

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SUELOS**



**“SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE *Lupinus mutabilis* Sweet
'chocho' EN TERRAZAS Y LADERAS CON
FERTILIZACIÓN FOSFATADA EN CAJAMARCA”**

Presentada por:

SILVIA DORIS AGUERO AGUILAR

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN SUELOS**

Lima - Perú

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SUELOS**

**“SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE *Lupinus mutabilis* Sweet
'chocho' EN TERRAZAS Y LADERAS CON
FERTILIZACIÓN FOSFATADA EN CAJAMARCA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

SILVIA DORIS AGUERO AGUILAR

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Mg. Sc. Rubén Bazán Tapia
PRESIDENTE

Mg. Sc. Luis Tomassini Vidal
PATROCINADOR

Dr. Mario Tapia Núñez
Co-PATROCINADOR

Dr. Constantino Calderón Mendoza
MIEMBRO

Mg.Sc. Amelia Huaranga Joaquín
MIEMBRO

Dedico

A los agricultores conservacionistas y criadores de especies nativas, guardianes de nuestro germoplasma.

A toda mi familia.

A mi gran amigo Miguel Huauya Rojas, investigador y compañero de la maestría. Q.D.D.G.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional Agraria la Molina, a la escuela de Posgrado, departamento de Suelos, al Centro Internacional de la Papa - CONDESAN, ASPADERUC por el apoyo brindado para la ejecución de la tesis.

Al Dr. Mario Tapia, copatrocinador, amigo y maestro quien me dio la confianza y motivación en la investigación de los cultivos andinos, gran conocedor de nuestros recursos.

Al Ing. Mg. Sc. Luis Tomassini Vidal, asesor, amigo y consejero de estudios, por su alientos y profesionalismo brindado a mi persona.

A los miembros del jurado por sus aportes profesionales.

I. ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. ÍNDICE GENERAL	1
II. RESUMEN	7
III. INTRODUCCIÓN	9
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	11
4.1. <i>Lupinus mutabilis Sweet</i> en los andes	11
4.1.1 El lupinus en la sierra del Perú	14
4.1.1.1 El sistema de producción de lupinus	16
a. Fenología del cultivo	16
b. Condiciones de clima	16
c. Suelos	18
d. Semillas	18
e. Siembra	19
f. Rotación	20
g. Fertilización	20
h. Cosecha	21
i. Almacén	21
j. Sanidad	22
4.2 El sistema de producción de chocho en el distrito de La Encañada ..	22
4.2.1 Ubicación, geografía y clima	22
4.2.2 Suelos de cultivo	23
4.2.3 Semillas	24
4.2.4 Área de cultivo en La Encañada	25
4.3 Fósforo en el suelo	27
4.4 Nodulación y absorción de fósforo	29
4.5. El lupinus (lupino, chocho, tarwi, tauri) como cultivo promisorio ...	31

V. MATERIALES Y MÉTODOS	34
5.1. Localización del área experimental	34
5.2. Materiales de campo y equipo	34
5.3. Muestreo y análisis de suelo	34
5.4. Manejo del experimento	36
5.5. Evaluaciones de parámetros biológicos y rendimiento de grano de chocho	36
5.5.1. Parámetros biológicos	36
5.5.1.1 Evaluación en la floración.....	36
5.5.2 Parámetros de rendimiento	37
5.5.2.1 Evaluación de la cosecha	37
5.6 Caracterización de los sistemas de producción	37
5.7 Análisis de rentabilidad económica	37
5.8 Diseño de experimental	38
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
6.1 Efecto la aplicación de tres niveles de fertilización con fósforo en los parámetros biológicos y rendimiento de granos.	40
6.1.1 Densidad de planta	40
6.1.2 Altura de la planta.....	41
6.1.3 Número de vainas por planta	41
6.1.4 Longitud de vaina	43
6.1.5 Número de granos por vaina	44
6.1.6 Peso de granos por planta	44
6.1.7 Peso de 250 granos	46
6.1.8 Índice de cosecha	47
6.1.9 Rendimiento de granos.....	47
6.2 Efecto de la aplicación de tres niveles de fertilización con fósforo en la formación de nódulos	50
6.3 Relación entre áreas cultivadas de chocho y las condiciones agronómicas del suelo escogido por el agricultor	53
6.4 Caracterización de los sistemas de producción de chocho en condiciones de sierra en Cajamarca (distrito La Encañada)	54

6.5 Rentabilidad económica del cultivo	61
VII. CONCLUSIONES	68
VIII. RECOMENDACIONES	69
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
X. ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1: Análisis del porcentaje de nutrientes en granos de tarwi de diferentes localidades	19
Tabla 2: Distribución de la superficie según la zonificación en La Encañada.....	24
Tabla 3: Frecuencia de rotación de cultivos en La Encañada 1997-1998 según Osman, 1999.....	24
Tabla 4: Rendimiento promedio de cultivos (kg. ha ⁻¹) en La Encañada 1998.....	26
Tabla 5: Distribución de los cultivos según las cuatro zonas agroecológicas en la cuenca de La Encañada, Proyecto PIDAE.(CIP 1995)	26
Tabla 6: Cultivos en las tres zonas agroecológicas en La Encañada según proyecto PIDAE (CIP, 1995), por Bernet y Tapia (1999).....	27
Tabla 7: Características fisicoquímicas de los suelos de 0 – 30 cm de profundidad del sistema de producción de chocho en el distrito La Encañada. Cajamarca	35
Tabla 8: Niveles de fertilización aplicados en el campo experimental del cultivo de chocho.....	38
Tabla 9: Cantidad de fertilizante aplicado por unidad experimental del cultivo de chocho.....	39
Tabla 10: Efecto del manejo de los sistemas de producción en terrazas (A) y laderas (B), bajo tres niveles de fertilización con fósforo (0, 40 y 80 P ₂ O ₅) en los parámetros biológicos y rendimiento de granos de <i>L. mutabilis</i> “chocho”. Distrito de La Encañada. Provincia y Departamento de Cajamarca.....	42
Tabla 11: Planificación del cultivo de chocho en el distrito La Encañada. Diciembre 1997 a noviembre de 1998 y la aplicación de fósforo	61
Tabla 12: Análisis económico anual de la producción del cultivo de chocho (\$. / ha) en el distrito La Encañada, comparados con y sin aplicación de fósforo en cada campo experimental. (\$ = S/. 3.47, diciembre 1998).....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1: : Distribución <i>L. mutabilis</i> (+) and <i>L. piurensis</i> (▲) en Sudamérica.....	12
Figura 2: : Grabado del Lupino en el Vaso ceremonial de la cultura pre-inca Wari, 1,400 años de antigüedad.....	14
Figura 3: Pesos de 25 semillas de 31 especies andinas de lupinos con respecto a <i>Lupinus mutabilis</i> Sweet, incremento de los pesos en las progenitoras putativas y asociado con la domesticación.....	15
Figura 4: Fases fenológicas del chocho (SENAMHI, 2012?).....	17
Figura 5: Porcentaje de semillas de chocho en ferias de agrobiodiversidad. La Encañada. Cajamarca	25
Figura 6: Dinámica del fósforo desde el suelo a la planta.....	27
Figura 7: Producción total de tarwi en el Perú, según la FAO.....	31
Figura 8: Producción de tarwi en toneladas por departamentos en el Perú desde 1998 al 2015. Elaborado con datos MINAGRI (Ministerio de Agricultura). 2016.....	32
Figura 9: Efecto de las dosis de fertilización con fósforo en el número de vainas por planta de chocho cultivado en terrazas y laderas.. ..	43
Figura 10: Efecto de la fertilización de fósforo en el peso de granos por planta de chocho cultivado en terrazas y laderas.....	45
Figura 11: Efecto de los niveles de fertilización con fósforo en el rendimiento de granos de chocho cultivado en laderas	48
Figura 12: Efecto de las dosis de fertilización con fósforo en el incremento del número de nódulos por planta de chocho cultivado en terrazas y laderas.....	52
Figura 13: Ubicación de los campos experimentales del cultivo de chocho expresados en porcentaje. Anexos de La Encañada (1998).	55
Figura 14: ¿Por qué cultiva chocho? Encuesta al agricultor comprometido con el ensayo ..	55
Figura 15: Porcentaje de encuestados y el manejo del campo de chocho. Encuesta aplicada campaña 1998	54
Figura 16: Porcentaje de encuestados y el manejo de semilla antes de la siembra.....	56
Figura 17: Porcentaje de cultivos sembrados en la rotación antes y después de chocho.....	57

Figura 18: Porcentaje de uso del chocho por los agricultores del ensayo en el distrito de La Encañada.....	58
Figura 19: Relación B/C comparados con niveles de 0, 40 y 80 P ₂ O ₅ por parcela del ensayo en el distrito de La Encañada.....	64
Figura 20: Flujo del sistema de producción de <i>L.mutabilis</i> Sweet “chocho” en el distrito de La Encañada. Provincia y Departamento de Cajamarca.....	67

ÍNDICE DE ANEXOS

Pág.

ANEXO 1: Mapa de ubicación de los campos experimentales en el distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca.	84
ANEXO 2: Datos de los parámetros biológicos y rendimientos evaluados en las parcelas experimentales de terrazas.....	85
ANEXO 3: Datos de los parámetros biológicos y rendimientos evaluados en las parcelas experimentales de laderas	86
ANEXO 4: Campos experimentales de <i>L. mutabilis</i> “chocho” en laderas y terrazas, ubicadas en los caseríos del distrito de La Encañada. Cajamarca.....	87
ANEXO 5: Encuesta sobre el sistema de producción al productor en terrazas.	90
ANEXO 6: Encuesta sobre el sistema de producción al productor en laderas.	93
ANEXO 7: Porcentaje de los resultados de las encuestas sobre el manejo del cultivo de chocho en el distrito de la Encañada, Provincia y Departamento de Cajamarca.....	95
ANEXO 8: Resultados de las variables en estudio por condición de manejo en laderas y terrazas, análisis según programa estadístico INFOSTAT versión 2017.....	97
ANEXO 9: Efecto de las dosis de fósforo 0, 40 y 80 P ₂ O ₅ en el diámetro de nódulos en raíz primaria y secundaria del chocho, evaluados en la floración	103
ANEXO 10: Modelo de hoja de cultivo, costos unidades de producción por etapas, expresados en \$/ ha. La Encañada 1998.....	104
ANEXO 11: Proyección económica para <i>Lupinus mutabilis</i> Sweet del 2013 - 2021. Fuente: Alva <i>et al.</i> , 2013. Adaptado de D’Alesio. Planeamiento estratégico del Tarwi. Tesis Mg. Lima, Perú. PUCP.....	105

II. RESUMEN

El *Lupinus mutabilis* Sweet “chocho”, “tarwi”, “tauri” y “lupino” es un cultivo subutilizado del Perú, muy importante para la seguridad alimentaria. Sus granos son extractivos en fósforo y alcanza hasta 50% proteína. Se analizó el sistema de producción de “chocho” en terrazas y laderas con fertilización fosfatada en Cajamarca. En el distrito La Encañada (2500 -3700 msnm) se aplicó DBCA en terrazas y laderas, niveles 0, 40 y 80 kg P₂O₅.ha⁻¹ (Súper fosfato triple de calcio). Se evaluaron parámetros biológicos, nodulación y rendimiento; también encuestas agronómicas y económicas. Se obtuvieron diferencias significativas (LSD Fisher $\alpha = 0.05$) entre 0 y 80 P₂O₅.ha⁻¹ para rendimiento de granos en laderas con 0.53 y 1.28 t.ha⁻¹ respectivamente; número vaina/planta, longitud vaina, número de granos/vaina, pesos de granos/planta, peso de 250 granos, tamaño y número de nódulos. Para terrazas no se registraron diferencias significativas a la aplicación fosfatada para los rendimientos de grano, obteniéndose 1.32, 1.51 y 1.73 t.ha⁻¹ para 0, 40 y 80 kg P₂O₅.ha⁻¹ respectivamente. El 36.4% agricultores sembraron chocho en suelos de descanso/barbecho. La rentabilidad del cultivo Beneficio/Costo fue 1 a 4. El efecto de la fertilización para el cultivo de chocho según manejo del agricultor en condiciones de laderas fue muy efectivo con la dosis de 80 kg P₂O₅.ha⁻¹.

Palabras claves: fósforo, granos andinos, lupino, rizobium, rotación de cultivos

II. SUMMARY

The *Lupinus mutabilis* Sweet "chocho", "tarwi", "tauri" and "lupine" is an underutilized crop from Peru, very important for food security. Its grains are extractive in phosphorus and reach 50% protein. The production system of "chocho" in terraces and hillsides with phosphate fertilization in Cajamarca was analyzed. In the La Encañada district (2500 -3700 ma.s.l) RCBD on terraces and slopes, levels 0, 40 and 80 kg P₂O₅.ha⁻¹ (triple calcium phosphate super) was applied. Biological parameters, nodulation and yield were evaluated; also agronomic and economic survey polls. Significant differences were obtained (DLS Fisher $\alpha = 0.05$) between 0 and 80 P₂O₅.ha⁻¹ for grain yield in slopes with 0.53 and 1.28 t.ha⁻¹ respectively; pod number / plant, pod length, number of pods / grains, weight of grains / plant, weight of 250 grains, size and number of nodules. For terraces there were no significant differences in the phosphate application for grain yields, obtaining 1.32, 1.51 and 1.73 t.ha⁻¹ for 0, 40 and 80 kg P₂O₅.ha⁻¹ respectively. 36.4% farmers sowed chocho seeds in resting / fallow land. The profitability of the Benefit / Cost crop was 1 to 4. The effect of fertilization for the cultivation of chocho according to the farmer's management in hillside conditions was very effective with the dose of 80 kg P₂O₅.ha⁻¹.

Keywords: phosphorus, Andean grains, lupine, rhizobium, crop rotation.

III. INTRODUCCIÓN

Lupinus mutabilis Sweet es una leguminosa distribuida geográficamente en Venezuela, Colombia, Argentina, Ecuador, Perú y Bolivia a altitudes de 2000 - 3200 msnm. En el Perú se conoce como “tarwi” en Apurímac, Ayacucho y Cuzco, “tarhui” o “chocho” en Cajamarca y Ancash, o “tauri” en Puno. Actualmente, su cultivo se encuentra desplazado al igual que su consumo. El grano presenta de 2.60% a 4.14% de alcaloide y un valor proteico hasta 50% comparada al promedio de 40% en soya (Tapia, 1997; INIAP, 2001; Jacobsen y Mujica, 2006; Suca, G y Suca, C, 2015). Su siembra es para autoconsumo y se realiza al final de la rotación de cultivos (Camarena *et al.*, 2009; Caicedo *et al.*, 2001).

Las condiciones de suelos en la cual se cultiva son principalmente ácidos y presentan limitaciones de la disponibilidad del fósforo para el crecimiento y desarrollo. Su sistema de producción en Cajamarca aún conserva los saberes del agricultor, quien lo siembra en laderas o terrazas, denominadas parcelas de descanso, producción y terrenos “empobrecidos o bajo en fósforo”. Investigaciones sobre los beneficios del chocho demuestran que la raíz profunda mejora la estructura del suelo; la biomasa vegetal se utiliza como abono verde y los rastrojos de cosecha se usa como leña (Meza, 1977; CODE, 1998; Camarena *et al.*, 2009). También presenta un balance positivo para la fertilidad del suelo debido a la actividad microbiana de los rizobios (*Bradyrhizobium lupini*) presentes en los nódulos de sus raíces que a la vez fijan el nitrógeno del aire y solubilizan el fósforo (Amarger, 2001; Lambers *et al.*, 2006, Peix *et al.* 2015).

Los sistemas de producción de chocho en el Perú deben integrar tecnologías que aseguren buenas practicas del cultivo, por ejemplo en Puno con dosis de fertilización de fósforo, enmiendas orgánicas y semilla adecuada se obtienen rendimientos hasta 2.5 ton.ha⁻¹ (Dirección de Información Agraria-PUNO, 2012). Los valores agregados del grano están presentes en la gastronomía, alimentos veganos, chocherías (venta de cebiche serrano en

Huaraz), farmacognosia (alcaloides y flavonoides) y la agricultura orgánica (Franco, 1991; Fuertes *et al.*, 1998; Castañeda, 2008; Olórtegui *et al.*, 2010; Tapia, 2015).

En Ecuador y Bolivia se incrementa sus áreas de cultivo comprometiendo la seguridad alimentaria. En Chile, no se cultiva *L. mutabilis*, pero si las especies *L. albus* y *L. luteos* cuyos rendimientos de grano es de 1800 kg proteína.ha⁻¹ requerido para alimento de salmones, bovinos y la exportación de snack al medio oriente (Mera *et al.*, 2016).

Actualmente las instituciones del estado revalorizan los cultivos andinos entre ellos el *Lupinus* por sus características proteicas, es una oportunidad empoderarlo como parte de la seguridad alimentaria. Finalmente es el productor quien toma las decisiones en el manejo del cultivo; por tanto, los sistemas de producción son particularmente agroecológicos y no es un “modo económico de producción”, sino un modo de vida que consta de aspectos complejos; La Vía Campesina, 2013).

La hipótesis de la investigación fue:

La fertilización con fósforo en los sistemas de producción de terrazas y laderas incrementan los rendimientos de grano de chocho.

Los objetivos de investigación fueron:

Objetivo general

Analizar el sistema de producción de *Lupinus mutabilis* Sweet “chocho” en terrazas y laderas con fertilización fosfatada en Cajamarca.

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto la aplicación de tres niveles de fertilización con fósforo en los parámetros biológicos y rendimiento de grano.
2. Comprobar el efecto de la aplicación de tres niveles de fertilización con fósforo en la formación de nódulos.
3. Evaluar la relación entre áreas cultivadas de chocho y las condiciones agronómicas del suelo escogido por el agricultor.
4. Caracterizar los sistemas de producción de chocho en condiciones de sierra en Cajamarca (distrito La Encañada).
5. Analizar la rentabilidad económica del cultivo.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 *Lupinus mutabilis* Sweet EN LOS ANDES

La especie *Lupinus mutabilis* Sweet pertenece a la familia Fabaceae (leguminosa), es de porte semi arbustivo originaria de los andes sudamericanos y se cultiva de 2000 a 3300 msnm principalmente en los valles y laderas interandinas de Ecuador, Colombia, Perú y Bolivia, también fructifica a nivel del mar y alrededor del lago Titicaca a 3800 msnm (Tapia, 1994; 2015). En Ecuador crece en áreas agroecológicas ubicadas entre los 2600 y 3400 msnm con precipitaciones de 300- 600 mm anual. En Colombia, los lupinos se distribuyen hacia el sur, en cuatro "hotspots": Cordillera Oriental y Cordillera Central, Nariño-Putumayo y Macizo Colombiano entre 2000 - 4500 msnm (Barney, 2011)

Los nombres vernaculares cambian de acuerdo a la zona geográfica, en aymara: tauri (Bolivia); quechua: tarwi, tarhui (Bolivia, Perú), chuchus muti (Bolivia), chocho, chochito (Ecuador, Colombia y norte del Perú), chuchus (Bolivia), ccequilla (Azángaro Perú); castellano: altramuz, lupino, chocho; inglés: Andean lupine, pearl lupin (IIAP, 2002). Hughes y Eastwood (2006), Eastwood (2008) realizaron las investigaciones moleculares de herbarios y consideran hasta 85 especies andinas, mencionan a *L. ellsworthianus* C.P. Sm., *L. piurensis*, C.P. Sm., *L. praestabilis* C.P. Sm. and *L. semperflorens* Hartweg ex Benth., como posibles ancestros de *L. mutabilis* (Figura 1).

Ortega (2010) realizó la caracterización fisicoquímica de semillas de *L. mutabilis* cultivadas en Nariño, obteniendo un valor alto de proteínas (49.22%) de importancia para la alimentación, lo compara mejor que la soya y por su riqueza en celulosa y hemicelulosa como alternativa para la alimentación de bovinos. Barney (2011) indica que especies silvestres de lupinus en los páramos colombianos pueden regenerar suelos degradados siendo de importancia para la preservación del agua de gran parte del país.



Figura 1: Distribución *L. mutabilis* (+) and *L. piurensis* (▲) en Sudamérica.

Fuente: Eastwood y Hughes, 2008.

En Ecuador el chocho se cultiva se siembra de noviembre a febrero en la sierra norte (Cachi, Imbabura y Pichincha) y de diciembre a marzo en la sierra central (Cotopaxi y Chimborazo), con prácticas de rotación de cultivos. Se fertiliza de 30 a 60 kg de fósforo por hectárea a la siembra (Caicedo *et al.*, 2001). Según el especialista Falconi¹ el proyecto “Mejora de la cadena productiva del chocho en Ecuador” incrementaría 10 veces los bajos rendimientos (300 – 600 kg por hectárea) para alcanzar ser país exportador.

Villacres *et al.* (2013) investigaron los metabolitos secundarios y la fibra dietética como parte de la valorización del chocho en la seguridad alimentaria. En Bolivia, *L. mutabilis* “tauri” crece en suelos alto andinos de pH 4.5 a 6, adaptándose a zonas de sequías y heladas. Actualmente las áreas de cultivo y los rendimientos han incrementado, anteriormente el rendimiento era de 650 kg por hectárea siendo cultivado solo para autoconsumo (“chuchusmote”), alimentación de ovejas y tallo como leña (PADER- COSUDE, 2003?). Según el saber campesino siembra papa posterior al lupinus y antiguamente molían la planta para aplicar al suelo como controlador del gusano de la papa, también se mantiene su uso como barreras de protección de cultivos por su porte arbustivo (PNUD, 2010).

En Bolivia con el apoyo de Holanda, la empresa PANASERI S.R.L. y la Fundación Mc Knigth se desarrollan proyectos para optimizar el uso de semilla de calidad, control de plagas e integran al campesino en la mejora económica, siendo una oportunidad para la seguridad alimentaria y la mejora de los ingresos familiares a nivel rural (PROINPA, 2015; Mamani *et al.*, 2015). Perú - Bolivia y la asociación CUNA promueven su cultivo de adaptación al cambio climático, siendo atractivo su bajo costo de producción y poca mano de obra para obtener rendimientos de 1000 kg por hectárea (PNUD, 2010).

