1	1
	Estilo de vida	-4	2	-4	1	+1	1
Número de impactos positivos		3		3		6	
Número de impactos negativos		10		10		7	
Promedios aritméticos		-7		-52		+89	

En el análisis económico el tratamiento químico (T1) resulto ser el que tiene mayor costo total en ambas localidades, debido al elevado precio de los fungicidas químicos. Por ejemplo, en el lote de Chimpa Rancho, es 2.987,96 Bs ha⁻¹ más costoso que el tratamiento agroecológico (T3); y 2.715,95 Bs ha⁻¹ más costoso que el tratamiento del agricultor (T2). Por otro lado el tratamiento agroecológico es el de menor costo total (Tabla 5).

El tratamiento T3 es el que tiene mayor beneficio neto en ambas localidades, es decir el tratamiento T3 es el que proporciona mayor ganancia de dinero para el agricultor después de restarle los costos de producción. Esto debido al bajo costo que implica el uso de productos naturales, por ejemplo: 0,5 kg de cola de caballo cuesta 10 Bs y 0,5 kg de ingredientes del caldo Bordelés cuesta 9 Bs. Por el contrario, 0,5 kg de un fungicida químico cuesta 89 Bs.

El tratamiento con menor beneficio neto es el tratamiento del agricultor (T2) con 19.438,48 Bs ha⁻¹ en Chimpa Rancho y 8.312,25 Bs ha⁻¹ en Primera Candelaria. Las causas de este menor beneficio neto son: el bajo rendimiento del cultivo y el poco control de la enfermedad por parte de los productos químicos usados en el tratamiento.

Tabla 5. Análisis de presupuestos parciales por localidades y tratamientos (Costo/Beneficio)

	Chimpa Rancho			Primera Candelaria		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Costo de fungicida químico y/o natural, Bs ha ⁻¹	6.309	3.653	3.321	5.890	3.548	2.782
Costo de semilla, Bs ha ⁻¹	860	860	860	860	860	860
Costo gallinaza, y fertilizantes químicos, Bs ha ⁻¹	297	297	297	329	329	329
Costo de mano de obra, Bs ha ⁻¹	180	120	180	180	120	180
Costos totales, Bs ha⁻¹	7.647	4.931	4.659	7.260	4.857	4.151
Rendimiento promedio, t ha ⁻¹	30	24	29	18	12	16
Beneficio bruto de campo, Bs ha ⁻¹	30.995	24.369	30.587	18.919	13.169	16.576
Beneficio neto, Bs ha⁻¹	23.348	19.438	25.928	11.659	8.312	12.424

6 Conclusiones

Considerando la rentabilidad económica y ambiental, el tratamiento agroecológico resultó ser la estrategia más eficiente en el control del tizón tardío y con mayor beneficio neto en la producción de papa en el Cantón Candelaria.

Tomando en cuenta la toxicidad de los productos usados en los tres tratamientos, el más tóxico es el tratamiento químico (T1) y el de menor toxicidad es la propuesta agroecológica (T3), siendo el daño al medio ambiente y a la salud del agricultor mucho menor en la propuesta agroecológica.

El tratamiento con mayor beneficio neto para la economía del agricultor resultó ser la propuesta agroecológica (T3), con respecto al tratamiento químico (T1) y del agricultor (T2).

No existen diferencias estadísticas entre el uso de fertilizante químico y gallinaza en las comunidades de Chimpa Racho y Primera Candelaria, por lo que no se justifica la aplicación de fertilizante químico en la zona.

Referencias

- [1] AGRECOL - Andes. *Carilla de abonos orgánicos y caldos minerales*. Cochabamba – Bolivia. 1999.
- [2] Barbera, C. *Pesticidas agrícolas*. Editorial Omega. Madrid - España. 1986.
- [3] FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2003. Capítulo 4 - Los plaguicidas, en cuanto contaminantes del agua. <http://www.fao.org/docrep/n2598s06.htm>. (verificado Febrero 2004)
- [4] Fernández-Northcote, A.; Navia, O.; Gandarillas, A. *Bases de las estrategias de control químico del tizón tardío de la papa desarrolladas por PROINPA en Bolivia*. Cochabamba – Bolivia. 1999.
- [5] INFOAGRO. Una experiencia de papa orgánica en la zona de Cartago, Costa Rica. <http://www.agrohispana.com/escuela/verdoc.asp?Documento=Tema114> (Verificado Septiembre 2003).
- [6] Mérida, G. García, W.; Vásquez, E.; Oros, R. *Agroturismo y ecoturismo en Colomi: una estrategia para la conservación in situ de la biodiversidad*. Capítulo XVIII. En: PROINPA. 2003. Manejo sostenible de la agrobiodiversidad de tubérculos andinos. Ed. PROINPA. Cochabamba. 2003.
- [7] Mesén, R. *Combate integrado del tizón tardío con extractos naturales y fungicidas químicas en el cultivo de la papa en la zona norte de Cartago, Costa Rica*. Ed. Min. de Agricultura. Costa Rica. 2002.
- [8] PROINPA (Fundación para la Promoción y la Investigación de Productos Andinos). *Cartilla Colomi: Municipio Agro-ecológico y de la Biodiversidad*. Ed. PROINPA. Cochabamba – Bolivia. 2003.
- [9] Roque, D. Grupo de Reflexión Rural: El uso inadecuado de los venenos agroquímicos en los cultivos de soja y sus efectos sobre la salud humana. En <http://www32.brinkster.com/grrlaplata/Agosto2003/Agroq.html> (verificado Septiembre 2003)
- [10] Solórzano, R. *Alternativa técnica*. Editorial ALTERTEC, Guatemala. 1989.
- [11] Yanggen, D., Crisman, C. y Espinosa, P. *Los plaguicidas, impacto en producción, salud y medio ambiente en Carchi, Ecuador*. Ed. CIP. Quito – Ecuador. 2003.