Ecuador y Chile desarrollan proyectos de siembra de lupino como mejorador de suelos. Según Mera *et al.* (2016) mejorador genético del INIA- Carillanca, especialista de lupinos en Chile, menciona que se cultiva *L. mutabilis* solo con fines experimentales, las especies de lupino actualmente utilizadas son el *L. albus* (lupino blanco) y el *L. angustifolius* (lupino de hoja angosta), son granos dulces y se destinan a alimentación animal ya que son muy valorados por su aporte proteico principalmente para la industria avícola y lechera, el *L.*

¹ <http://www.eltiempo.com.ec/noticias/ecuador/4/363632/produccion-de-chocho-un-grano-con-fuerte-carga-nutricional>

luteus tiene de 40% – 47% proteína, lo cual es de interés respecto al resto. La superficie cultivada promedio de lupinus en Chile del 2005- 2016 fue de 20,502 hectáreas y el rendimiento promedio de 2,110 kilogramos por hectárea.

4.1.1 EL LUPINUS EN LA SIERRA DEL PERÚ

Los pobladores pre incas domesticaron a esta planta, lo cual fue plasmado en cerámicas y tejidos; sin embargo, fue desplazada por la introducción de cultivos europeos y marginada, sumándosele el sabor amargo por su contenido de alcaloides en el grano (2 – 3%) por lo que requiere de un proceso de lavado. Gross (1982) indica que el tarwi es oriundo de los Andes, se evidencia la existencia del tarwi en la época prehispánica basándose en testimonios arqueológicos, tradiciones folclóricas, costumbres, relatos orales y otras referencias indirectas; así como de representaciones gráficas en la cultura Tiahuanaco (800 -1000 d. C.), tumbas de la cultura Nazca (100 - 800 d. C.) y semillas de esta planta (Figura 2). En lenguas nativas, dentro de las diversas áreas de influencia de cada dialecto, se llama “ceguela”, “talhue”, “talhui”, “tauri”, “tauli”, “tarwi”, “ullos” y “taraura”.

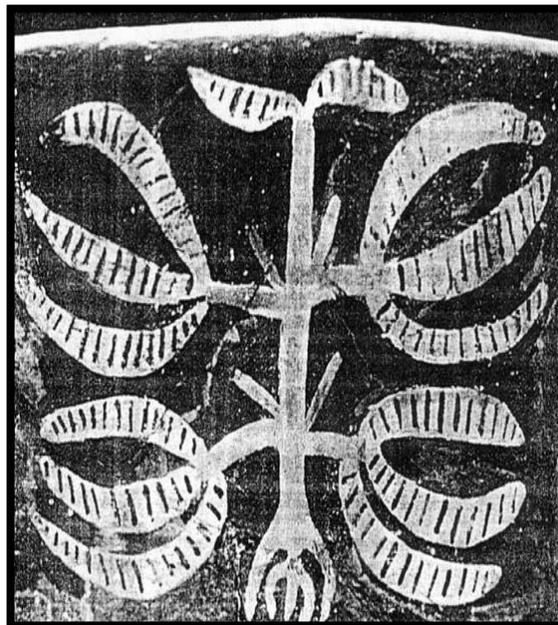


Figura 2: Grabado del Lupino en el Vaso ceremonial de la cultura pre-inca Wari, 1,400 años de antigüedad.

Fuente: www.biodiversityinternational.org/fileadmin/biodiversity/publications/Web_version/103/ch2.htm

Eatswood (2008) indica que los ancestros del *L. mutabilis* resultaban complejos para su domesticación, por lo cual revisa los estudios de Hughes y Eastwood (2006) basándose en muestreos y herbarios peruanos. Se demuestra que las semillas hasta la actualidad adquirieron tamaño y peso dentro de la selección de especies andinas como las progenitoras putativas y asociado con la domesticación de la semilla de *L. mutabilis* (Figura 3).

Existen ecotipos del norte: “chocho” en Cajamarca, La Libertad y Ancash; centro: “tarwi” en Cusco, Abancay, Huancavelica y Ayacucho; zona del altiplano alrededor del Lago Titicaca: “tauri” en Puno, se encuentran los cultivos a mayor altitud siendo una de las pocas leguminosas alimenticias domesticadas en los andes (Tapia, 1997).

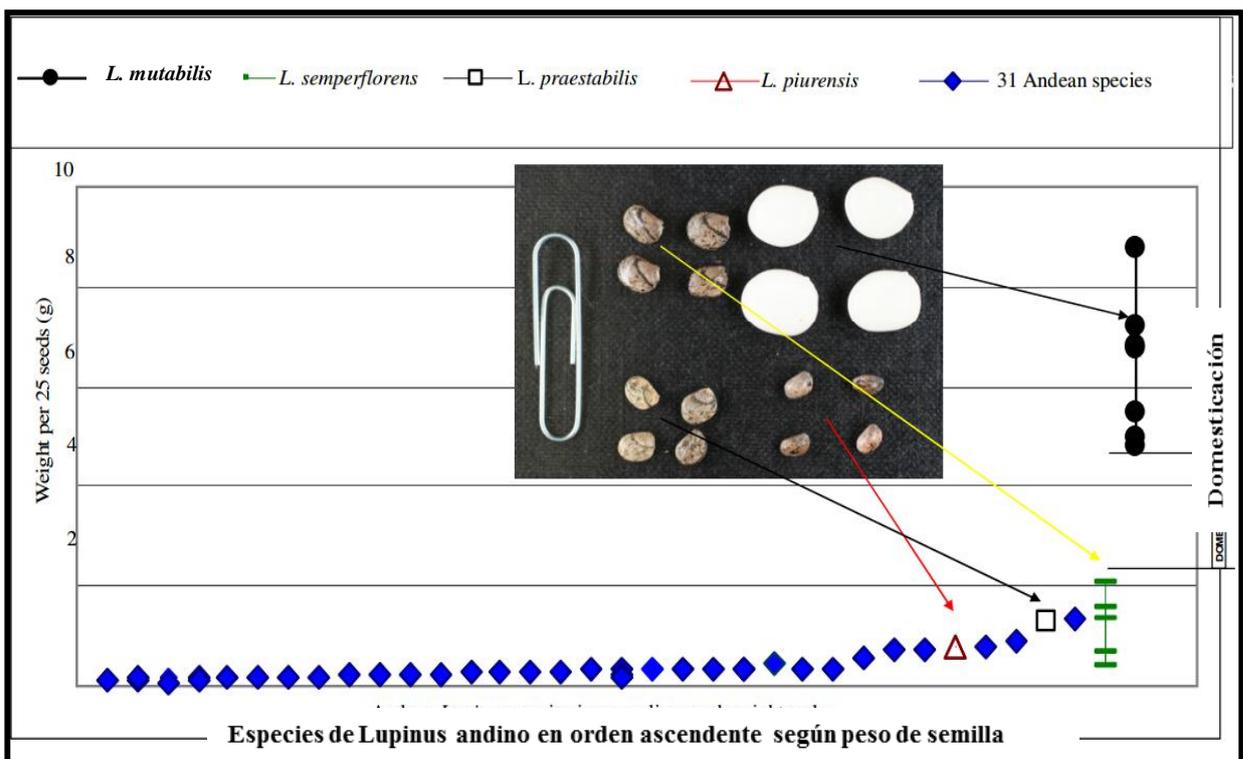


Figura 3: Pesos de 25 semillas de 31 especies andinas de lupinos con respecto a *Lupinus mutabilis* Sweet incremento de los pesos en las progenitoras putativas y asociado con la domesticación.

Fuente: Eastwood y Hughes, 2008.

El cultivo de lupinus lo realizan pequeños agricultores de la sierra en los departamentos de Cajamarca, Ancash, Junín y Cuzco (Paucartambo, Anta, Chicheros y Paruro) (Franco, 1991). Las siembras coinciden con el inicio de las lluvias, es un cultivo de secano, la restricción de su cultivo no se debe a la falta de tierra cultivables adecuadas, sino a factores como escasos

recursos económicos del agricultor, poca demanda en el mercado, bajo rendimiento y baja calidad del producto.

El mayor germoplasma del tarwi está ubicado en la estación experimental K'ayra de la Universidad San Antonio Abad del Cusco, se investiga el fitomejoramiento, sanidad e industrialización del grano (Tapia, 2015). Desde el 2007 se ha incrementado su producción fin de industrialización para la seguridad alimentaria, farmacognosia, entre otros (Fuertes *et al.*, 1998; Álvarez *et al.*, 2011; Tapia, 2015).

4.1.1.1 EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LUPINUS

a. FENOLOGÍA DEL CULTIVO

Esta especie presenta morfologías y fenologías diferentes de acuerdo a su distribución latitudinal. Son anuales de 240 -300 días de ciclo biológico, varían mucho su arquitectura similar a arborizado (Cowling *et al.*, 1998). Floríndez *et al.*, (1982) comparan dos ecotipos de chocho: Cajamarca y Cumbe Mayo, encuentra la germinación más rápida en el primero, extendiéndose la floración un mes y la madurez casi dos meses. Según el Manual de observaciones fenológicas. (SENAMHI, 2012?) se presentan seis momentos fenológicos (Figura 4).

b. CONDICIONES DE CLIMA

El cultivo de lupino es exclusivo de seco y requiere precipitación de 350 a 800 mm, es susceptible al exceso de humedad y moderadamente a sequía. En la floración no resiste fuertes heladas o granizadas ya que ocasionan la caída de flores y disminución en la formación de vainas; algunos ecotipos cultivadas a orillas del lago Titicaca tienen una mayor resistencia al frío (Malpica, 1981; Franco, 1991; Tapia, 1997).

En la campaña agrícola de Puno 2015-2016 se registraron déficits de lluvias en octubre, diciembre y enero, observándose la tolerancia al estrés hídrico (Canahua, 2014). El número de días transcurridos desde la siembra aumenta en las localidades de mayor altitud debido al efecto de la temperatura de cada localidad, que disminuye cuando aumenta la altitud; por consiguiente, a temperaturas más bajas, mayor será el tiempo necesario para acumular la temperatura requerida por el cultivo; en consecuencia se alarga el periodo vegetativo y todas las fases del desarrollo (Franco, 1991).



↑ EMERGENCIA	↑ PRIMERA HOJA VERDADERA	↑ RACIMO FLORAL	↑ FLORACIÓN	↑ FRUCTIFICACIÓN	↑ MADURACIÓN
Emergen los cotiledones completamente desplegados, horizontalmente, sobre el suelo.	Primera hoja verdadera completamente desplegada	Del brote terminal aparece el primer racimo floral.	Se abre la primera flor del racimo del tallo central.	Aparecen las primeras vainas.	Las semillas alcanzan un tamaño final y adquieren el color característico de la variedad. Las vainas se decoloran y se secan completamente.

Figura 4: Fases fenológicas del chocho. Fuente: SENAMHI, 2012?

c. SUELOS

El cultivo del chocho es en suelos profundos, moderadamente bien drenados, con pendientes de cinco a treinta por ciento ubicados fisiográficamente en las colinas, estos presentan baja productividad, debido a la falta de abonos naturales, menor descanso del suelo, semillas enfermas y sequías. El sistema tradicional es de subsistencia con ausencia total de tecnología moderna.

En Cajamarca Floríndez, *et al.*, (1982, 1991) registraron que el chocho es un cultivo de laderas con rendimiento inferior respecto a otros cultivos en los suelos fértiles de los valles. En Huaraz, los agricultores manifiestan que el cultivo no necesita de suelos ricos, al contrario, crece en suelos pobres. Según Cerrate y Camarena (1981) es preferible suelos sueltos y arenosos respecto a los de alta capacidad retentiva de agua, porque provocan daños a la planta favoreciendo la enfermedad de pudrición radicular en climas fríos y áreas relativamente marginales. Para Blanco (1978) los suelos para la siembra son preparados teniendo profundidad y humedad óptima, evitándose así el bajo porcentaje de germinación en el campo. Rivadeneira y Peralta (2001) refieren que la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de chocho no influyeron significativamente en el rendimiento, indicando que se adapta a suelos pobres. Tapia (1997) indica que el tarwi crece en suelos francos y franco arenosos con pH 5 a 7, balance adecuado de nutrientes y buen drenaje.

d. SEMILLAS

Las semillas se hallan cubiertas por la testa que son el diez por ciento del peso de grano, su coloración es muy variada, desde colores marrón oscuro, negros, moteados o bayos y blanco, estas pueden no corresponder a las exigencias como otros cultivos de importancia económica, tampoco no hay diferencia entre semillas para producción y uso como materia prima lo que lleva a la baja viabilidad, además de la gran variabilidad genética del lupino (Gross, 1982; Cowling *et al.*, 1998).

Las semillas al presentar alto porcentaje en grasa, estas no pueden guardarse más de tres años, realizándose el refrescamiento de sus semillas en los bancos de germoplasma

(UNSAAC *et al.*, 2015). Es importante para el manejo del buen cultivo desinfectar las semillas con fungicidas o la selección por maquinas semillas de tamaños comerciales, así como el uso de inoculantes como rizobios en semillas, principalmente en lugares que anteriormente no se han cultivado lupinus (Von Baer, 1980; Caicedo *et al.* 2001; Mera *et al.*, 2016).

Se analizaron las semillas de tres localidades: Cajamarca, Apurímac y Cuzco, encontrándose el mayor porcentaje de N, P y K en las provenientes de Cajamarca (Tabla 1)². Según la cosmovisión o saber campesino se piensa que el cultivo del tarwi “*dá en suelos pobres*”, en las cuales se siembra y “*no se necesita abonar*”, “*es un cultivo muy nutritivo de consumo ancestral con alta concentración de proteínas*”; ¿Cómo se puede explicar estos conceptos?, si crece en suelos pobres, ¿Cómo presenta altas proteínas?; así mismo, si los granos del lupino son extractivos de fósforo y crece en suelos con bajo fósforo, es motivo de investigación sobre los microorganismos solubilizadores de fósforo del suelo - planta.

Tabla 1: Análisis del porcentaje de nutrientes en granos de tarwi de diferentes localidades

Localidad	N	Proteínas	P	K	Ca
	%	%	%	%	%
Abancay	6.6	41.3	0.8	1.0	0.1
Cusco	7.1	44.4	0.8	1.0	0.1
Cajamarca	7.9	49.4	0.9	1.2	0.1

FUENTE: Agüero-Aguilar, S (2016)²

e. SIEMBRA

La época de siembra se realiza de acuerdo al inicio de lluvias, altitud, latitud y según los ecotipos. En la sierra norte: Cajamarca, La Libertad y Ancash (septiembre hasta diciembre,

² Agüero-Aguilar, S. Investigación “Actividad rizosférica de solubilizadores de fósforo en *L. mutabilis* y *L. ballanus*”. Análisis de semillas en el Laboratorio de Análisis Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF). Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria La Molina. 2016.

el más apropiado es octubre.), sierra centro: Junín (septiembre – octubre) y en sierra sur: Cuzco (septiembre – octubre), Puno (agosto a septiembre) (Gross, 1982). Los sistemas de siembras tradicionales son densidades de 80-120 kg.ha⁻¹, principalmente sin selección de semillas y al voleo (esparcimiento de semillas con la mano sobre terreno labrado). Actualmente, se orienta la siembra en línea (semillas en chorro continuo) a distancias de 40 y 80 cm. Se cubre el surco con el pie y a golpe (tres a cinco semillas) con 2- 5 cm de distanciamiento luego se desahíja quedando tres plantas se emplea menor cantidad de semilla entre 60 – 80 kg.ha⁻¹. Los mejores rendimientos se obtienen con el método de surcos (Meza, 1977; Blanco, 1978; Gross, 1982; Tapia, 1997). El INIA (1996) orienta usar solo siembra en surco y golpes.

f. ROTACIÓN

La rotación con chocho mejora la fertilidad del suelo como la fijación del nitrógeno, liberación del fósforo y disminución de las poblaciones del nematodo de la papa, así Cerrate y Camarena (1981) recomiendan su incorporación antes de papa. La estructura del suelo es beneficiada por la raíz que controla la erosión, así el valor de la rotación es mayor respecto como cultivo; posteriormente los suelos descansan, lo cual puede ser decisión voluntaria del agricultor (Von Baer, 1989; Franco, 1991; Cowling *et al.*, 1998). Las rotaciones en la sierra del Perú son en el norte: cereal – chocho, centro: papa – cereal – tarwi y al sur (alrededor del lago Titicaca): papa –cereal- quinua - tarwi. La rotación es una práctica que obedece a la “costumbre”, el 30% de los cultivos cumplen la rotación: papa (y otros tubérculos) – cereales – tarwi – descanso (Franco, 1991; Tapia, 1997).

g. FERTILIZACIÓN

El sistema tradicional del agricultor para el cultivo de chocho es no fertilizar y sembrar en barbecho obteniendo rendimientos de 0.5 - 1 t.ha⁻¹. Estos rendimientos varían de acuerdo al ecotipo como región, así a mayor altitud el rendimiento es el doble, considerando que en los suelos fértiles la fertilización debe ser mínimo (Blanco, 1978; Von Baer, 1989; Tapia, 2015; Franco, 1991; Cowling *et al.*, 1998).

Ensayos con fósforo mostraron un efecto positivo en el incremento del rendimiento, se recomienda que en terrenos bajo en fósforo se use en la siembra 60 a 80 kg.P₂O₅ ha⁻¹ (INIA, 1996). También es importante la aplicación de las otras fuentes de nutrición, así Munguía (1980) con dosis de 25-80-30 de NPK obtuvo un máximo rendimiento de 3.5 t.ha⁻¹. Franco (1991) sugiere aplicaciones de roca fosfórica donde los niveles de fósforo sean críticos. Becerra (1994) en Cajamarca en la siembra de chocho fertilizó con 40 P₂O₅ .ha⁻¹ e inoculó *Rhizobium lupini* así obtuvo mayor rendimiento de grano y altura de planta, pero a mayor dosis el rendimiento disminuía, también observó la presencia de plantas cloróticas, como deficiencia de magnesio y manganeso. En un ensayo agroecológico en Cochabamba (Bolivia) con el fin de reemplazar fertilizantes como fuentes de nitrógeno en papa y cereal, se sembró lupino – papa y frijol - papa y se obtuvieron mejores resultados superando a lo fertilizado, a la vez que redujo la incidencia de enfermedades (Altieri, 1999). También el chocho puede aprovechar los efectos residuales de campos de papa fertilizados con NPK, así lo menciona Arévalo (2015) al analizar el sistema de producción de rotación papa – chocho que duplicó el rendimiento respecto al sistema mezcla forrajera – chocho.

h. COSECHA

Cuando las vainas adquieren una coloración amarillenta completando la maduración, se realiza la cosecha principalmente de dos maneras: las plantas enteras son arrancadas del suelo a mano o se corta con una hoz retirando las vainas. La cosecha se coloca en espacios abiertos con el fin de terminar el secado, luego las vainas se golpean con varas o palos, también pueden ser pisoteados por animales. La trilla y el venteo se realizan a mano (PADER - COSUDE, 2003?; Tapia, 2015).

i. ALMACÉN

El grano cosechado y seco se almacena por dos a cuatro años en condiciones de sierra, sin mayores pérdidas de valor nutritivo y germinación, finalmente se guardan limpios en talegas, costales o en ollas viejas tapadas fuera del alcance de insectos y roedores (Peralta *et al.*, 2012; Tapia, 2015).

j. SANIDAD

León (1987) evaluó setentinueve entradas del germoplasma INIA - Ecuador en Azuay a 2000 msnm, menciona que la mayoría de plantas no presentaron ataques significativos de plagas y aun presentes *Feltia* spp. y *Prodenia* sp., no influyeron en el rendimiento de grano. Falconi (1991) en Ecuador (Riobamba y Pallatanga) reporta como plagas en chocho a *Hemileya* sp. (barrenador de tallo), *Melanogramiza lini* Spencer (barrenador menor), *Liriomiza* sp. (minador de la hoja), *Proba sallei* (chinche del chocho), *Scrobipapula cercamelanocarpa* (gusano verde del chocho), *Frankliniella* sp. (trips de la flor), *Golofa* sp. (cutzo del chocho), *Colias dimera* (falso medidor). Grondam (1982) citado por Caicedo *et al.* (1998) indican que hongos patógenos como *Colletotrichum lupini*, *Uromyces lupinicolus*, *Erusiphe pisis*, *Botrytis cinérea* y *Sclerotinia trifoliorum* no afectaron en el rendimiento.

Aguilar (2015) en la Libertad (Perú) sembró accesiones de tarwi del programa de Leguminosas (UNALM) y refiere que los daños de plagas se controlaron; sin embargo, la larva barrenadora de raíz (familia Pyralidae) al momento de la floración ocasionó detención del crecimiento, defoliación y caída de flores. Por otro lado, con respecto a la susceptibilidad a las enfermedades, la presencia de roya se registró en todas las accesiones mostrando un nivel medio, así como la presencia de *Fusarium avenaceum* cuando la planta se estresó.

4.2 EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CHOCHO EN EL DISTRITO DE LA ENCAÑADA

4.2.1 UBICACIÓN, GEOGRAFÍA Y CLIMA

El distrito de La Encañada se ubica al Noreste de la ciudad de Cajamarca , a una altitud de 3123 msnm, 07°05'11'' Latitud Sur y 78°20'41'' Longitud Oeste. La micro cuenca se ubica en la margen izquierda y oriental de la Cuenca del río Cajamarquino y dentro del territorio de la subcuenta río Namora, los principales ríos son La Encañada y Tambomayo, se registran veintitrés caseríos (Bernet y Tapia, 1999).

De acuerdo a la clasificación Natural, Soil Taxonomy (2006), los suelos de La Encañada pertenecen al Orden Mollisols, en la asociación Andosol –Leptosol (T –L) (Haplustands-Humitropepts), la conformación corresponde a laderas de colina, terrazas aluviales, y pie de monte (Poma, 1996; 2011). Existen tres zonas agroecológicas: producción de cultivos en el valle (20%), ladera (35%) y pastos en jalca (45%) con altitudes de 2700 a 3100, 3100 a 3400 y mayor de 3400 msnm. respectivamente. Las precipitaciones son en jalca (900 – 1400 mm), laderas (500 – 1000 mm) y en el valle (400 – 650 mm)³ (Tapia, 2001)

4.2.2 SUELOS DE CULTIVO

En La Encañada los suelos son ácidos, con pH 4.8 a 5.5 (1:2.5), materia orgánica 2.20 a 4.50%, P ppm 6 -12 y K ppm 70 - 270. Los cultivos principales son: trigo, papa, oca, cebada, maíz, haba, arveja olluco y chocho. El agricultor caracteriza al suelo de moderadamente superficial o profundo (30 - 60 cm) para suelos de terrazas de formación lenta y como delgados amarillentos a los suelos de laderas, (CIP, 1995; Poma, 1996).

Según CODE (Comité de Desarrollo de La Encañada, 1998) los suelos para cultivo principalmente correspondían a laderas con mucha pendiente y con rendimientos muy bajo; por lo que PRONAMACHS capacitó a familias en condiciones de subsistencia en crear terrazas de formación lenta (CIP, 1995; Bernet y Tapia, 1999). Posner, J. *et al.* (2002) muestra en un estudio de suelos que es importante la mayor presencia de las terrazas de formación lenta con fines de uso de cultivo en las laderas (Tabla 2).

Osman (1999) refiere que los suelos son parte de la rotación de cultivos y del ciclaje de nutrientes en las parcelas; solo el treinta por ciento de los agricultores aplicaban fertilizantes en bajas dosis únicamente en papa. Así las fuentes de nutrición provenían del majadeo del ganado e incorporación de rastrojos de chocho (Tabla 3).

³ ADEFOR (Asociación Civil para la Investigación y Desarrollo 1994), citado por Bernet y Tapia (1999).

Tabla 2: Distribución de la superficie según la zonificación en La Encañada

Clase	Propuesta	Superficie	
		ha	%
1	No intervención (área agrícola)	425	3
2	Cobertura permanente (protección)	443	3
3	Cobertura permanente (con uso restringido)	455	3
4	Zanjas de infiltración (con barreras vivas)	547	3
5	Restauración	1,087	7
6	Terrazas de formación lenta *	3,280	21
7	No intervención (área de cobertura)	9,504	60
TOTAL		15,741	100

FUENTE: Priorizando áreas para la conservación de suelos en la microcuenca La Encañada. Posner, J. et al., 2002.

Tabla 3: Frecuencia de rotación de cultivos en La Encañada 1997-1998.

TIPO DE ROTACIÓN	PRIMER AÑO	SEGUNDO AÑO	TERCER AÑO
Tubérculo - tubérculo	Papa	Oca y/o olluco	Leguminosa
	Papa	Oca y/o olluco	Cereal
Tubérculo - leguminosa	Papa - arverja	Rye grass o habas	Oca
	Papa - arverja	Rye grass o habas	Chocho
	Papa - arverja	Oca y/o olluco	Chocho
	Papa	Habas	(Cebada o trigo)
	Oca / olluco	Habas	(Cebada o trigo)
	Papa (forraje)	Chocho	Oca y/o olluco
Tubérculo - cereal	Papa	Cebada o trigo	Cebada o trigo
	Oca / olluco	Cebada o trigo	Arverja
Cereal - cereal	Cebada	Trigo	Cebada
Cereal- leguminosa	Cebada o trigo	Arverja	Cebada o trigo
	Trigo / lenteja	Trigo / lenteja	Trigo / lenteja
Cereal- tubérculo	Cebada o trigo	Papa	
	Cebada o trigo	Oca y/o olluco	
Leguminosa - papa	Chocho (forraje)	Papa (forraje)	Chocho
	Chocho	Papa	Oca y/o olluco
	Habas	Papa	Habas
Papa - cereal	Arverja	Cebada o trigo	Cebada o trigo

FUENTE: Manejo de la fertilidad de suelo en Cajamarca. Osman, 1999.

4.2.3 SEMILLAS

En La Encañada las semillas para la siembra son obtenidos principalmente del propio agricultor, también siguen una ruta de comercialización principalmente en ferias, lo cual es un espacio para estimular a los campesinos como criadores de semillas. Esta actividad es realizada principalmente por mujeres; así en las ferias, el chocho está presente en solo 1.90% respecto al resto de semillas (Figura 5) (CIP, 1995; Tapia, 2001; 2005).

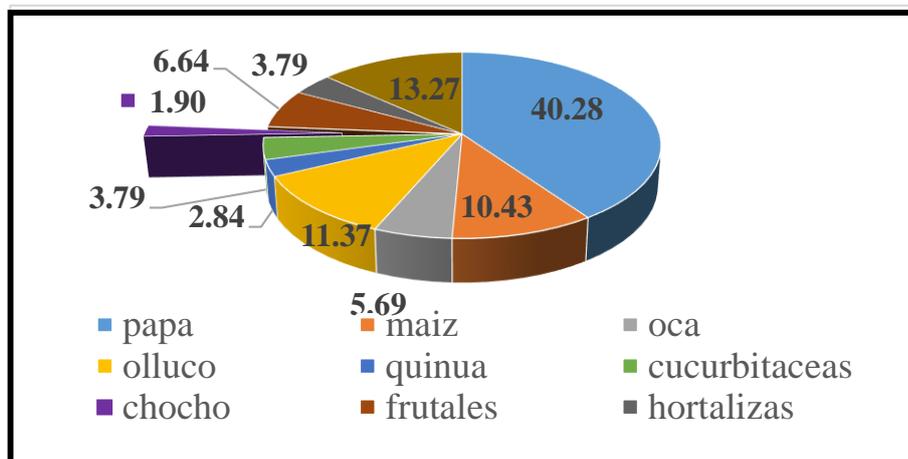


Figura 5: Porcentaje de semillas de chocho en ferias de agrobiodiversidad. La Encañada. Cajamarca. Fuente: Tapia, 2001.

La selección de semillas para la siembra no es común, algunas selecciones previas son la eliminación de cascarillas, partículas de piedra, granos de bajo pesos, posteriormente se conservan en sacos guardados en lugares secos.

4.2.4 ÁREA DE CULTIVO EN LA ENCAÑADA.

Las zonas agroecológicas de laderas son áreas de mayor producción de cultivos, con setenta por ciento chacras menores a tres hectáreas (cultivo principal papa) y setenta ocho por ciento eran áreas de secano (Bernet y Tapia, 1999; Osman, 1999). El setenta cinco por ciento de la población combinaba actividades agrícolas, cría de animales y venta de leche (CODE, 1998). El chocho es un cultivo de laderas, de subsistencia, autoconsumo y ocasionalmente de venta con pocas áreas de producción (Tabla 4,5 y 6).

Tabla 4: Rendimiento promedio de cultivos (kg. ha⁻¹) en La Encañada 1998

Cultivo	Rendimiento distrital por ha		
	máximo	mínimo	promedio
papa	19 000	1 100	7 050
cebada	1 250	800	960
trigo	900	300	673
oca	5 400	1 300	3 700
arveja	800	500	700
olluco	2 800	2 000	2 238
maíz	1 200	600	867
lenteja	380	50	180
haba	450	100	289
chocho	350	57	200

Tabla 5: Distribución de los cultivos según las cuatro zonas agroecológicas en la cuenca de La Encañada, Proyecto PIDAE. Centro Internacional de la Papa, 1995

Cultivo	Porcentaje de la chacra	Ha cultivadas
1. Jalca (referencia: 845 ha)		
Papa	40	338
Tubérculos andinos	15	127
Haba + chocho	5	42
Cereales	10	84
Descanso	30	254
2. Ladera alta (referencia: 475 ha)		
Papa	30	143
Tubérculos andinos	5	23
Haba + chocho	5	23
Cereales	35	166
Arveja	5	23
Otros	5	23
Descanso	15	69
3. Ladera baja (referencia: 436 ha)		
Papa	10	44
Cereales	50	218
Arveja + leguminosas	5	22
Maíz	8	34
Otros	10	44
Descanso	17	76
4. Valle (referencia: 121 ha)		
Papa	15	18
Cereales	60	72
Leguminosas	5	6
Maíz	5	6

FUENTE: Diagnósticos socioeconómicos de ASPADERUC, CARE, PRONAMACHCS e INIA. Elaboración. CODE, 1998.

Tabla 6: Cultivos en las tres zonas agroecológicas en La Encañada según proyecto PIDAE (CIP 1995), por Bernet y Tapia (1999)

Cultivos	Valle y Ladera Baja	Ladera	Jalca	Uso *
Arveja	-	+	-	a,v
Avena Grano	+	+	-	a,v
Cebada	+	+	+	v, f
Centeno	+	+	-	a,f
Chocho	-	+	-	a,v
Haba seca	+	+	-	a,(v)
Lenteja	-	+	-	a,(v)
Maíz Grano	+	-	-	a,f
Maíz Choclo	+	-	-	a,f
Oca	-	+	+	a,(v)
Olluco	-	+	+	a,(v)
Papa	1 Campaña	Mayormente 1 Campaña	Hasta 2 Campañas	a,v
Quinua	-	+	-	a,v
Trigo	+	+	-	a,v

* a = autoconsumo, f = forraje, v = venta, (v) = venta de menor importancia

4.3 FÓSFORO EN EL SUELO

El fósforo en el suelo no es abundante como es el caso del nitrógeno, pero es mucho menos susceptible a pérdidas por lixiviación y no cambia a forma gaseosa. El fósforo total en el suelo se encuentra en una proporción de 0.005 a 0.15% (Whalen y Sampedro, 2010). La retención del fósforo es debido a la presencia de hidróxidos de hierro y aluminio en pH menor a 5.5 y el tipo de arcilla 1:1, en el complejo de intercambio los iones se combinan con los fosfatos para formar iones insolubles de aluminio y hierro (Tisdale, 1991). En pH mayor a 7 el suelo con presencia de carbonato de calcio retiene fuertemente al ortofosfato monovalente que es la forma asimilable de fósforo (Malavolta *et al.*, 1997; Marschner, 1997; Álvarez, 2013).

La materia orgánica es un aporte importante de fósforo, en su descomposición hay desprendimiento de CO₂, y este gas disuelto en el agua, forma ácido carbónico, lo que descompone a ciertos minerales primarios del suelo, ofreciendo la disponibilidad del fósforo en suelos ácidos (Fassbender y Bornemisza, 1987; Tisdale, 1991). Las raíces de las plantas son capaces de absorber fósforo a muy baja concentración (Juárez y Sánchez, 1996). Los microorganismos del suelo pueden solubilizar y mineralizar formas de fósforo orgánicas e inorgánicas, no disponibles y convertirlas en asimilables (Figura 6).

En las plantas a nivel de rizósfera es muy dinámica la interacción microbiana, así la excreción de ácidos orgánicos o enzimas hidrolíticas es originado por bacterias de mayor presencia como *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus*, *Rizobium*, entre otros (Pahuara y Zúñiga, 2001; Fernández y Rodríguez, 2005; Lambers *et al.*; 2006, Silvera *et al.*, 2010; Álvarez, 2013; Yauyos, 2015).

La actividad del fósforo al fertilizar el suelo en algunos casos apenas pueden ser absorbidos por las plantas, siendo solo el diez por ciento de lo aplicado al voleo o incorporado al suelo y un treinta por ciento si los campos se cubren con leguminosas, aún mayores porcentajes si estos se aplican en hileras. Es importante el tiempo que la planta es capaz de utilizar el fósforo del fertilizante añadido, en algunos suelos con alta capacidad de fijación del fósforo el periodo de aprovechamiento puede ser corto y mientras que a otras condiciones de reacción del suelo el periodo de utilización puede durar meses e incluso años (Juárez y Sánchez, 1996).

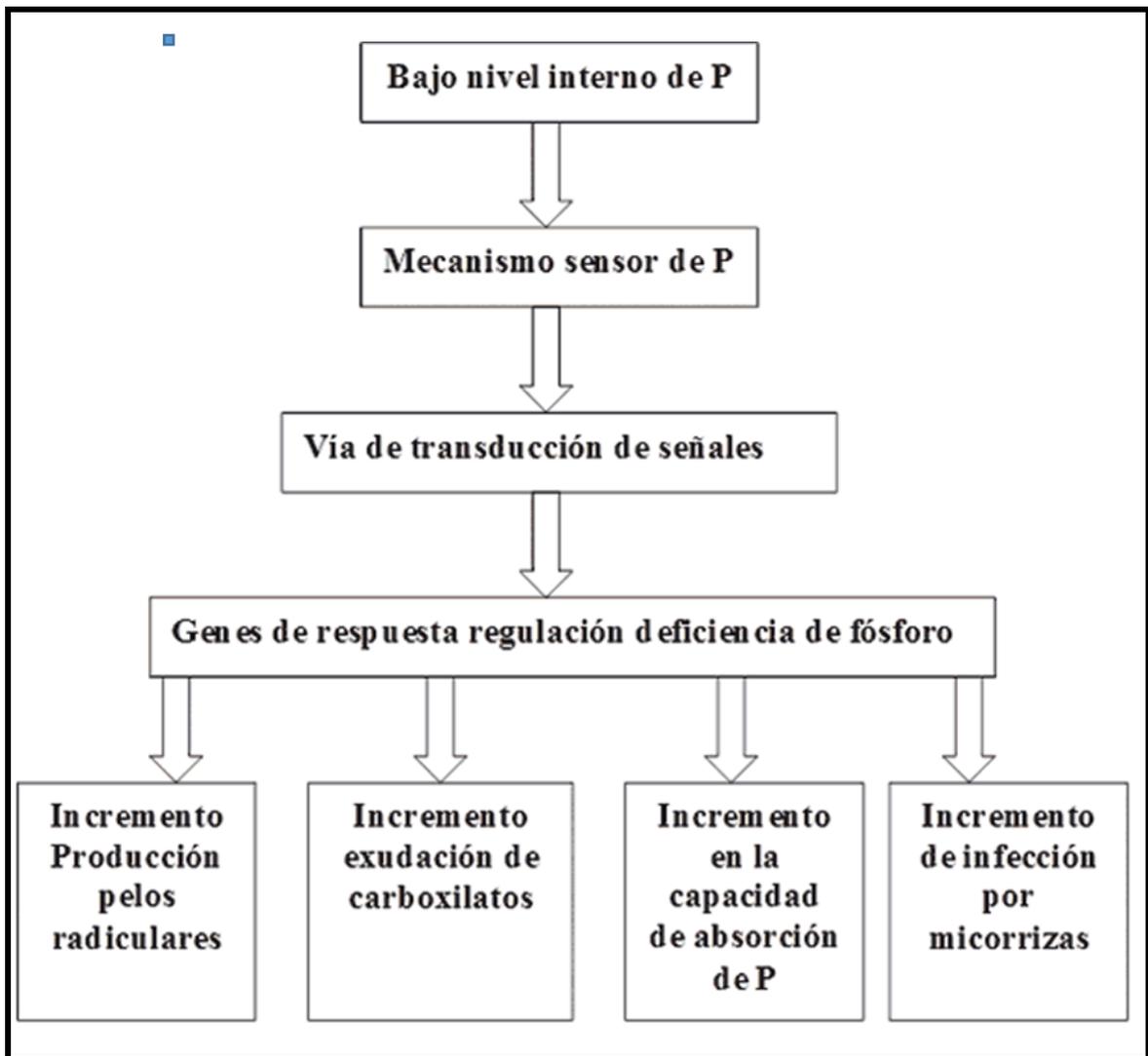


Figura 6: Dinámica del fósforo desde el suelo a la planta. Fuente: Lambers *et al.*, 2006.

4.4 NODULACIÓN Y ABSORCIÓN DE FÓSFORO

Los nódulos en lupinos son del tipo proteoide (Gonzales-Sama *et al.*, 2006; Gibson *et al.*, 2008; Mera *et al.*, 2015). Estudios moleculares actuales muestran que los procesos de iniciación celular de infección de las bacterias rizobianas se debe a señales celulares de las células de la raíz en la rizósfera de la hospedera; principalmente flavonoides, influyendo en el proceso de diferenciación bacteriana para la fijación del nitrógeno (Gibson, 2008). Los nuevos genotipos rizobianos mediante inoculación en semillas, pueden desarrollar

poblaciones muy diversificadas en períodos de tiempo relativamente cortos, optimizando la fijación del nitrógeno (Amarger, 2001).

En *L. mutabilis* la actividad de fijación de nitrógeno en los nódulos se encuentra mayormente en las raíces secundarias, registrándose 38 nódulos por planta, peso máximo de 30 gr por planta, 5.5 cm diámetro y volumen de 10.6 cm³ (Cerrate y Camarena, 1981). En nódulos de *Phaseolus vulgaris* L se obtuvieron que la variabilidad de efectividad de fijación de nitrógeno por cepas de rizobium fue cuarenta por ciento en la cepa OAC1020 y solo diez por ciento con VRI2090 (Díaz, 2010)

Schulze *et al.* (2006) investigaron los efectos del fósforo en la nodulación de *L. albus* (altramuz blanco) obteniendo mejores resultados en siembras con fuentes de fósforo produciéndose mayor actividad enzimática y ácidos orgánicos en beneficio de mayor número de nódulos; Gonzales-Sama *et al* (2006) en estudios de *L. albus* var. Multolupa, mencionan que las simbiosis fue muy efectiva en esta especie que resiste bajas temperaturas (-6°C), el cultivo en secano se adaptó al pH ácido del suelo y bajo contenido de fósforo asimilable, siendo la fijación de N de 102 a 252 kg N.ha⁻¹ por campaña agrícola. Becerra (1994) obtuvo altos rendimientos en los tratamientos al inocular *Rhizobium* más dosis de 40 kg.ha⁻¹ P₂O₅; pero a mayor dosis de fósforo el rendimiento disminuyó.

Uribe (1993) realizó pruebas de diez cepas de *Rhizobium leguminosarum* *bv phaseoli* tolerantes a bajos niveles de fosfato (5 µM) en diferentes medios de cultivo obteniendo cinco cepas positivas y cinco negativos, concluye que si hay respuesta en ambientes con niveles bajos de fósforo en el campo. Watt y Evans (2003) realizan un ensayo de fertilización con fósforo en soya y lupino blanco (*L. albus*) para evaluar el desarrollo de las raíces, el resultado fue mayor en soya respecto al lupino; ambas adquirieron fósforo similar por unidad de peso seco de raíz, pero el lupino blanco acumuló 4,8 veces más fósforo por unidad de longitud de raíz, lo que sugiere que la adquisición de este nutriente involucró otros mecanismos tales como la exudación de compuestos solubilizantes.

4.5 EL LUPINUS (LUPINO, CHOCHO, TARWI, TAURI) COMO CULTIVO PROMISORIO

En Perú desde 1997 al 2014 la producción de legumbres se incrementó de 145 mil TM a 275 mil TM. En las exportaciones del año 2014 la cifra logró un record de 60.7 millones de dólares con destino a más de 45 mercados. En el 2015 de superficie total de siembra de legumbres fue 261 011 hectáreas, de lo cual 3 171 correspondió a tarwi (MINAGRI, 2016). Suca, G y Suca, C (2015) realizan una revisión desde 1980 al 2013 sobre la importancia del tarwi y su futuro uso agroindustrial, interpretando en la línea del tiempo dos ciclos marcados en el incremento de su producción viéndose el 2001 y 2013 (Figura 7).

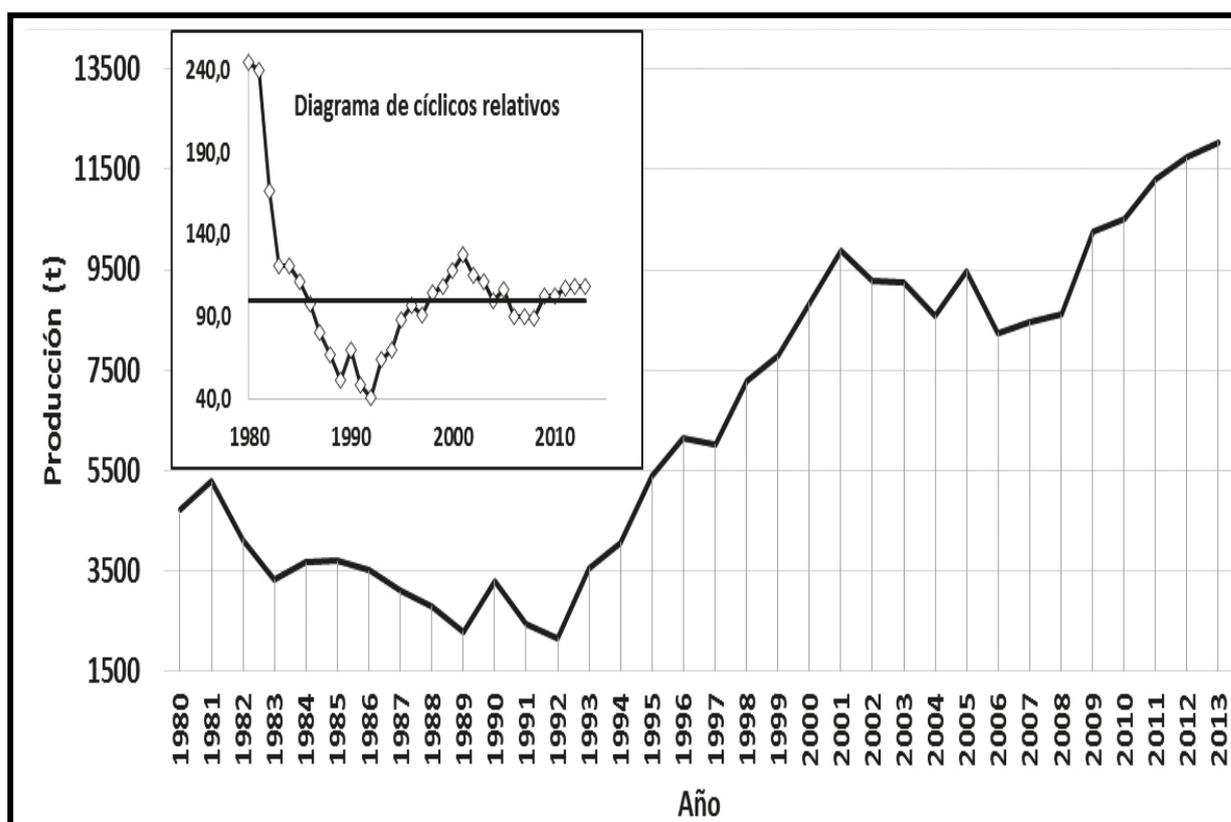


Figura 7: Producción total de tarwi en el Perú, según la FAO .

Fuente: Suca y Suca, 2015.

El MINAGRI (2016) reporta que la producción del cultivo tiene tendencias de incremento en Cuzco y Ayacucho, este último con menor producción en el tiempo. Los departamentos Puno, Cajamarca y Ancash conocidos como mayores productores muestran disminución o estancamiento (Figura 8). También en las informaciones técnicas de la Dirección General Agraria Ancash (2013) se registra cambios negativos en la producción del año 2013 hasta el 2015.

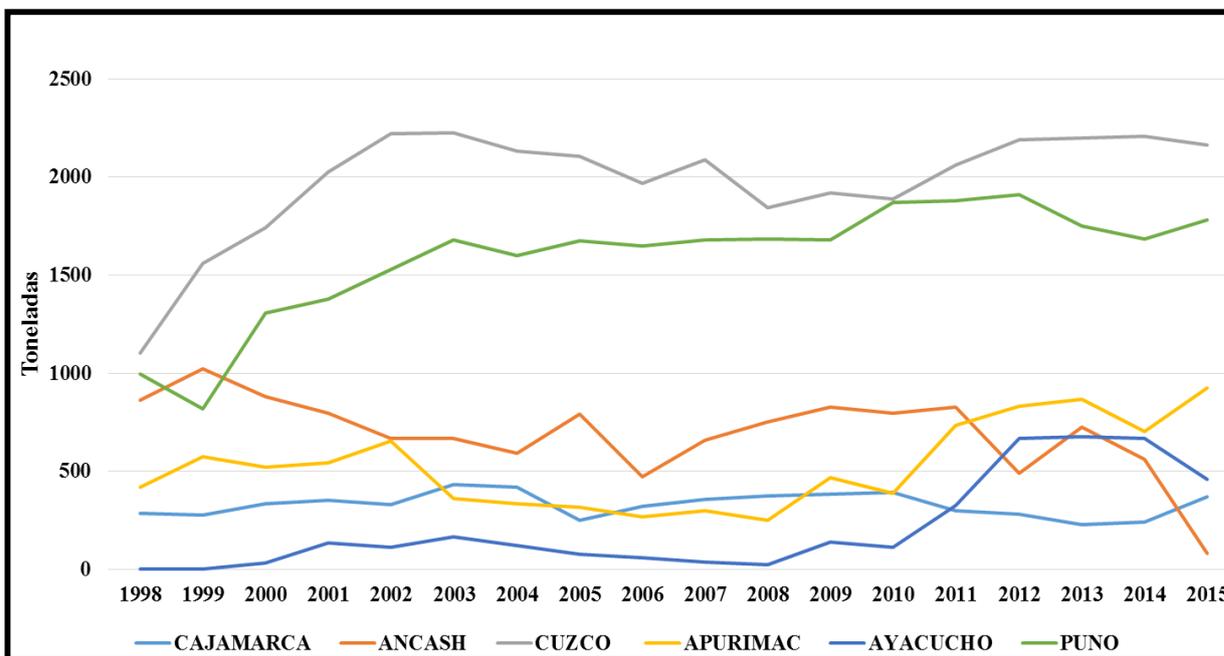


Figura 8: Producción de tarwi en toneladas por departamentos en el Perú desde 1998 al 2015. Elaborado con datos MINAGRI (Ministerio de Agricultura, 2016).

Según la DIA (Dirección de Información Agraria, 2012) el incremento de la producción de tarwi en Puno durante 2001 al 2010 fue 3.46%, siendo en Yunguyo la mayor producción con 79%. El rendimiento promedio de 1240 kg.ha⁻¹ debe ser de 2000 a 5000 kg.ha⁻¹ cuando hay un manejo adecuado del cultivo y con los requerimientos nutricionales en forma oportuna. En Cajamarca, los agricultores mediante difusión visual⁴ exigen al DRAC (Dirección Regional Agricultura de Cajamarca, 2016) del asesoramiento para el manejo del cultivo dado el interés de mejorar sus ingresos económicos como cultivo promisorio en la alimentación.

⁴<https://www.youtube.com/watch?v=jRiOQzfyYQ4>

Las experiencias de países cercanos productores de este grano, dan un alcance del interés en el manejo y mejoramiento de este cultivo. En Ecuador según el historial de rendimiento de 1995 la producción de 240 kg.ha⁻¹ se incrementó a 1500 kg.ha⁻¹ en el 2015, como resultado de asesoramientos técnicos y uso de la semilla mejorada INIAP 500 y actualmente es exportador (Vera G, INIAP)⁵.

Según PADER –COSUDE (2013?), en Bolivia las zonas productoras del grano son: Potosí, Oruro, La Paz, Cochabamba y Chuquisaca, se consume como “chuchusmote” y productos elaborados en base a su harina. El rendimiento medio es de 637 kg ha⁻¹, actualmente con miras a incrementar. En cuanto a la comercialización los pequeños productores agropecuarios lo hacen a nivel parcelario o en ferias microregionales a intermediarios, enfrentando condiciones desventajosas de negociación. Chipana y Trigo (2016) indican que el grano lo ofertan cuando tienen alguna necesidad económica o cuando se asignan precios mayores por la compra de este producto.

En Chile, Mera (2016) mejorador genético con amplio conocimiento en lupinus, menciona que actualmente se tiene un gran avance en la industria salmonera por la demanda creciente de proteína vegetal a la vez competitiva con la harina de soya importada. Para cumplir esta meta tienen variedades de lupino de alta productividad, buen tenor proteico y facilidad de cosecha. La variedad de (*Lupinus albus*) Alboroto-INIA obtenida por hibridaciones en INIA Carillanca, ha demostrado tener estas características como planta semi enana, de 65 a 85 cm de altura y con alcaloides de 0.038%, resistentes a *Colletotrichum lupini*, se obtienen 1800 kg proteína.ha⁻¹.

⁵<https://sanimbabura.files.wordpress.com/2015/12/triptico-fao-variedad-de-chocho1.pdf>
www.youtube.com/watch?v=jRiOQzfyYQ4

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL

El lugar de estudio correspondió a los caseríos La Victoria, Chagmapampa, Usnio, Magmamayo y La Torre ubicados en el distrito La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca ($7^{\circ}00'$ y $7^{\circ}06'54''$ LS y $78^{\circ}14'24''$ y $78^{\circ}21'15''$ LO), entre 2950 a 3900 msnm.(Anexo 1) . La fisiografía correspondió a laderas, dentro de las cuales se consideró el cultivo con manejo de laderas y terrazas de formación lenta. Las temperaturas máximas promedios fueron 17°C y mínimas de 6°C , con precipitaciones promedio de 119 mm en temporadas de lluvias (estación La Quispa 3000 msnm). Así mismo, se presentó el Evento El Niño 1997 – 1998, cuyo retraso de lluvias a finales de 1997 influyó en el inicio de siembra, realizándose a inicios de 1998.

5.2. MATERIALES DE CAMPO Y EQUIPO

Bolsa de plástico N° 5, lápices y plumones indelebles, pabilos o cintas de marcación, estacas de madera, wincha metálica de 30 m, GPS, eclímetro, pizeta, navaja o cutter, bandejas de plástico, frascos o viales con silicagel, tubo muestreador, pala, vernier, balanza 0.01 g aprox., y estufa.

5.3. MUESTREO Y ANÁLISIS DE SUELO

En cada parcela experimental se aplicó el protocolo de muestreo de suelo: aleatorización, toma de submuestras, muestra final y codificación campo de 0 a 30 cm del perfil del suelo. Las muestras se trasladaron al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes (LASPAF), Universidad Nacional Agraria La Molina para los respectivos análisis fisicoquímicos. Se determinó el fósforo disponible (Olsen modificado), potasio disponible (acetato de amonio), pH (método del potenciómetro relación suelo-agua 1:1) y el contenido de materia orgánica (Walkley-Black, oxidación carbono orgánico con dicromato potasio) con los métodos descritos en el manual de suelos de LASPAF (Bazán, 1989) (Tabla 7).

Tabla 7: Características físico-químicas de los suelos de 0 – 30 cm de profundidad del sistema de producción del cultivo de chocho en el distrito La Encañada. Cajamarca. Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) de la Universidad Nacional Agraria La Molina

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN																					
Departamento :		CAJAMARCA										Provincia :		CAJAMARCA							
Distrito :		LA ENCAÑADA										Predio :		Caserios							
												Fecha :		06/05/98							
N° CAMPO	Caserio	Sistema de producción	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural Franco	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
									Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
									meq/100g												
1	La Victoria	TERRAZA	4.3	0.22	0.00	2.06	57.30	284	44	34	22	Franco	27.20	4.61	0.68	0.22	0.32	4.88	10.71	5.83	21
2	La Victoria	LADERA	3.9	0.20	0.00	4.57	69.30	376	52	38	10	Franco Arc	32.60	2.04	0.41	0.27	0.82	3.23	6.77	3.54	11
3	La Victoria	TERRAZA	4.7	0.38	0.00	1.77	55.50	804	32	34	32	Franco	25.60	9.86	1.46	0.47	0.26	0.99	13.04	12.05	47
4	Chagmapampa	LADERA	4.5	0.15	0.00	5.9	74.00	648	52	38	10	Franco	37.00	5.83	0.87	0.53	0.29	2.3	9.82	7.52	20
5	Usnio	LADERA	4.5	0.21	0.00	3.54	24.10	1597	52	40	8	Franco	17.00	3.17	0.86	1.28	0.35	3.11	8.77	5.66	33
6	Magmamayo	TERRAZA	4.6	0.19	0.00	4.13	78.60	669	44	44	12	Franco	34.00	7.58	0.94	0.48	0.82	1.23	11.05	9.82	29
7	Magmamayo	TERRAZA	4.5	0.14	0.00	2.95	78.60	564	50	40	10	Franco	33.40	4.41	0.46	0.44	0.24	3.3	8.85	5.55	17
8	Usnio	TERRAZA	4.5	1.38	0.00	2.21	31.50	443	50	40	10	Franco	26.40	6.47	0.01	0.39	0.36	2.53	9.76	7.23	27
9	Usnio	TERRAZA	4.0	0.18	0.00	2.65	74.00	431	38	40	22	Franco	31.00	3.3	0.66	0.34	0.69	5.46	10.45	4.99	16
10	Usnio	LADERA	4.4	0.18	0.00	4.13	62.90	307	58	40	2	Franco Arc	34.80	3.78	0.71	0.24	0.98	4.65	10.36	5.71	16
11	La Torre	LADERA	4.3	0.16	0.00	3.39	78.60	325	54	38	8	Franco Arc	30.00	4.50	0.63	0.26	0.39	3.69	9.47	5.78	19

5.4 MANEJO DEL EXPERIMENTO

Para fines de la investigación se respetó el manejo del suelo del agricultor quienes desarrollaron labores diferentes en la preparación del suelo, sean cultivo de rotación, suelos en descanso, uso de yunta, entre otros (ver ANEXO 2).

- La siembra fue semillas al voleo (enero del 1998).
- Se aplicó al voleo el fertilizante súper fosfato triple de calcio (46 % P_2O_5)
- El riego fue a secano bajo el régimen de lluvias.
- Se realizaron hasta dos cosechas de manera manual con el uso de hoz, separándose las vainas para realizar la trilla con golpes a palos. Posteriormente se venteo y pesaron los granos que fueron guardados en sacos dentro de un almacén.

5.5. EVALUACIONES DE PARÁMETROS BIOLÓGICOS Y RENDIMIENTO DE GRANO DE CHOCHO

El muestreo se realizó dejando un metro por lado del área de la unidad experimental (u. e) a fin de evitar los efectos de bordes. Se utilizó una cuadrícula de 1 m^2 que se ubicó en el centro y en los cuatro vértices de la u. e. muestreando cinco plantas dentro de cada cuadrícula, siendo un total veinticinco plantas por u. e

5.5.1 PARÁMETROS BIOLÓGICOS

5.5.1.1 EVALUACIÓN EN LA FLORACIÓN

- a. Densidad de plantas, se contó el total de plantas. m^{-2} .
- b. Altura de planta, medido en metros desde la base del tallo al borde apical floral del eje central.
- c. Número y diámetro de nódulos, se utilizó un bisturí para aislar los nódulos de las raíces y se preservó en viales conteniendo cloruro de calcio. El diámetro del nódulo se midió con un vernier.

5.5.2 PARÁMETROS DE RENDIMIENTO

5.5.2.1 EVALUACIÓN EN LA COSECHA

- a. Número de vainas por planta, se contabilizo todas las vainas, que a la vez en este cultivo el tamaño es variable.
- b. Longitud de vaina, medida con el vernier (cm), la muestra correspondió a veinte vainas escogidas al azar de las veinticinco plantas muestreadas en la u.e.
- c. Número de granos por vaina, se contó los granos de las veinte vainas anteriores.
- d. Peso de granos por planta, obtenidas del peso del total de granos de cada planta.
- e. Peso de 250 granos secos obtenidos al azar de la totalidad de granos.
- f. Índice de cosecha, es la relación del grano y la biomasa total del residuo de cosecha.
- g. Rendimiento, se pesó los granos de la cosecha más lo obtenido de las veinticinco plantas muestreadas de cada unidad experimental.

5.6 CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Se encuestó a once agricultores: seis en terrazas (C1, C3, C6, C7, C8 y C9) y cinco de laderas (C2, C4, C5, C10 y C11). Las encuestas fueron preguntas abiertas respecto a la historia de campo del cultivo y el manejo del sistema de producción actual (manejo cultural, fitosanitario, cosecha y comercialización, ver ANEXO 5 y 6). Esta dinámica se visualizó agrupando en porcentajes (ANEXO 7) y en graficas de barras. Con esta información se elabora un resumen de diagrama de flujo como sistema de producción del ensayo.

5.7 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD ECONÓMICA

Se analizó los costos directos, indirectos, costos totales, índice de rentabilidad: beneficio-costo (B/C) comparando la producción tradicional con respecto a lo fertilizado con fósforo (ANEXOS 5 y 6).

5.8. DISEÑO DE EXPERIMENTAL

Se estableció un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) en cada condición de siembra (terrazas y laderas), con niveles de fertilización (Tabla 8).

Tabla 8: Niveles de fertilización aplicados en el campo experimental del cultivo de chocho

Tratamientos:	kg.ha ⁻¹		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T0	0	0	0
T1	0	40	0
T2	0	80	0

Los campos experimentales correspondieron a áreas de cultivo de chocho, lo cual fue muy limitado en la zona (áreas pequeñas sembradas solo para autoconsumo y/o barreras de protección), se describe a continuación:

- Número de campos experimentales en terrazas : 5 bloques
- Número de campos experimentales en laderas : 5 bloques
- Superficie de la unidad experimental : 10 m x 10 m = 100 m²
- Superficie de la unidad experimental neta: 8 m x 8 m = 64 m²
- Unidades experimentales por bloque : 3
- Área de bloque : 300 m²
- Área total del campo experimental : 3000 m²
- Origen y variedad de semillas : Propia del agricultor (diciembre de 1997 – enero 1998)
- Densidad de semillas : Según manejo del agricultor
- Siembra : Al voleo
- Riego : Secano
- Fertilizante : Súper fosfato triple de calcio (46 % P₂O₅)

La cantidad de fertilizante aplicado por unidad experimental se detalla en la tabla 9.

Tabla 9: Cantidad de fertilizante aplicado por unidad experimental del cultivo de chocho

Tratamientos	Cantidad Superfosfato triple de Calcio en unidad experimental (100 m²)
T0	0 kg
T1	0.87 kg
T2	1.74 kg

El modelo estadístico correspondió al aditivo lineal DBCA en cada condición de elección de suelos para siembra (terrazas y laderas)

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Leyenda:

Y_{ij} : valor observado en el i-ésimo tratamiento y j-ésimo bloque

μ : efecto de la media general

τ_i : efecto del i-ésimo tratamiento

β_j : efecto del j-ésimo bloque

ϵ_{ij} : efecto del error experimental

Las variables en estudio se analizaron en el programa estadístico INFOSTAT versión 2017 con pruebas de homogeneidad de varianzas y linealidad de los residuales. Para la comparación de medias se aplicó el test LSD de Fisher a un $\alpha = 0.05$ (ANEXO 7).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 EFECTO LA APLICACIÓN DE TRES NIVELES DE FERTILIZACIÓN CON FÓSFORO EN LOS PARÁMETROS BIOLÓGICOS Y RENDIMIENTO DE GRANOS.

Los resultados se muestran en la Tabla 10 y ANEXOS 2 A y 2 B. Las parcelas C2, C7, C9 y C10 se perdieron por efectos de plagas y cosecha anticipada del agricultor. Todos los análisis cumplieron con la prueba de homogeneidad de variancias.

6.1.1 DENSIDAD DE PLANTA

Tanto en terrazas y ladera no hubieron diferencias significativas en la densidad de planta. Para las dosis de fertilización 0, 40 y 80 P₂O₅ en las terrazas fueron 9.30, 9.73 y 10.67; laderas de 13.72, 13.61 y 11.38 plantas.m⁻² respectivamente.

El agricultor caracterizó a las laderas como suelos de menor potencial de fertilidad y por lo cual acostumbra sembrar mayor cantidad de semillas sin selección, así lograría el éxito del establecimiento de las plantas. Las densidades de plantas por parcelas se relacionaron directamente con la cantidad de semilla aplicada siendo en promedio 82 y 42 kg. ha⁻¹ para laderas y terrazas respectivamente (véase ANEXO 3). Esta mayor densidad de plantas en las laderas no fue beneficioso en cuanto a los rendimientos y dependía de la arquitectura de la planta (carácter genético), lo cual había variación de la ramificación sean también las inflorescencias en el eje primario y secundarios. Se coincide con Mera *et al.* (2016) quien como mejorador de lupinos menciona ser importante seleccionar semillas de calidad y cumplir con la densidad adecuada para obtener calidad de granos en la cosecha.

6.1.2 ALTURA DE LA PLANTA

En ambos sistemas y dosis de fertilización no se registraron diferencias significativas. Los resultados fueron menores en laderas respecto a terrazas: 1.05, 1.15 y 1.19 m. para T0, T1 y T2 respectivamente. En las terrazas la mayor altura de planta fue de 1.31 en T2.

Los valores de altura de planta obtenidos en el ensayo fueron mayores que los registrados por Pérez (1994) en Cajamarca: 0.72 m (Puyllucana), 0.89 m (Sulluscocha) y 0.69 m (Porcón); igualmente Becerra (1994) para la misma zona reporta 0.93 m. de altura en la planta al aplicar 40 kg P₂O₅.ha⁻¹ más inoculación de *Rhizobium lupini*. Castañeda (1988) selecciona ecotipos de la sierra norte con 1.12 m de altura en Chiquián y un ecotipo de sierra centro con 1.59 m. de altura en Jauja, siendo estos valores de rango similar a lo obtenido para el ensayo tanto en laderas y terrazas. Se observó una relación directa entre el incremento de altura y niveles de fósforo, principalmente sería la optimización de toma de nutrientes por el mayor volumen radicular en respuesta a las dosis de fósforo que influye en el mayor crecimiento y desarrollo (Figura ANEXO 4.3).

6.1.3 NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA

En las terrazas se alcanzó mayor número de vainas por planta respecto a laderas, sin embargo, no fueron significativos para las dosis de fertilización. En las laderas el efecto fue positivo en T2 respecto a T0 y con diferencias significativas (Figura 9).

Para laderas la mayor cantidad de vainas por planta fue 25.67 en T2 siendo 82% más respecto a T0. En terrazas con T2 se logra 47.36 vainas por planta y comparando con T0 laderas se tiene 235% más, lo cual es importante diferenciar a las terrazas como mejor ambiente de desarrollo del cultivo. Así mismo, la mayor arquitectura en la planta, número de ramas y número de flores aun pese a las pérdidas de flores observados en el cultivo, hay respuesta (véase Anexo Figura 4.3). Coincidiendo con algunos estudios en Cajamarca, Becerra (1994) menciona que el chocho presentó 13.7 vainas por planta al aplicarse 40 kg P₂O₅.ha⁻¹ y en estudios de ecotipos de chocho blanco indica de 5.40 a 16.24 vainas por planta; por tanto, estos valores fueron menores a lo obtenido en el ensayo en las terrazas y laderas, pero similares a lo registrado por Castañeda (1988) en Ancash (Chiquián) que fue de 22.9 a 45.7 vainas por planta.

Tabla 10: Efecto del manejo de los sistemas de producción en terrazas (A) y laderas (B), bajo tres niveles de fertilización con fósforo (0, 40 y 80 P₂O₅) en los parámetros biológicos y rendimiento de granos de *L. mutabilis* “chocho”. Distrito de La Encañada. Provincia y Departamento de Cajamarca

A. TERRAZAS Tratamientos	Densidad (plantas.m ⁻²)	Altura planta (m)	Número de vainas / planta	Longitud de vaina (cm)	Número de granos / vaina	Peso de granos / planta	Peso de 250 granos (g)	Índice de cosecha	Tamaño de nódulos (mm)	Número de nódulos/ planta	t ha ⁻¹
0 P ₂ O ₅ (T0)	9.30 a	1.29 a	34.54 a	7.87 a	4.12 b	27.51 a	63.29 a	27.67 a	11.97 b	62.18 c	1.32 a
40 P ₂ O ₅ (T1)	9.73 a	1.28 a	34.46 a	8.18 a	4.73 ab	22.72 a	59.03 a	24.92 a	12.56 b	74.46 b	1.51 a
80 P ₂ O ₅ (T2)	10.67 a	1.31 a	47.36 a	8.24 a	4.79 a	38.43 a	63.38 a	29.76 a	13.30 a	91.15 a	1.73 a
B. LADERAS											
Tratamientos											
0 P ₂ O ₅ (T0)	13.72 a	1.05 a	14.13 b	7.30 b	3.52 b	12.31 c	62.09 b	21.06 a	10.05 b	39.47 c	0.53 b
40 P ₂ O ₅ (T1)	13.61 a	1.15 a	16.11 b	7.79 ab	4.07 a	14.93 b	61.70 b	21.58 a	11.40 a	52.02 b	0.92 ab
80 P ₂ O ₅ (T2)	11.38 a	1.19 a	25.67 a	8.02 a	4.58 a	21.16 a	69.05 a	27.13 a	11.85 a	60.43 a	1.28 a
$\alpha = 0.05$											

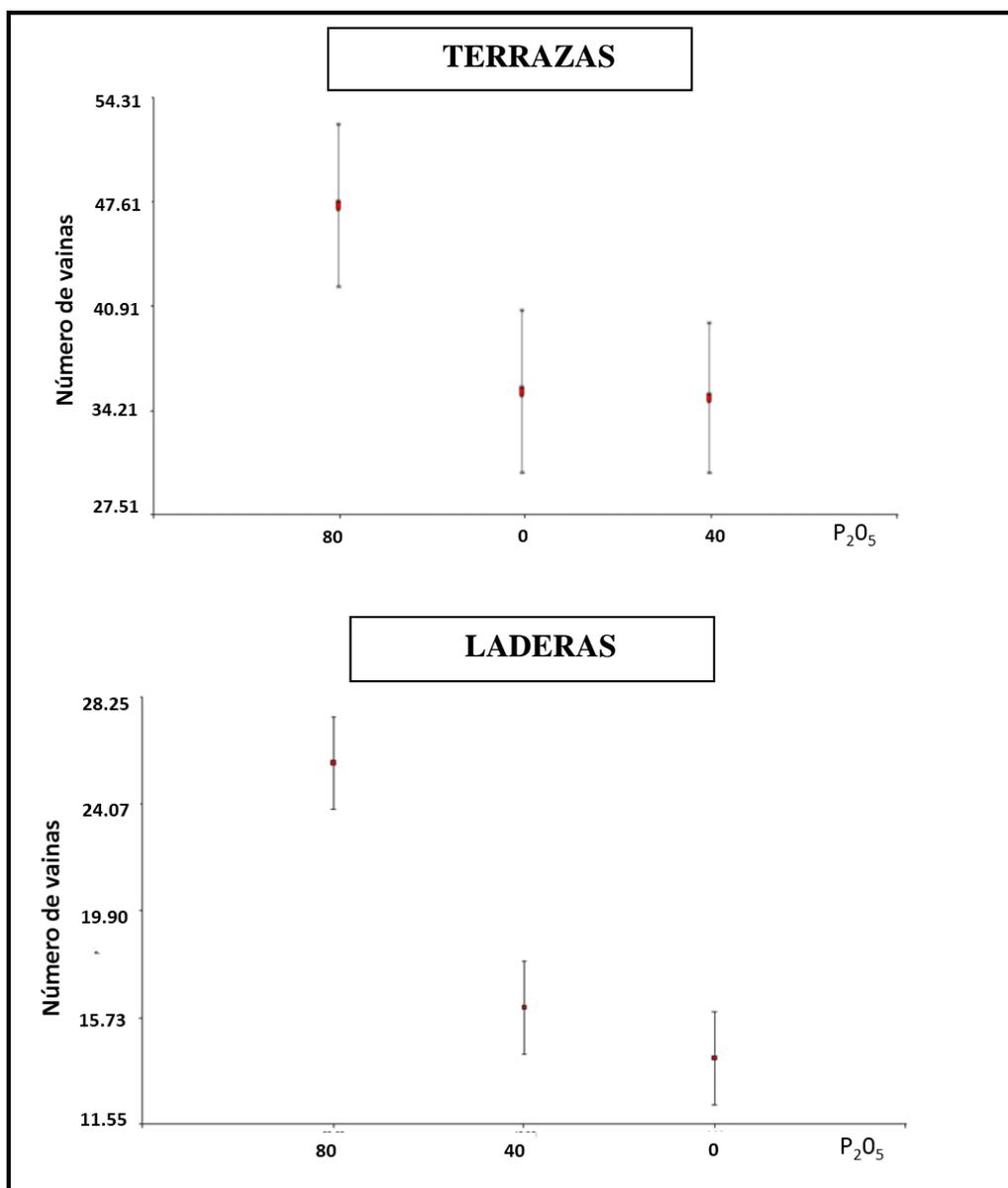


Figura 9: Efecto de las dosis de fertilización con fósforo en el número de vainas por planta de chocho cultivado en terrazas y laderas.

6.1.4 LONGITUD DE VAINA

En terrazas no hubieron diferencias significativas para las longitudes de vaina, siendo 7.87, 8.18 y 8.24 cm para los tratamientos T0, T1 y T2, respectivamente (Tabla 10). Sin embargo, en ladera se observó diferencias significativas entre T0 y T2 siendo 7.30 y 8.02 cm de longitud de vaina en cada uno. También se observa que en terrazas los resultados son mayores respecto a laderas.

En las parcelas experimentales el menor valor se obtuvo en ladera con 6.60 cm y el mayor valor en terraza con 8.61 cm (campo 11 y campo 6 de T2 respectivamente, ver ANEXO 4.2). Los resultados en terrazas son mayores comparando con valores de Becerra (1994) con 7.50 cm en el tratamiento testigo y 7.00 cm a la fertilización con 40 kg P₂O₅.ha⁻¹. Meléndez (1991) indica que dosis de fertilización 30, 60 y 90 de superfosfato triple en caupi, no encuentra diferencias significativas en el tamaño de vainas debido a un efecto genotipo-ambiente, similar comportamiento a lo observado en el ensayo de chocho. Así la longitud de la vaina se puede atribuir al vigor presente en las plantas fertilizadas y resistencia a presencia de enfermedades respecto a las laderas, siendo el campo 11 el cual presentó un ataque severo de antracnosis (véase ANEXO 4.5) lo que influyó su desarrollo fisiológico y menor longitud de vaina.

6.1.5 NÚMERO DE GRANOS POR VAINA.

En las terrazas y laderas se obtuvieron diferencias significativas a la fertilización fosfatada respecto a número de granos por vaina, siendo 4.12 y 4.79 para T0 y T2 en terrazas; en laderas fueron 3.52 y 4.58 para T0 y T2 respectivamente. En las terrazas este parámetro fue el único que evidenció diferencias significativas relacionadas al crecimiento y desarrollo en el chocho.

Estos resultados de números granos por vaina se incrementan a mayor dosis de fósforo. En la zona de ensayo fue visible el tamaño y vigor de los granos cosechados en los campos fertilizados corroborando con Caicedo (2001) y Villacres *et al.* (2013), quienes reportan al fertilizar lupinus se influye en la cantidad y calidad de granos. También Becerra (1994) aplica 23 kg P₂O₅.ha⁻¹ en *L. mutabilis* y Ardiles (1997) en *L. albus* y *L. angustifolius* con 75 kg P₂O₅.ha⁻¹ y reporta una mejor la calidad en proteína, aceite y fibra.

6.1.6 PESO DE GRANOS POR PLANTA

Los pesos de granos por planta en las terrazas fueron mayores respecto a las laderas, pero sin diferencias significativas entre las dosis; sin embargo, en laderas si hubo diferencias significativas. En la tabla 10 se puede observar que el mayor peso de granos fue con T2 en terrazas superando hasta 212% a T0 de las laderas (Figura 10).

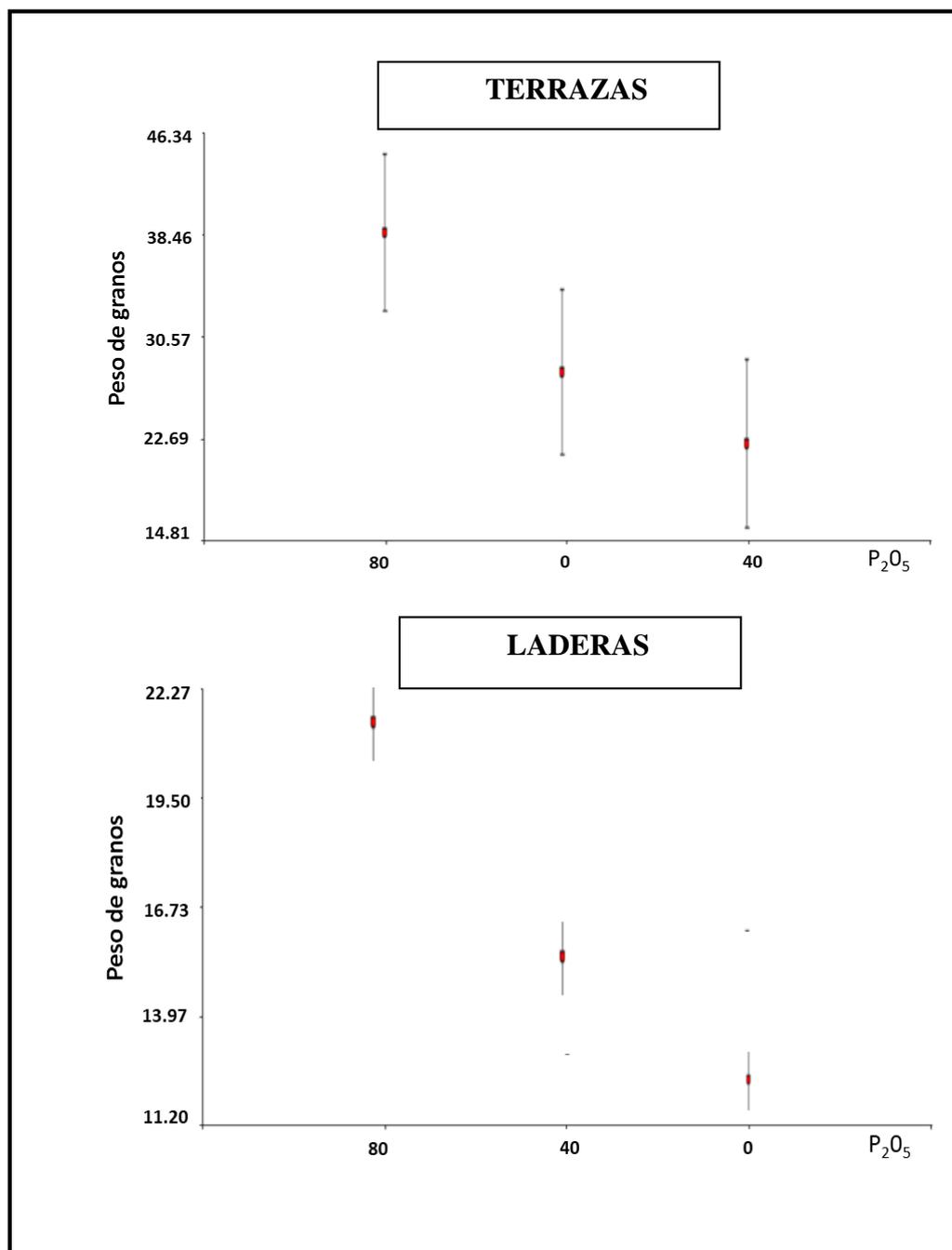


Figura 10: Efecto de la fertilización de fósforo en el peso de granos por planta de chocho cultivado en terrazas y laderas.

Las caídas de hojas y flores características en esta especie disminuyen la obtención de mayor número de vainas por tanto menor cantidad de granos por planta. El tradicional manejo del cultivo de chocho por el agricultor puede presentar limitaciones en cuanto al no adicionar la adecuada necesidad de fósforo que requiere el cultivo, obteniéndose menor arquitectura de planta y volumen de raíces (ANEXO 4.3) e influye en una baja remoción de nutrientes para el llenado de granos (Hall, 1980).

León (1987) en estudios de accesiones de chocho en Ecuador reporta como mayor rendimiento 169.90 g por planta y menor 2.60 g por planta, razón por la cual se puede referenciar que esta especie es muy variable en cuanto a su rendimientos. Se corrobora lo obtenido, donde las semillas empleadas en las parcelas del ensayo no fueron homogéneas (sistema de producción, ANEXO 5) lo cual también influye en la calidad de del grano.

6.1.7 PESO DE 250 GRANOS

Los pesos de 250 granos tuvieron diferencias significativas en laderas siendo mayor en T2 (69.05 g) respecto a T0 (62.09 g) (Tabla 10). En las terrazas no se evidencio diferencias significativas, pero se observa solo en este parámetro que la respuesta en laderas para T2 (69.05 g) es mayor del máximo peso obtenido en terrazas con T2 (63.38 g).

El efecto esperado de mayor peso por grano a la aplicación de fertilizante no es evidente, esto posiblemente se explica como respuesta fisiología del cultivo en la etapa de llenado corroborando con Castañeda (1988) al mencionar que el peso de cien granos es un factor de menor importancia como limitante al analizar el rendimiento de la producción. También Aguilar (2015) al evaluar ecotipos de lupino en la accesión Asunción (Chiquián) obtuvo que el mayor peso de 100 granos fue 28.67 g siendo estos valores mayores en proporción a 250 granos que pesaban menos.

Investigaciones sobre vigor de semillas en “frijol negro precoz” bajo condiciones de estrés, demuestran que aunque en la planta se reduce el número de semillas y su tamaño, o ambos, las semillas formadas no resultan afectadas en la calidad fisiológica, y podrían disponer de una mayor cantidad de fotoasimilados por semilla, lo que repercute en un mayor peso de la misma (Castañeda *et al.*, 2006). Estas investigaciones apoyan los resultados del ensayo donde el mayor peso de los 250 granos fue en laderas, aunque en estas parcelas se obtuvo el menor rendimiento, también se asocia con lo expuesto por Zalewski *et al.* (2001) quien mencionan en lupino amarillo el efecto de sequía fue tolerada en los granos al producir más cantidad de oligosacáridos de la familia rafinosa (70%) evitando la disminución de calidad en peso.

6.1.8 ÍNDICE DE COSECHA

Los índices de cosecha para ambas condiciones de manejo no mostraron diferencias significativas. Sólo en las laderas el incremento del índice de cosecha fue 21.06, 21.58 y 27.13 fue directamente proporcional a los niveles de fósforo aplicado al suelo: 0, 40 y 80 P₂O₅ respectivamente.

La eficiencia del rendimiento de granos respecto a la biomasa del residuo de cosecha (tallo, hojas y vainas) es variable, sin embargo se observó que las plantas perdían biomasa fresca como hojas y flores, en la prefloración. Finalmente en la etapa de formación de vainas se observa que las hojas caídas se integraban como abono verde y daban cobertura al suelo, así se evitaba la pérdida de humedad de este. La planta logra una estrategia de fortalecerse con la cantidad adecuada de biomasa foliar, se abastece de nutrientes para la translocación en el llenado de granos logrando así un balance de energía.

Investigaciones del aporte de biomasa en la fertilidad del suelo se reporta muy poco en los manejos de cultivos en el Perú; sin embargo, el agricultor local si expresa sus conocimientos al relacionar que la incorporación de los rastrojos beneficia al cultivo. Pamboza –Tamaquiza *et al.* (2016) reportan para Ecuador que la biomasa del chocho incorporada al suelo contribuye el incremento de materia orgánica, nitrógeno y fósforo y constituye una alternativa para mejorar la fertilidad de los suelos. Finalmente a mayor fertilización se obtiene una mayor robustez en las partes aéreas y mayor área radicular (ANEXO 4.3) influenciando en el tamaño de vainas y número de granos, incrementándose el índice de cosecha.

6.1.9 RENDIMIENTO DE GRANOS

Se obtuvieron efectos positivos de la fisiología de las plantas en el rendimiento de grano para ambas condiciones de manejo, aunque en las terrazas no se evidencio diferencias significativas entre los tratamientos, el mayor rendimiento del grano con T2 (1.73 t.ha⁻¹) fue superior en 35 % respecto al mayor rendimiento con T2 (1.28 t.ha⁻¹) en las laderas. El tratamiento T0 en terrazas fue 149 % mayor respecto al mismo tratamiento en laderas y con las aplicaciones de fósforo los incrementos fueron directamente proporcional en laderas (Figura 11 y Tabla 10).

Investigaciones en *Lupinus* mencionan que el sistema tradicional del agricultor es no fertilizar y sembrar en barbecho obteniendo rendimientos de 0.50 - 1.00 t.ha⁻¹, lo cual se obtuvo en los resultados del sistema de laderas y los testigos (ANEXOS 2 y 3). Estos rendimientos varían de acuerdo al ecotipo, así a mayor altitud el rendimiento es el doble, considerando que en los suelos fértiles la fertilización debe ser mínimo (Blanco, 1978; Von Baer, 1989; Franco, 1991; Cowling *et al.*, 1998; Tapia, 2015). Aguilar (2015) también refiere a rendimientos que oscilan de 1.19 a 1.80 t.ha⁻¹ cuantificados en ecotipos del Callejón de Conchucos (La Libertad) que superaron al promedio nacional que es 1.22 t.ha⁻¹.

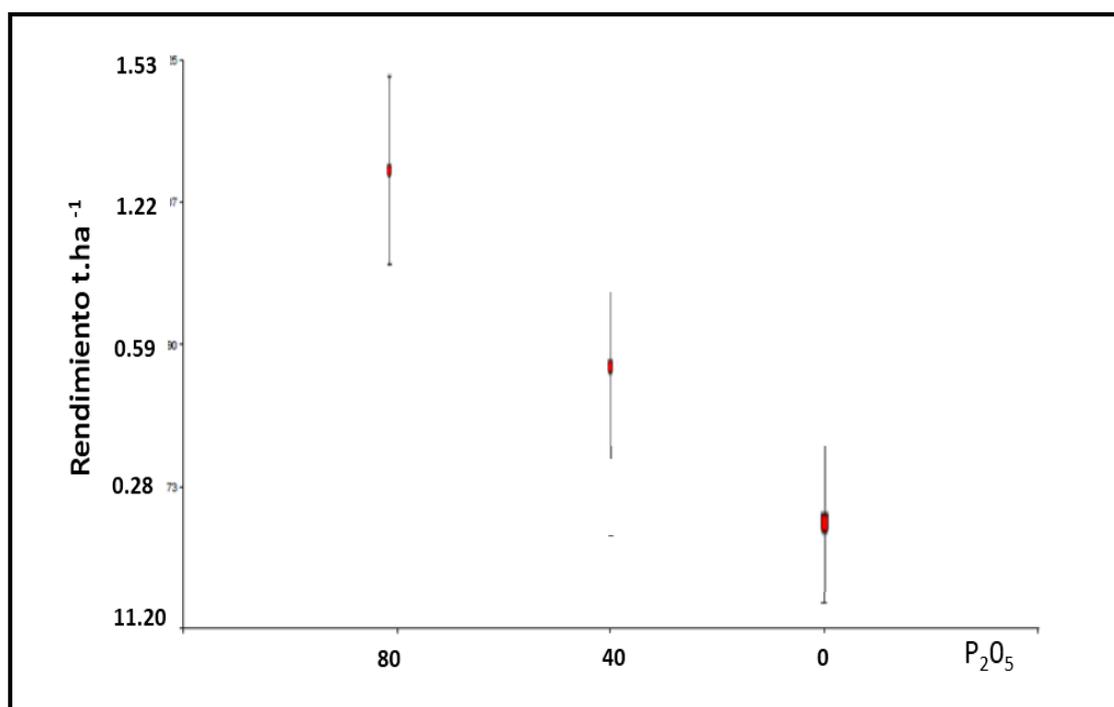


Figura 11: Efecto de los niveles de fertilización con fósforo en el rendimiento de granos de chocho cultivado en laderas.

En las variaciones del rendimiento del ensayo influyeron las diferentes semillas usadas por el agricultor. Estas de menor o mayor vigor, sin selección obtenidas de familiares, guardados y ferias (ANEXOS 5 y 6), sin cuidado por ser un cultivo de autoconsumo. Estas costumbres también corrobora lo encontrado por Chirinos *et al.* (2015) quienes realizan estudios de treinta accesiones de *L. mutabilis* (algunos de Cajamarca) y refieren que los fenogramas mostraron una relación con la ubicación geográfica, posiblemente debido al flujo génico *in situ* debido al intercambio o venta de semillas en ferias o mercados aledaños a la zona de colecta.

A la aplicación de fósforo en *L. mutabilis* los incrementos del rendimiento es variable, coincidiendo con otros investigadores quienes afirman que las respuestas a fertilización influyen aspectos de manejo de semillas, localidad y costumbres (Becerra, 1994; Galarza, 1995; López, 1984). Igualmente Rivadeneira y Peralta (2001) indican que el chocho se adapta a suelos pobres y al aplicar tratamientos con fósforo de 30 y 60 kg.ha⁻¹ obtiene resultados sin diferencias significativas.

El 36.4% de los agricultores principalmente fertilizan solo en papa (Figura 15). Esta evidencia indica que la costumbre es no fertilizar el suelo para cultivar el chocho, pero Munguía (1980) reporta un máximo rendimiento de 3.50 t.ha⁻¹ e indica incrementos positivos a la fertilización con fósforo, similar la tendencia a lo obtenido en el estudio (rendimientos mayores respecto al sin fertilizar); se corrobora con Galarza (1995) al indicar que la aplicación de dosis de fósforo obtiene incremento hasta 117.15%.

Existen estudios en *L. albus* “lupino blanco”, principalmente su relación con la estrategia y beneficio de la absorción de fósforo y la necesidad de este elemento para las funciones de fijación de nitrógeno por los rizobios. Estas investigaciones nos permite relacionar y entender los diferentes procesos bioquímicos presente en la rizósfera , cuando se agrega fósforo o el suelo es bajo en fósforo disponible o está fijado P-Al, P-Fe, diferentes pH, acción de enzimas de en fósforo orgánico e inorgánico, presencia de materias orgánicas, superficie de absorción, exudación de citratos, carboxilatos, entre otras (Sandsawka, 1989; Shane *et al.*, 2008 ; Li *et al.*, 1997 y Martin, 2012).

Así corroboran las respuestas a la fertilización siendo los análisis de suelos que indican valores de medio a alto en P ppm pero serian el P fijado en el suelo y a la aplicación de fósforo la respuesta fisiológica del cultivo fue benéfico (Figura Anexo 4.3).

6.2 EFECTO DE LA APLICACIÓN DE TRES NIVELES DE FERTILIZACIÓN CON FÓSFORO EN LA FORMACIÓN DE NÓDULOS.

Con la aplicación de los tratamientos de dosis crecientes de fósforo se obtuvieron diferencias estadísticas significativas en tamaño y número de nódulo por planta tanto para terrazas y laderas. En terrazas los resultados son mejores que laderas al igual que los parámetros anteriores, así el menor tamaño de nódulos en T0 con 11.97 mm es mayor respecto al alcanzado con T2 en laderas siendo 11.85 mm. En cuanto al número de nódulos por planta se observa similar relación: con T0 en terrazas 62.18 nódulos por planta es mayor a los registrado con T2 para laderas 60.43 nódulos por planta. Por tanto, en terrazas con T0 es 56% más del número de nódulos respecto a su similar en laderas (Tabla 10, Figura 12).

Los resultados corroboran las investigaciones en *Bradyrhizobium* sp. (hospedante en los *Lupinus*), así estudios de la interacción planta- raíz –microorganismo mencionan la compleja dinámica biológica en el suelo. Se reporta exudación de moléculas orgánicas como polisacáridos, enzimas, solubilización de fosfatos, disminución del pH del suelo, tolerancia al stress, metales pesados, interacción con micorrizas (presentes en pastos asociados), lo que influyen en cantidad, tamaño y número de nódulos o proteoides (Rodríguez, 2008; Fernández-Pascual *et al.*, 2007; Shane *et al.*, 2016; Amarger, 2001; Lambers *et al.*, 2006). A mayor dosis de fósforo se obtiene una mayor área radicular superficial lo que permite mayor exploración de *Bradyrhizobium* e infestación en las raíces del chocho (ANEXO 4).

Pueden existir bacterias endófitas de los nódulos (*Micromonospora* y *Paenibacillus* Lupsa 11) que hacen sinergias para el beneficio de la formación de nódulos, interacción benéfica con micorrizas presentes en pastos y otras especies consociadas al cultivo (Rodríguez, 2008; Moreira *et al.*, 2012; Agüero-Aguilar, 2017). De acuerdo a Schulze *et al.*, (2006) en *L. albus* en tratamiento sin fósforo los nódulos crecen predominantemente en raíces laterales o en la proximidad de las agrupaciones de raíz proteiformes o “clusters”. Al tratamiento con fósforo la distribución de los nódulos son similares tanto en la raíz primaria y secundaria; sin embargo, el número y el peso del nódulo también se reducen en las plantas de las parcelas T0 (sin fósforo). Se corrobora la semejanza en la ubicación de nódulos en los tratamientos evaluados presentándose en las laderas el mayor número de nódulos en las raíces secundarias respecto a su ubicación en raíz primaria, tal vez una estrategia de explorar más áreas con presencia de fósforo (ANEXO 8).

Según los análisis fisicoquímicos de los suelos (Tabla 7) el fósforo presente de medio a alto estarían no disponibles para el chocho, lo cual al fertilizar puede influir en la actividad del *Bradyrhizobium* sp. y otros microorganismos del suelo, estos acidificaron y solubilizaron el fósforo del fertilizante. Al incrementarse la población microbiana en la interacción planta-microorganismo las reacciones bioquímicas en la rizósfera tendría mejor efecto en la solubilización del fósforo fijado, también por la mayor exploración en las raíces secundarias (Silvera *et al.*, 2010; Fernández- Pascual *et al.*, 2007; Pahuara *et al.*, 2001; Rodas *et al.*, 2001; Gibson *et al.*, 2008; Rincón *et al.*, 2003; Skorupska *et al.*, 2006). También esta solubilidad del fósforo en el suelo por la actividad de *Bradyrhizobium* sp. En *L. mutabilis* (chocho) puede ser similar a lo obtenido en *Bradyrhizobium* sp. aislado de *Lupinus ballanus* (lupinu silvestre) que a diferentes fuentes de fósforo en medio líquido in vitro pH 5.5 solubiliza fósforo en el orden de roca fosfórica > superfosfato triple > fosfatodiamónico (Agüero-Aguilar, 2016).

Al incrementar las dosis de fósforo se obtuvo un efecto positivo en el rendimiento de grano y el aporte de la actividad biológica del suelo principalmente de los rizobios. Aun en suelos con pH 3.9 a 4.7 fue importante la fijación biológica de nitrógeno al incrementarse el número de nódulos por planta y la solubilización de fósforo en la rizósfera. Esta dinámica podría explicar una de las razones por lo cual la planta lograría almacenar más fotosintatos esenciales en el grano al ser altamente extractivo en fósforo, estas investigaciones se deben continuar (Tabla 1).

Una buena estrategia podría ser fertilizar con fósforo en beneficio de la disponibilidad de este nutriente para la “activación” de rizobios nativos e incrementar la nodulación o inocular cepas nativas, coincidiendo con Jacobsen y Mujica (2006) que indican en suelos ácidos limitan la actividad de fijación de nitrógeno para el rizobio y se debe inocular cepas nativas. Al igual que Nápoles *et al.*, (2009) cuando inoculan *Bradyrhizobium japonicum* en suelos que no contienen población naturalizada de rizobios específicos para soya lograron rendimientos desde 500 hasta 3000 kg.ha⁻¹.

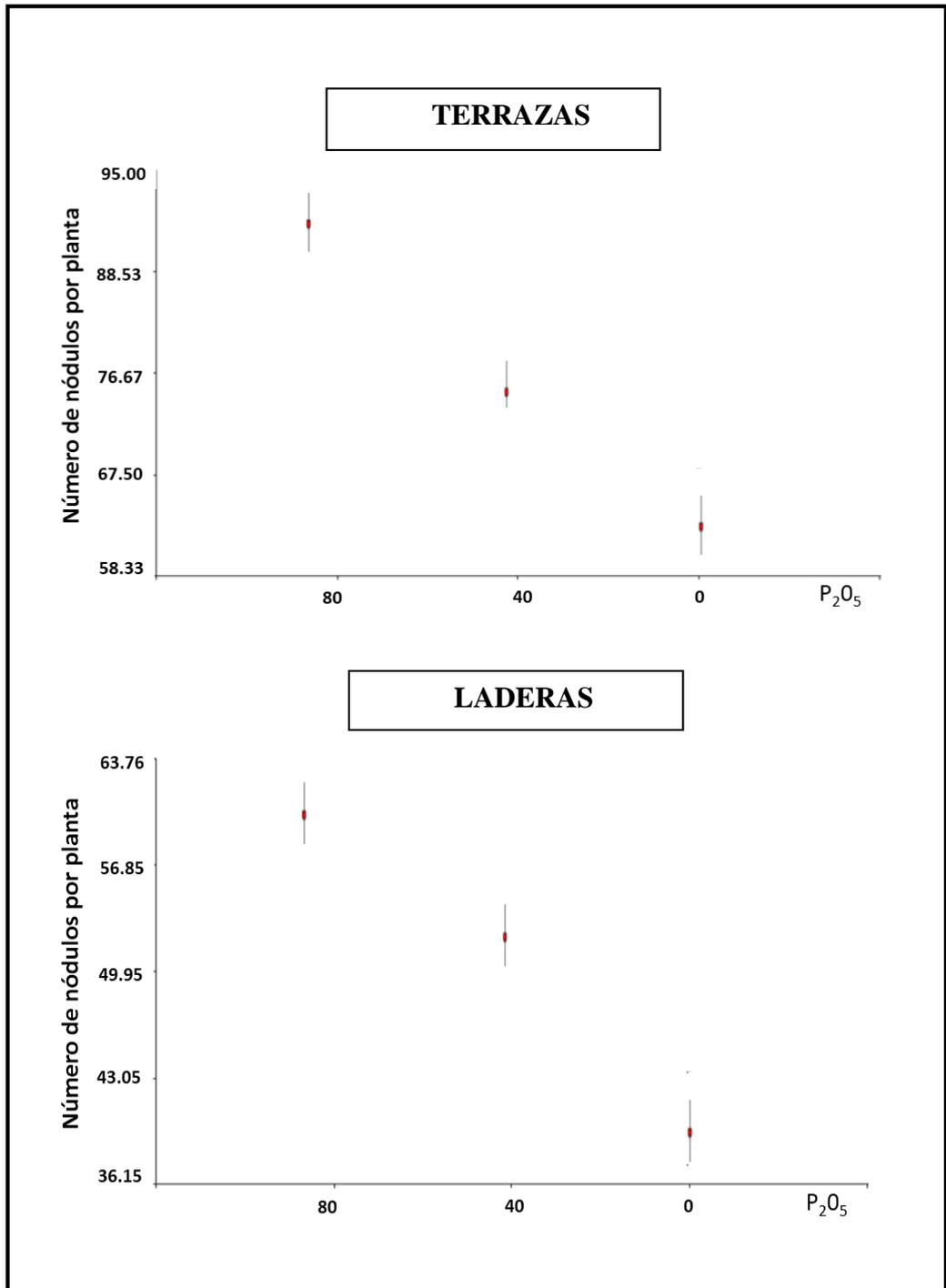


Figura 12: Efecto de las dosis de fertilización con fósforo en el incremento del número de nódulos por planta de chocho cultivado en terrazas y laderas.

6.3 RELACIÓN ENTRE ÁREAS CULTIVADAS DE CHOCHO Y LAS CONDICIONES AGRONÓMICAS DEL SUELO ESCOGIDO POR EL AGRICULTOR.

Según los análisis de suelos algunas características fisicoquímicas eran diferentes de acuerdo al sistema de producción, siendo textura franco y franco arcilloso en terrazas; así como franco y franco arenoso en laderas (Tabla 7). La materia orgánica en terrazas varió de 1.77% a 4.13% (ligeramente bajo a medio) y en laderas de 3.39% a 5.90 % (medio a alto); baja relación catiónica en Ca/K y Mg/K para laderas, siendo mejores en Ca/Mg y Mg/K para terrazas. Los resultados similares para ambos sistemas fueron: pH <5.5 (fuertemente ácido), conductividad eléctrica < 2 dS/m (muy bajo), P ppm de 31.5 a 78.60 (alto) y K ppm de 284 a 1597 (alto), capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 17.0 a 34.80 meq/100 g (alto), porcentaje de saturación de bases de 11% a 47% (muy bajo) y Al/H sin problemas de toxicidad.

Estos resultados indican que la acidez extrema del suelo limita la distribución y disponibilidad de los nutrientes, lo que influye principalmente en la fijación del fósforo, (aunque es alto con el método Olsen de laboratorio). Los valores medio a alto en materia orgánica corresponde al efecto de las prácticas de descanso, majadeo y rotación, dentro de sus sistemas de producción; así mismo, el agricultor se identifica con la generación de la biomasa de este cultivo y su aporte de nutrientes al suelo. Se coincide con Pamboza-Tamaquiza *et al.*,(2016) quienes al analizar los nutrientes del suelo antes y después de incorporar biomasa de chocho obtienen un incremento de la materia orgánica en 490%, el nitrógeno en 500% y el fósforo en 200%.

También Julca-Otiniano *et al.*, (2006) mencionan que diferentes usos de materias orgánicas en manejo agrícola y agroforestal aportan la mayor disponibilidad de nutrientes para el cultivo. Los valores medio a alto de materia orgánica de los sistemas de producción en el ensayo es favorable para la dinámica microbiana del suelo en beneficio del chocho. Entonces se pueden manifestar y poner visible que poblaciones microbianas solubilizan formas no disponibles de fósforo inorgánico. Esta dinámica se estimula a partir del fósforo orgánico donde la liberación de nutrientes asimilables para las plantas es consecuencia debido a la excreción de ácidos orgánicos o enzimas hidrolíticas a nivel de rizósfera (Malavolta, 1989; Marschner, 1997; Silvera *et al.*, 2010).

Los rizobios también solubilizan fósforo principalmente en leguminosas proteoides (Amarger, 2001; Lambers *et al.*, 2006). Así con estas menciones se explica que los “suelos pobres” en lo cual acostumbra sembrar chocho el agricultor de La Encañada, por estas actividades microbianas se coincide con Malpica (1981) quien manifiesta que el cultivo de tarwi tiene la propiedad de adaptarse muy bien a distintos tipos de suelos como las laderas.

6.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CHOCHO EN CONDICIONES DE SIERRA EN CAJAMARCA (DISTRITO LA ENCAÑADA).

Los sistemas de producción de chocho para La Encañada tuvieron mayores rendimientos en las terrazas, así mismo Tapia (2013) considera tener un adecuado manejo de los suelos de estas zonas agroecologías homogéneas para evaluar el potencial de productividad. La mayor área de cultivo del ensayo fue en el caserío de Usnio (37%), seguido de La Victoria (27%), La Torre (18%), Chagmapampa (9%) y Magmamayo (9%) (Figura 13). Las áreas del cultivo de chocho eran menores respecto a otros cultivos como papa principalmente.

De acuerdo a las encuestas el 100% sembró chocho para autoconsumo. El 63.6% de los encuestados vendieron uno a dos arrobas de grano en la cosecha anterior y principalmente a los lugareños para consumo en los carnavales o como semillas para siembra en pequeñas parcelas o bordes (Figura 14). Este resultado corrobora a CODE (1998) al reportar que el chocho es un cultivo de laderas y de subsistencia como autoconsumo y ocasionalmente de venta por lo que sus áreas de producción son menores. Sin embargo, esta cifra de producción en la zona puede haberse incrementado dado que existen actualmente experiencias como parte de la seguridad alimentaria (MINAGRI, 2016; Suca, G y Suca, C, 2015).

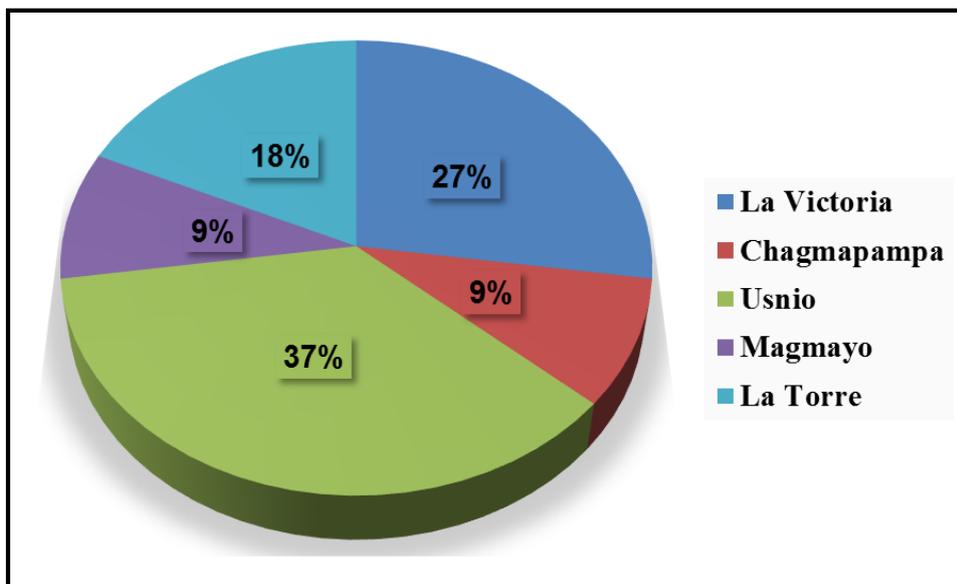


Figura 13: Ubicación de los campos experimentales del cultivo de chocho expresados en porcentaje. Anexos de La Encañada (1998).

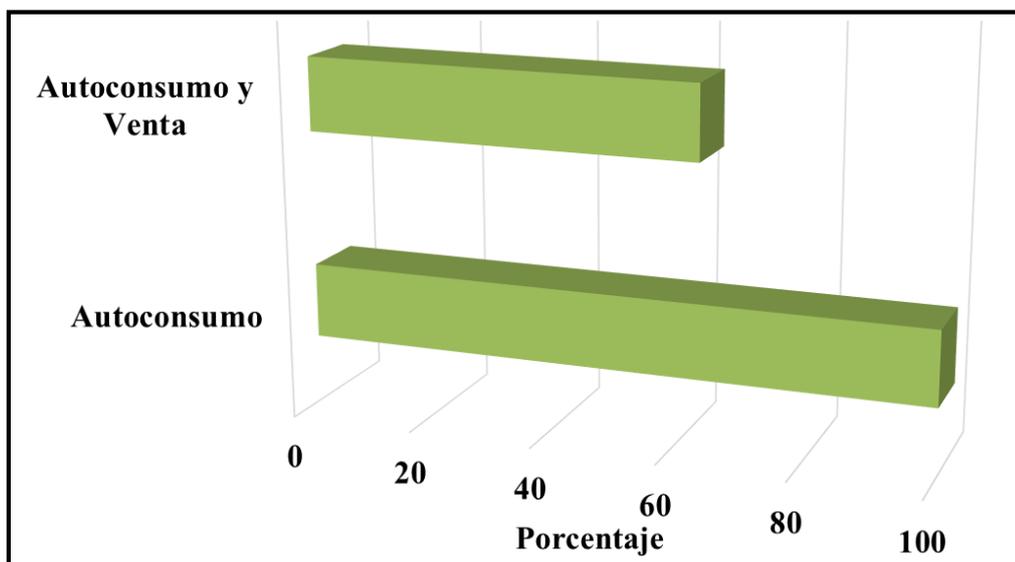


Figura 14: ¿Por qué cultiva chocho? Encuesta al agricultor comprometido con el ensayo.

Manejo del campo

Según la Figura 15 se observa que los agricultores si identifican el suelo a usar para el cultivo de chocho, el 45.5% califican a sus parcelas de buen rendimiento refiriéndose a un suelo productivo para otros cultivos. Por rotación en su programa el agricultor siembra chocho considerando que solo con los remanentes de nutrientes en el suelo del cultivo anterior es suficiente para su crecimiento y desarrollo. También explicaron que la cobertura vegetal o “caídas de hojas” del chocho “*nutre al suelo*” y las raíces profundas y duras “*sueltan el suelo*”. El 36.4% consideraba su parcela de bajo rendimiento, así como el 18.2% pobre; en ambos casos “*solo es bueno para el cultivo de chocho*” según el agricultor.

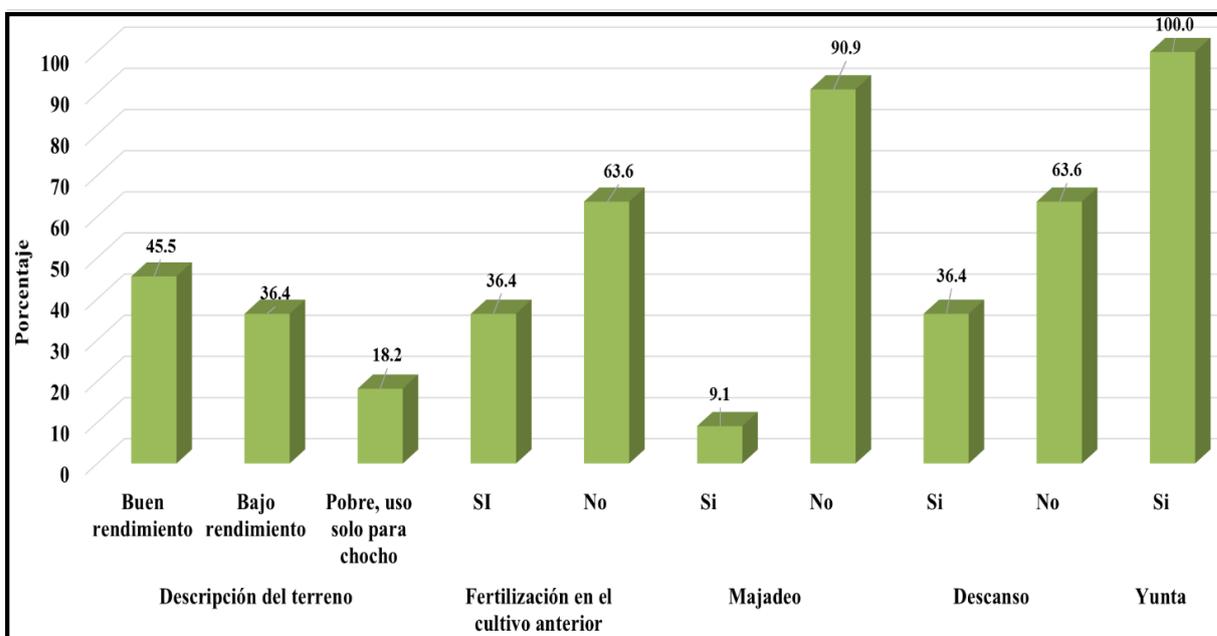


Figura 15: Porcentaje de encuestados y el manejo del campo de chocho. Encuesta aplicada campaña 1998.

Se registró que el 63.6% no aplicaban fertilizantes para sus cultivos y el 36.4% si fertilizó principalmente para el cultivo de papa anterior, pero no para chocho (Anexo 5, 6 y 7). Esto se explica porque en la zona existían proyectos de investigación en el cultivo de papa y programas de manejo acompañados por extensionistas (CIP, 1995; Osman, 1999). El 9.1% de los encuestados antes de la siembra de chocho practicó la labor conservacionista del majadeo que consiste en rotar un pequeño corral de ovinos o vacunos, cuyas deposiciones se descomponen y se incorporan como materia orgánica que aporta beneficios al suelo. Se

han demostrado con esta práctica el incremento del rendimiento en papa (Bernet y Tapia, 1999; CODE, 1998), sin embargo muchos de ellos no lo realizaban. Todos usaron yunta para la preparación del terreno, esta actividad es habitual para labores de siembra, a la vez 36.4% indicaron que sus suelos eran “eriazos” o estaban en descanso.

Semillas

En la Figura 16 se observa que el 54.5% usaron semilla propia (principalmente la variedad blanco local), que sigue una ruta de comercialización en ferias, lo cual es un espacio para estimular a los campesinos como “criadores de semillas” (ANEXO 5 y 6). Esta actividad es realizada principalmente por mujeres; así en las ferias, el chocho está presente en solo 1.90% respecto al resto de semillas (Figura 5) (CIP, 1995; Tapia, 2001; 2005) lo cual concuerda con las encuestas aplicadas pues solo venden una a dos arrobas de sus cosechas.

También según la Figura 16, el 82% no seleccionaban las semillas principalmente por razones de costumbre, 11% pensaban que no era necesario. Esta labor importante de seleccionar semillas repercute en el manejo del campo para la producción, dado que se encontraron semillas de mala calidad con el característico “chupado” (antracnosis) tal como lo mencionaba el agricultor. Así al momento de la siembra usaban en algunos casos más cantidades de semillas “para asegurarse”; sin embargo, durante el crecimiento y desarrollo del cultivo el vigor de la planta no era el adecuado observándose mayor presencia de plagas en estos campos (ANEXO 4.5). Finalmente se optaban por perder el cultivo al no manejar algún control de estas plagas y enfermedades.

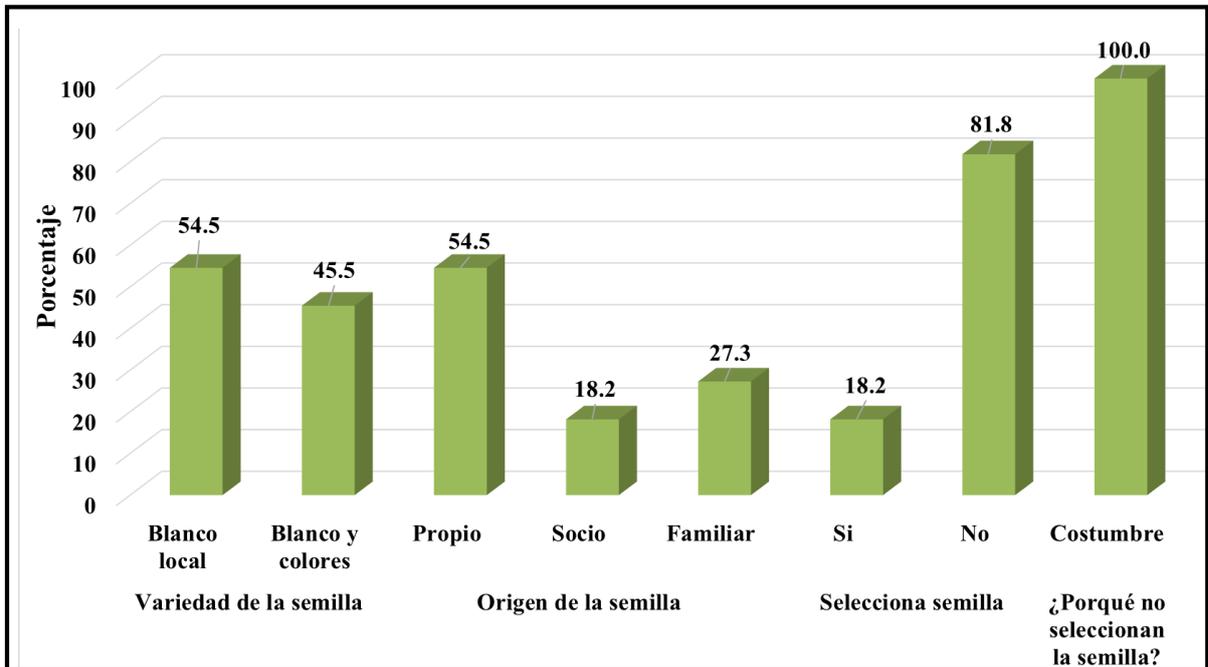


Figura 16: Porcentaje de encuestados y el manejo de semilla antes de la siembra.

Rotación y efecto de fertilización, según campos de agricultores

En el manejo de rotación de cultivos se observa que el 36.4% de los agricultores antes del cultivo de chocho tenían parcelas en descanso o eriazo y posteriormente el 63.6% de ellos que sembraron chocho lo dejarían en descanso (Anexo 5, 6 y 7, Figura 17).

De acuerdo a las rotaciones los efectos de la fertilización con fósforo en el rendimiento de grano durante el ensayo fueron variables, siendo mayor en las terrazas. El sistema de producción en La Encañada evidencia que el chocho se incluye principalmente al final del plan de rotación. El agricultor por experiencia indica que la fertilidad del suelo disminuye luego de haber cultivado chocho y no requiere de buenos suelos sembrándolo en los suelos eriazos, barbecho y descanso (que dura entre tres y cuatro años) lo cual corrobora a Osman (1999) (Tabla 3).

Las decisiones de los agricultores para la rotación chocho -papa y chocho- centeno (cada uno 27.3%, Figura 17) fue según las costumbres o experiencias aprendidas. Investigaciones demuestran en el plan de rotación de la papa al reemplazar el descanso por siembra de chocho mejora la fertilidad de los suelos y disminuye las poblaciones del nematodo de la papa; también como antecesor incrementa el rendimiento de trigo, en rotaciones chocho-papa-quinua elevó del 35 al 74% respecto al sin cultivo previo del chocho y en chocho-cebada

incremento 22% el rendimiento respecto barbecho-cebada (Von Baer, 1980; Villarroel y Augstburger, 1986; Franco, 1991; Canahua y Román, 2016). Estas experiencias en campo confirman el beneficio del chocho en elevar la productividad de los suelos aun en condiciones adversas. Entonces se puede indicar que existe una dinámica de nutrición estratégica a nivel de los rizobios, los cuales fijan el nitrógeno y solubilizan el fósforo, enriqueciendo el suelo para el siguiente cultivo, aun es motivo de investigación.

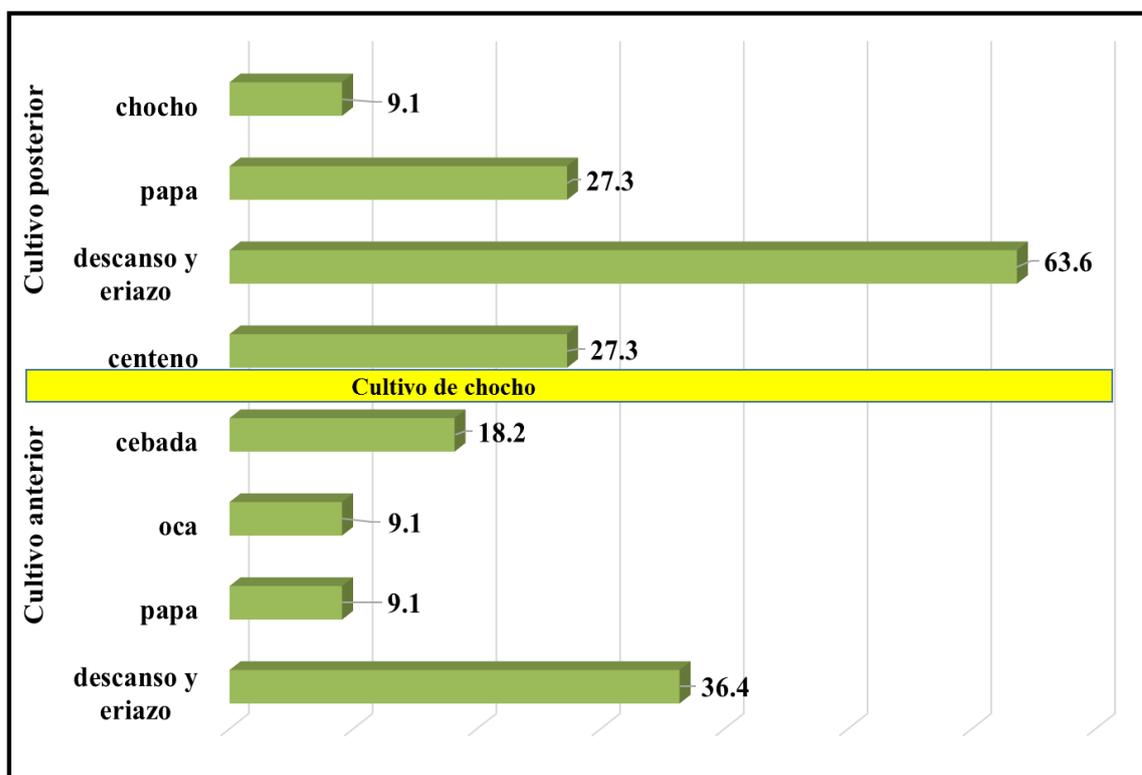


Figura 17: Porcentaje de cultivos sembrados en la rotación antes y después de chocho.

En el plan de rotación papa – chocho se puede observar que 36.4% fueron campos fertilizados para papa (Figura 15) y los efectos residuales e interacción con la dosis de fósforo aplicada sí podrían beneficiar al rendimiento de chocho tal como se observa para el campo 1 (ANEXO 2) siendo en este campo el de mayor rendimiento de granos 1.78 t.ha^{-1} para el testigo (efectos residuales) y de 2.90 t.ha^{-1} (efecto residual y dosis de $80 \text{ P}_2\text{O}_5$), coincidiendo con Franco (1991) al registrar mayores alturas y desarrollo foliar en las plantas como efecto de la fertilización y podrían contener más vainas por planta, incrementándose el rendimiento.

Uso de la planta

En la Figura 18 se observa que el 81.8% de los agricultores consumía los granos como mote y 18.2% también a la vez lo procesaban para obtener harinas y preparar algún producto (pan y queque principalmente). El 45.5% usaban el caldo del hervido de los granos para el baño de sus ovejas o ganado cuando presentaban algún parasito (garrapatas y piojos), 100% aprovechaban toda la planta del chocho: tallos, raíces y granos; así mismo, las hojas secas se quedaban en el campo incorporándose como biomasa.

El alto porcentaje de agricultores que transforma el grano a mote es similar en el ámbito de la zonas de su cultivo en el Perú, al igual en Bolivia, Ecuador, sin embargo hay avances en la obtención de harinas y fortificar la alimentación de gestantes y niños principalmente (PADER - COSUDE, 2003?; Castañeda *et al.*, 2008; Suca, G y Suca, C. 2015; Camarena *et al.*, 2009; Canahua y Román, 2016). El cultivo de chocho es muy eficiente, aporta nutrientes en la mejora de calidad del suelo, acompaña al agricultor, brinda uso total de la planta, y se debe desarrollar planes de manejo del cultivo para su revalorización.

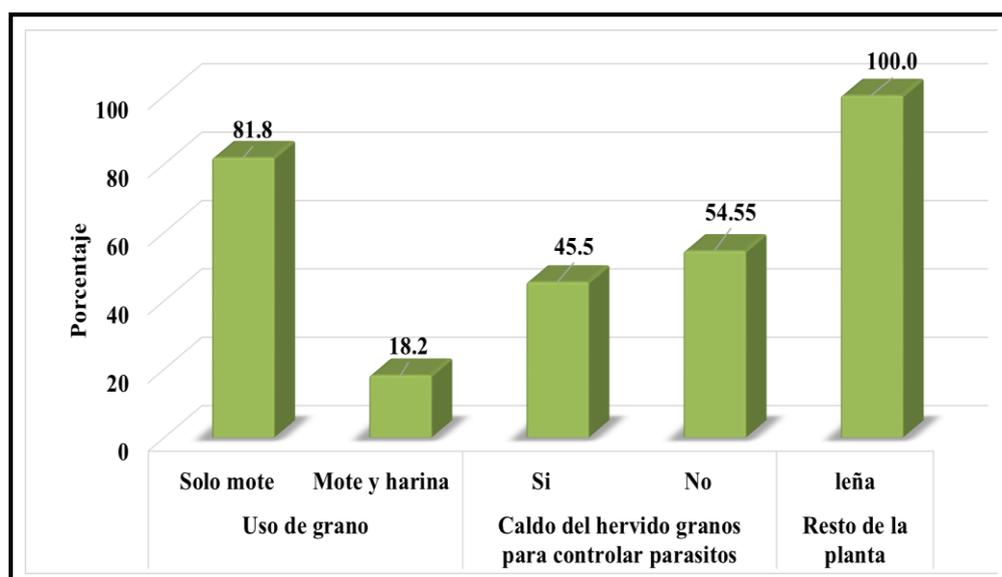


Figura 18: Porcentaje de uso del chocho por los agricultores del ensayo en el distrito de La Encañada.

6.5 RENTABILIDAD ECONÓMICA DEL CULTIVO.

En la Tabla 11 se muestra la planificación de la producción del cultivo. La preparación del terreno cuyo riego es de secano se inició en diciembre anticipando la llegada de lluvias. En el manejo del cultivo se refleja lo mencionado anteriormente por el agricultor local: “*es un cultivo que no requiere de buenos suelos*”. No hay selección de semillas, ni uso adecuado de cantidades por hectárea, sin labores culturales como tapado de semillas, aporque, control de plagas y enfermedades y un manejo adecuado de postcosecha. El trabajo en chacra era de baja tecnología. La mano de obra en siembra y cosecha fue familiar, desde niños a ancianos. Con los datos obtenidos de las encuestas (ANEXO 5, 6 y 7), se monetizaron algunos costos (ANEXO 10). Se procesó la información y analizó la rentabilidad del cultivo con el manejo de producción tradicional y a la aplicación de fertilización con fósforo.

Tabla 11: Planificación del cultivo de chocho en el distrito La Encañada. Diciembre 1997 a noviembre de 1998 y la aplicación de fósforo* (■)

ACTIVIDAD	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov
Elección del terreno	■											
Muestreo y análisis de suelos		■										
Preparación de terreno												
-Desterroneo y yunta	■	■										
Siembra												
-Siembra al voleo		■										
-Abonamiento*		■										
-Tapado de semilla												
Labores Culturales												
- 1° Deshierbo												
- 2° Deshierbo												
- Control fitosanitario												
- Aporque												
Cosecha												
-Arranque de planta/ corte de vainas										■	■	
-Cargar a la era										■	■	
-Trilla venteo										■	■	
-Ensayado												
Postcosecha												
- Procesamiento, selección de semillas												
- Almacenamiento										■	■	
- Comercialización y distribución			■									■

En la Tabla 12 se expone las unidades de producción de cada campo experimental y el costo económico anual de la producción del cultivo de chocho (\$ / ha) comparados con y sin aplicación de fósforo. Los campos de agricultores son denominados: C1, C3, C4, C5, C6, C8 y C11. Se interrelaciona la información de los ANEXOS 2, 3, 5 y 6 con la rentabilidad económica a la aplicación de fósforo de 0, 40 y 80 P₂O₅. La unidad experimental de 100 m² y sus rendimientos se proyecta en t.ha⁻¹. Se identifican los costos de producción directos (CD) e indirectos (CI) (16% CD, referencial *), costo total de la producción (CT) = CD + CI, ingresos total (IT) = Rendimiento x precio de kilogramo de grano, índice neto de la rentabilidad, BENEFICIO / COSTO = B/C. Según los rendimientos del cultivo con las dosis de 40 y 80 P₂O₅, los análisis económicos deben ser B/C > 1 aceptable como proyecto a ejecutar, si B/C < 1, no se acepta. A mayor valor entonces significa mejor rentabilidad.

De los once campos seleccionados se perdieron cuatro debido al ataque de plagas, enfermedades o cosechas adelantadas por el agricultor. Los rendimientos se incrementaron con la incorporación de dosis de fósforo al igual que los costos directos como el número de jornales en la cosecha (trilla y venteo). El costo de la yunta y semilla fue el mismo para las diferentes aplicaciones del fertilizante.

La fertilización con fósforo si presenta una rentabilidad económica (algunos casos >\$1000/ha). En la Figura 18 se observa que la relación B/C se incrementa en C1, C4, C5 y C8; por ejemplo, C1: 4.2 > 3.8 > 3.4 (0, 40 y 80 P₂O₅, respectivamente). En el caso de C3: 1.4 > 2.9 > 1.6, solo mejora con la dosis de 40 P₂O₅

En C6 el índice de rentabilidad nos indica que la fertilización no genera incrementos económicos a pesar de tener el mayor índice de cosecha (38% para la parcela con 80 P₂O₅) y los rendimientos fueron 0.79, 0.62 y 0.97 t.ha⁻¹ con 0, 40 y 80 P₂O₅ respectivamente (Anexo 2). Estos resultados en particular demuestran para este campo que el buen manejo del suelo, puede responder a los rendimientos esperados, sin necesidad de incorporar fosforo. Esto se corrobora con Rivadeneira y Peralta (2001) quien al realizar el análisis de presupuesto parcial de los costos de producción de chocho determina que la aplicación de 30 P₂O₅ .ha⁻¹ es el tratamiento más rentable.

*http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/COSTO%20Chocho%20o%20Tarwi_2013_JULCAN_0.xls

Tabla 12: Análisis económico anual de la producción del cultivo de chocho (\$./ ha) en el distrito La Encañada, comparados con y sin aplicación de fósforo en cada campo experimental. (\$ = S/. 3.47, diciembre 1998)

Niveles de P ₂ O ₅	Campos	Rendimiento	Costos directos (unidades)						Total de costos directos **	Total de costos indirectos	Costo total de producción	Ingresos	Indice neto de rentabilidad
			Insumos		Mano de obra								
			Semillas	Fertilizante	Preparación de terreno		Siembra y abonamiento*	Cosecha					
					Desterroneo	Yunta							
t/ha	kg	Saco de 50 kg	Jornal			\$ / ha							
0	C1	1.78	45	0	2	2.00	2.00	6.00	244.2	83.0	327.2	1118.3	3.4
	C3	0.75	54	0	2	2.00	2.00	5.00	244.16	83.02	327.2	471.18	1.4
	C4	0.96	88	0	1	2.00	2.00	5.00	262.03	89.09	351.1	603.11	1.7
	C5	0.59	65	0	1	2.00	2.00	4.00	245.32	83.41	328.7	370.66	1.1
	C6	0.80	38	0	1	2.00	2.00	5.00	233.21	79.29	312.5	502.59	1.6
	C8	1.97	31	0	1	2.00	2.00	6.00	232.64	79.10	311.7	609.39	2.0
	C11	0.04	92	0	1	2.00	2.00	1.00	253.96	86.35	340.3	25.13	0.1
40	C1	2.31	45	1.74	2	2.00	3.00	7.50	282.9	96.2	379.1	1451.2	3.8
	C3	1.70	54	1.74	2	2.00	3.00	5.00	279.44	95.01	374.4	1068.01	2.9
	C4	1.91	88	1.74	1	2.00	3.00	7.00	302.49	102.85	405.3	1199.94	3.0
	C5	0.79	65	1.74	1	2.00	3.00	4.50	280.59	95.40	376.0	496.31	1.3
	C6	0.62	38	1.74	1	2.00	3.00	4.50	265.03	90.11	355.1	389.51	1.1
	C8	1.39	31	1.74	1	2.00	3.00	5.50	264.45	89.91	354.4	873.26	2.5
	C11	0.06	92	1.74	1	2.00	3.00	1.00	284.05	96.58	380.6	37.69	0.1
80	C1	2.90	45	3.48	2	2.00	3.00	10.00	321.6	109.4	431.0	1821.9	4.2
	C3	1.07	54	3.48	2	2.00	3.00	8.00	319.90	108.77	428.7	672.22	1.6
	C4	2.25	88	3.48	1	2.00	3.00	7.00	332.58	113.08	445.7	1413.54	3.2
	C5	1.39	65	3.48	1	2.00	3.00	5.50	314.14	106.81	420.9	873.26	2.1
	C6	0.97	38	3.48	1	2.00	3.00	5.00	296.84	100.93	397.8	609.39	1.5
	C8	1.96	31	3.48	1	2.00	3.00	7.00	299.73	101.91	401.6	1231.35	3.1
	C11	0.19	92	3.48	1	2.00	3.00	1.50	315.00	107.10	422.1	119.37	0.3

* jornal de abonamiento para las dosis 40 y 80, ** En el total de los costos directos se incluye \$ 175/ha como valor de alquiler de terreno tomado de Bernet y Tapia (1999)

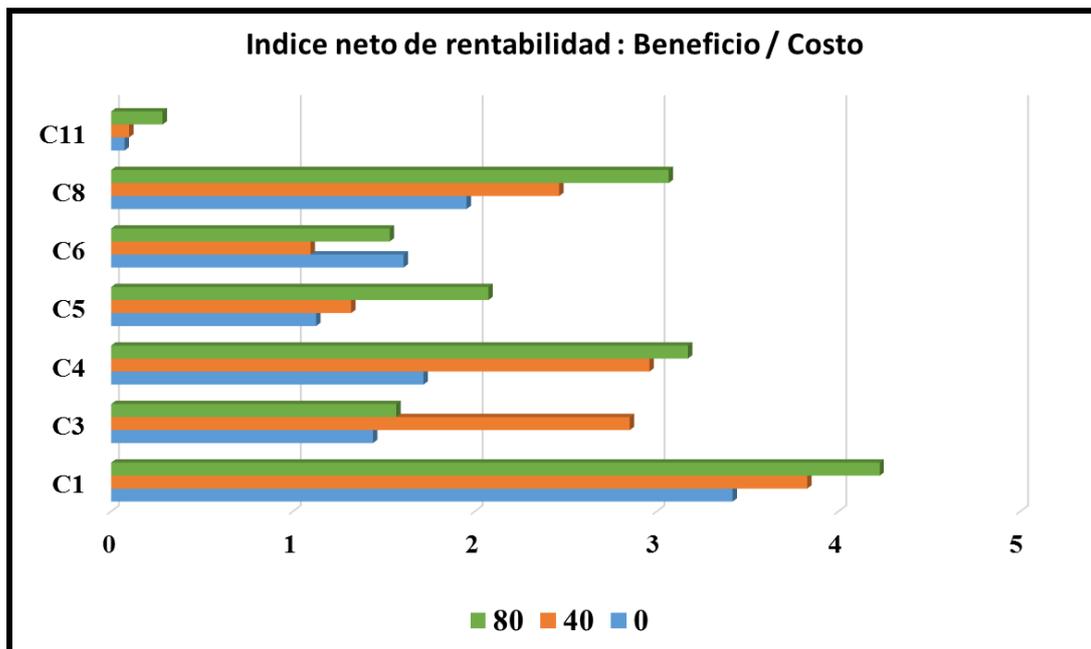


Figura 19: Relación B/C comparados con niveles de 0, 40 y 80 P₂O₅ por parcela del ensayo en el distrito de La Encañada.

En C11 todas las la parcela tienen un valor B/C <1 y se rechaza la aplicación de fósforo y no fue rentable haber cultivado chocho. Esto se explica dado que este campo presentaba un nivel bajo de manejo del cultivo, el agricultor uso semillas de mala calidad y en mayor cantidad (92 kg.ha-1), lo cual según las encuestas aplicadas no acostumbra seleccionar semillas para la siembra y por tanto al usar la mayor cantidad aseguraba el establecimiento del cultivo. Estas semillas tendrían el característico hongo *Colletotrichum lupini* lo cual al crecer la planta ya tendría perdida de vigor y estaría susceptibles a plagas y enfermedades influyendo en el rendimiento. Los suelos de este campo presentaban fertilidad óptima como porcentaje de materia orgánica, entre otros (ver Tabla 7) y se espera tener resultados óptimos si se fertilizaba como los otros ensayos.

Las características fisicoquímicas los suelos con nivel medio a alto de materia orgánica se relaciona con lo observado en el manejo conservacionista de cada agricultor: suelos en descanso, majadeo, rotación con avena –trigo; estas labores enriquecieron los suelos en sus componentes fisicoquímicos y biológicos; por tanto, hay una buena respuesta de rendimiento del chocho en estas parcelas sin fertilizar.

Los parámetros biológicos del cultivo cuya biomasa era mayor al incrementarse la dosis de fertilización tendrían mayor retorno de carbono al suelo y con el incremento de nódulos un mayor enriquecimiento de nitrógeno y disponibilidad de fósforo. También el

uso de los tallos como leña fue un valor no cuantificado en la economía familiar. Este conjunto de componentes “extras” podrían significar un valor económico adicional para obtener más beneficios no visibles en estos indicadores económicos.

Se coincide en estas premisas con investigaciones de valoración económica de suelos, donde por ejemplo se ponen en valor la polinización, barreras biológicas de plagas, disminución de erosión, paisaje, existiendo escasa información económica de la dinámica que adquieren los suelos y su potencial una vez puestos en producción, así como el deterioro (Galarza y Gómez, 2005; Silva y Correa, 2010; Wilson, 2008)

Cabe señalar que en la cosmovisión del agricultor la siembra de chocho es costumbre local solo para autoconsumo y obtener granos para los carnavales, de ahí su siembra no tendría un mayor impacto en el interés de analizar la rentabilidad económica (Figura 20). Bernet y Tapia (1999) también mencionan que en estas áreas agroecológicas de La Encañada, los cultivos de importancia son papa y oca; para abastecer al ganado principalmente forrajes, siendo la actividad principalmente la ganadería, además las chacras principalmente son menores a tres hectáreas.

La atención del cultivo o búsqueda del grano era en tiempo de siembra (diciembre a enero) y en febrero a vísperas de carnavales. En las ferias agropecuarias dominicales el productor vendía una a dos arrobas de chocho de su cosecha, el resto lo guardaba para autoconsumo y semillas. El dinero obtenido de esta venta lo invertía en comprar abarrotes para su canasta familiar, principalmente aceite, “atunes” y fideos (entrevista personal). También Bernet y Tapia (1999) indican que los ingresos son muy bajos y llegan a \$120 promedio hectárea al año (1998, fecha del estudio) y la capitalización de las campos de cultivo es mínima, principalmente se daba en áreas mayores a cinco hectáreas.

Finalmente de acuerdo a los rendimientos del cultivo los mejores resultados se dan en las condiciones de terrazas y con la dosis de 80 P₂O₅ coincidiendo con el índice de rentabilidad económica neta.

No es claro aún como se podría alcanzar los valores adecuados de la rentabilidad, existen limitaciones y se pueden mencionar:

- Pocas parcelas para cultivos de chocho a diferencia de papa y cebada avena.

- Mal manejo de semillas, afecta en la fisiología del cultivo, rendimiento y riesgo en la rentabilidad económica.
- El interés de cultivo es principalmente para mote, aun no hay transferencia de tecnología en la mejora de la eliminación del alcaloide y transformación de granos (harinas, aceites, entre otros)
- Falta de manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo.
- Falta de comunicación entre los agricultores y las organizaciones cuyos trabajos en conjunto podría asesorarse técnicamente y lograr el éxito de un buen manejo de cultivo.

El cultivo en estos últimos años ha presentado un crecimiento según MINAGRI (2016) que reporta el incremento de la producción con tendencias en Cuzco y Ayacucho (este último con menor producción en el tiempo); sin embargo, Puno, Cajamarca y Ancash conocidos como mayores productores, muestran disminución o estancamiento (Figura 8). A pesar que este estudio se realizó en 1998 cabe mencionar que aun coincide con muchos actores en la línea de investigación y empresas, lo cual según Alva *et al.* (2013) dentro de los planes estratégicos serian tecnificar el cultivo para su adecuado rendimiento, tener agricultores capacitados, población con más hábito de consumo, crear diferentes canales de comercialización y desarrollo de líneas de productos con valor agregado distintos y a largo plazo. Se espera alcanzar un rendimiento promedio de 2.50 t.ha⁻¹ .con miras a exportación (ANEXO 11).

En los últimos cinco años hay una gran diferencia con países como Ecuador, Chile y Bolivia⁶ que si tienen la visión de la importancia económica del cultivo y se han implementado cambios para el beneficio del agricultor y hay investigadores muy reconocidos que lideran estos proyectos.

Se esperaría tener la integración agricultor de chocho y el buen manejo de la calidad de suelo para empoderar al cultivo por todos los beneficios que presenta.

⁶Solaris, A. <http://www.lostiempos.com/oh/actualidad/20161024/tarwi-puede-ganarle-soya>

Sistema de Cultivo de *Lupinus mutabilis* Sweet "chocho" La Encañada- Cajamarca

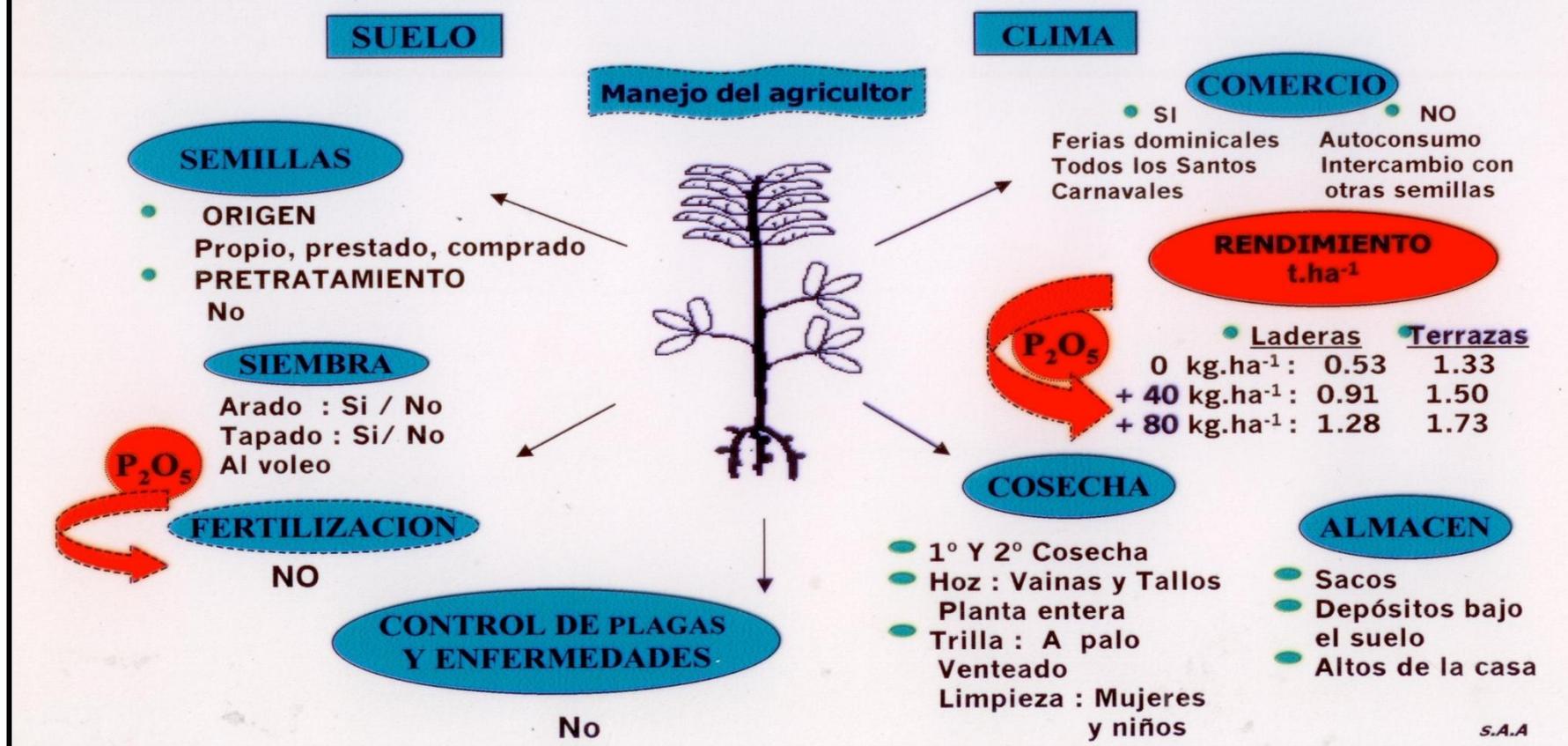


Figura 20: Flujo del sistema de producción de *L. mutabilis* Sweet "chocho" en el distrito de La Encañada, en base al ensayo experimental. Provincia y Departamento de Cajamarca (1998).

VII. CONCLUSIONES

- El sistema de producción de chocho en el distrito de La Encañada respondió positivamente a la fertilización fosfatada en laderas y terrazas, resaltando la mayor eficiencia en laderas.
- En terrazas sólo el número de granos por vaina, tamaño y número de nódulos presentaron diferencias significativas a la fertilización fosfatada.
- En laderas hubieron diferencias significativas en el número de vainas por planta, longitud de vaina, número de granos por vaina, peso de granos por planta y peso de 250 granos al incrementarse las dosis T1 y T2 (40 y 80 P₂O₅).
- El tratamiento T0 en terrazas fue 149 % mayor respecto al mismo tratamiento en laderas y con las aplicaciones de fósforo los incrementos fueron directamente proporcional en laderas.
- Aunque los suelos de La Encañada son ácidos, con niveles de medio a alto de materia orgánica, P ppm de 31.5 a 78.60 considerado alto, las fertilizaciones de 40 y 80 P₂O₅ tuvieron un efecto positivo en la biomasa radicular obteniéndose mayor número y tamaño de nódulos que se relacionan con el incremento del rendimiento de granos en terrazas y laderas.
- Las encuestas sobre el manejo del cultivo indican que el chocho es un cultivo de autoconsumo, no hay selección de semillas, ni control de plagas o enfermedades; sin embargo, se logra un manejo adecuado en la rotación, donde 36.4% agricultores siembran chocho en suelos de descanso o barbecho.
- La rentabilidad económica es importante al incrementarse la dosis de fertilización con 40 y 80 P₂O₅ obteniéndose una relación beneficio – costo con valores de 1 a 4.
- La fertilización fosfatada a los suelos puede incluirse en los planes de fertilización en laderas bajo los principios de cuánto, cómo y cuándo, para mejorar la calidad de grano, economía del agricultor y seguridad alimentaria.

VIII. RECOMENDACIONES

- Lograr un compromiso del agricultor en el apoyo y éxito de los ensayos del cultivo para un buen manejo de datos.
- Realizar los análisis microbiológicos de actividad microbiana en la rizosfera, eficiencia de la nodulación, fijadores de nitrógeno y solubilizadores de fósforo.
- Elaborar una base de datos sobre la rotación de cultivo y relacionar los porcentajes de suelos en descanso y productividad de los cultivos luego de la siembra de chocho.
- Desarrollar encuestas económicas y ruta de comercialización del chocho.
- Repetir ensayos con abonamiento de fuentes de fósforo y relacionarlos con la necesidad de fertilizar de acuerdo a los análisis de suelos.
- Integrar estrategias de capacitación al agricultor sobre la importancia de la selección de semillas antes de la siembra y su conservación luego de la cosecha.
- Desarrollar investigaciones en la valoración económica del aporte del chocho en la fertilidad del suelo y en la seguridad alimentaria.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agüero- Aguilar, S. 2016. Actividad microbiológica de solubilizadores de fósforo del suelo en la asociación *Lupinus ass ballianus* c.p Smith “jera” y *Vulpia megalura* (Nutt.) Rydb en alrededores de la Laguna de Parinacochas. Ayacucho XX. Congreso Nacional de Biología. 2016. Puno. Perú. Libro de resúmenes. Biblioteca Nacional. N° 2016 – 14825. Pag. 98.
- 2017. ¿Es importante la interacción micorrizas – *Bradyrhizobium* sp. para la obtención del fósforo en una asociación “pasto – lupino silvestre”? Castañeda, H; Meneses-Florián, R. IX Congreso Latinoamericano de Micología. 2017. Lima. Perú. <http://almyc-peru2017.pe/inicio/> pág. 162.
- Aguilar, L. 2015. Evaluación del rendimiento de grano y capacidad simbiótica de once accesiones de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), bajo condiciones de Otuzco. La Libertad. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 91 p.
- Altieri, 1999. AGROECOLOGIA Bases científicas para una agricultura sustentable. Altieri, M; Hecht, S; Liebman, M; Magdoff, F; Norgaard, R; Sikor, T. Editorial Nordan . 325 p.
- Alva, J; Chicata, A; Delfín, Y; Müller, N; Rojas, Y. 2013. Planeamiento estratégico del tarwi. Tesis Mg. Administración Estratégica de Empresas Lima, Perú. PUCP. Consultado 11 nov. 2016. Disponible http://quinua.pe/wp-content/uploads/2016/09/2_tarwi_de_peru.pdf
- Álvarez, P (2013). Bacterias solubilizadoras de fosforo en suelos calcáreos del valle del Mantaro. Tesis para obtener el grado de Mc. Sc. Suelos. Universidad Nacional Agraria LA Molina. 200 pp.
- Álvarez, J; Castro, J; Valer, W; Príncipe, A. 2011. Aportes al cultivo sostenible del tarwi. Proyecto Fortalecimiento de Competitividad Productiva - Comercial de Productores de tarwi y quinua en Recuay y Bolognesi – Ancash. Fondo Empleo. 98p.
- Amarger, N. 2001. Rhizobia in the field. *Advances in Agronomy*.73:110- 148

- Ardiles R, C. 1997. Efecto de la fertilización fosfatada y el control de *Colletotrichum gloeosporioides* Penz sobre el rendimiento de cuatro cultivares de *Lupinus* spp. (*Lupinus albus*, *Lupinus angustifolius*). Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Austral de Chile. 110 p.
- Arévalo T, I. 2015. Evaluación de la fertilización química y orgánica en chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), variedad INIAP – 451 Guaranguito en dos sistemas de producción en la comunidad de Tagma, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar – Ecuador. Tes. Ing. Agrónomo. Universidad Estatal de Bolívar, 87 pp.
- Barney Duran, VE. 2011. Biodiversidad y ecogeografía del género *Lupinus l.* (leguminosae) en Colombia. Tesis Mg. Sc. Palmira. Colombia. UNC. Consultado 11 Nov. 2016. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/4758/1/31260335.2011.pdf>.
- Bazán, R. 1989. Manual de análisis de suelos. LASPAF. UNALM.
- Becerra, 1994. Inoculación de *Rhizobium lupini* y dosis de fertilización con fosforo. Tes. Ing. Agrónomo. Universidad Nacional del Centro. 110 pp.
- Bernet, T; Tapia, M. 1999. Análisis de los sistemas de producción en la microcuenca de La Encañada: documento base para investigaciones y acciones futuras en la Sierra Norte del Perú. Departamento de Ciencias Sociales. Documento de trabajo 1999-1. Centro Internacional de la Papa (CIP). 65 p.
- Blanco, O. 1978. Investigación en el cultivo de tarwi. Proyecto Lupinus.5: p - .GTZ. Lima.
- Caicedo, C; Peralta, E; Murillo, A; Rivera, M; Pinzón, J. 1998. Guía bibliográfica del chocho o tarhui (*Lupinus mutabilis* Sweet) y otras especies de *Lupinus*. Caicedo, C; Peralta, E; Murillo, A; Rivera, M; Pinzón, J. (comps). Estación Experimental Santa Catalina. FUNDACYT. BID. Proyecto P-BID. 206. Quito. Ecuador. 136 p.
- Caicedo, C; Peralta, E, Rivera, M. 2001. El cultivo de chocho. Caicedo, C; Peralta, E. (comps) Boletín técnico. 103: 1-8. Estación Experimental Santa Catalina. Programa Nacional de Leguminosas. Quito. Ecuador.
- Camarena, F; Huaranga A.; Jiménez J.; Mostacero E. (2009) Revalorización de un cultivo subutilizado chocho o tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). Fondo Edit. CONCYTEC.220 pp.

- Canahua, A; Román, P. 2016. Tarwi. Leguminosa andina de gran potencial. LEISA. Revista de Agroecología. Vol. 32 (2):20-22.
- Castañeda C, B; Manrique, R; Gamarra, F; Muñoz, A; Ramos, F; Lizaraso, F; Martínez, J. 2008. Probiótico elaborado en base a las semillas de *Lupinus mutabilis* Sweet (chocho o tarwi) (en línea). Revista Acta Médica Peruana. 25 (4):210-215. Consultado 22 set. 2016. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1728-59172008000400005&script=sci_arttext.
- Castañeda, L. 1988. “Estudio comparativo de 10 variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) conducidos en dos ambientes de la Sierra Norte y Centro del Perú”. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 90 p.
- Castañeda S, M; Córdova, L; González H, V; Delgado A, A; Santacruz V, A; García de los Santos, G. 2006. Respuestas fisiológicas, rendimiento y calidad de semilla en frijol sometido a estrés hídrico. Interciencia 31 (6): 461-466. Asociación Interciencia Caracas, Venezuela. Consultado 22 oct. 2016. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1728-9172008000400005&script=sci_arttext.
- Cerrate, A; Camarena, F. 1981. Agronomía, mejoramiento genético, semillas e informe de avance de investigación en tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). Lima. Perú. UNALM. 114 p.
- Chipana, G; Trigo, R. 2016. La comercialización del grano de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en el Altiplano Norte de Bolivia (en línea). Revista Apthapi. 2 (1) Acta Médica Peruana. 25 (4). Consultado 22 marzo 2016. Disponible en <http://ucbconocimiento.ucbcba.edu.bo/index.php/RAPT/article/view/1131/1163>
- Chirinos-Arias, M; Jiménez, J; Vilca-Machaca, L. 2015. Análisis de la variabilidad genética entre treinta accesiones de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) usando marcadores moleculares ISSR. Scientia Agropecuaria 6 (1): 17 – 30. Consultado 22 oct. 2016. Disponible en: <https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/viewFile/808/736>

- CIP (Centro Internacional de la Papa). 1995. La Encañada Caminos hacia la Sostenibilidad. Proyecto PIDAE. ASPADERUC, CONDESAN, CIP, FONDO PERU – CANADA.112p.
- CODE (Comité de Desarrollo de Encañada). 1998. Plan distrital de La Encañada. Comité de Desarrollo de La Encañada. ITDG. Lima. 69 p.
- Cowling, W; Buirchell, B; Tapia, M. 1998. Lupin. *Lupinus L.* Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 23, Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.105 p.
- DIA (Dirección de Información Agraria). 2012. Cultivo de chocho o tarwi. Boletín de información estadística agraria. 2012. Puno. PE. – Puno. Disponible en http://www.agropuno.gob.pe/sites/default/files/estadistica/boletines/boletin_leguminosas_2012.pdf
- Díaz Alcántara, CA. 2010. Aislamiento, caracterización y selección de rhizobia autóctonos que nodulan habichuela roja (*Phaseolus vulgaris L.*), en la República Dominicana. Universidad de León Departamento de Ingeniería y Ciencias Agrarias. Instituto de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Biodiversidad. 121 pp.
- DRAA (Dirección General Agraria Ancash). 2013. Costos de producción de los principales cultivos: tecnología media y baja (en línea). Boletín DEIA. Consultado 17 nov.2016. Disponible en <https://agroancash.gob.pe/agro/boletines-estadisticos/>
- Eastwood, R; Hughes, C. 2008. Origins of domestication of *Lupinus mutabilis* in the andes. IN J.A. Palta and J.B. Berger (eds). 2008 ‘Lupins for Health and Wealth’ Proceedings of the 12th International Lupin Conference, Fremantle, Western Australia. International Lupin Association, Canterbury, New Zealand. p. 373 – 379.
- Falconi, C. 2015. Ecuador potencia la producción de chocho, un grano andino con fuerte carga nutricional. <https://andes.info.ec/es/noticias/reportajes/1/ecuador-potencia-produccion-chocho-grano-andino-fuerte-carga-nutricional>
- Fassbender, H.; Bornemisza, E. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José. Costa Rica

- FAO (2007). Cultivos Andinos. El cultivo del tarwi o chocho (http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenid/libro10/cap03_1_3.htm#Top)
- Fernández, M; Rodríguez, H. 2005. El papel de la solubilización de fósforo en los biofertilizantes microbianos. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol. XXXIX (3), pp. 27-34. ICIDCA (Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar). La Habana, Cuba. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120688005>
- Fernández- Pascual, M.; Pueyo, J.; De Felipe, M.; Golvano, P.; Lucas, M. 2007. Singular features of the *Bradyrhizobium-Lupinus* symbiosis. Dynamic soil, Dynamic plant. 1, 1-16.
- Floríndez, A; Solórzano, P; Herquinio, F; Yabar, E. 1982. Lupinus: Proyecto de cultivo, proyecto de utilización. Investigación en el cultivo de tarwi. Proyecto Lupinus.5: p 10-16. GTZ. Lima.
- Floríndez, P. 1991. Manejo de cuencas a partir de la chacra. PRONAMACHS. Cajamarca. 37 p.
- Franco, J. 1991. El tarwi o lupino: su efecto en sistemas de cultivos. Informe Final del Proyecto Cooperativo GTZ-CIP.
- Fuertes, C; Roque, M; Tristán, M. 1998. Flavonoides y alcaloides de *Lupinus ballianus* c.p. Smith con actividad antibacteriana y antifúngica. (en línea). Revista Ciencia e Investigación. 1(2):171-180. Consultado 14 set. de 2017. Disponible en <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/farma/article/view/4409/4484>. UNMSM. Facultad de Farmacia y Bioquímica.
- Galarza R, J. 1995. Efecto de la nutrición mineral sobre la caída de flores de chocho *Lupinus mutabilis* Sweet. Cusubamba, Cotopaxi. Tes. Ing. Agr. Quito. Ecuador, Universidad Central. 104 p.
- Galarza, E y Gómez, R, 2005. Valorización económica de servicios ambientales: el caso de Pachacamac, Lurín Valorización económica de servicios ambientales: el caso de Pachacamac, Lurín. Lima: Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico, 2005. (Documento de Trabajo; 68)
- Gibson, K; Kobayashi, H; Walker, G. 2008. Molecular determinants of a symbiotic chronic infection. (en línea). Ann Rev. Gen 42: 413-441. Consultado 14 set de 2017. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2770587/>

- Gonzales-Sama, A; Coba de la Peña, T; Redondo, F; De María, N; Guash, L; Fedorova, E, De Lorenzo, C; Hernández-Jiménez, M; Pozuelo, J; Galvano, M, De Felipe, M, Pueyo; J, Fernández- Pascual, M; Lucas, M. 2006. Características especiales de la simbiosis *Lupinus-Bradyrhizobium* sp. (*Lupinus*) En: Fijación de Nitrógeno: Fundamentos y Aplicaciones. Sociedad Española de Fijación de Nitrógeno. Granada. pp. 182-193.
- Gross, R. (1982). El cultivo y la utilización del tarwi. Agencia alemana de cooperación técnica FAO.
- Hall, A. J. 1980. Los componentes fisiológicos del rendimiento de los cultivos. Rev. Facultad de Agronomía, 1(1): 73-86. Consultado 1 agosto http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/29262/Documento_completo.pdf?sequence=1
- Hughes, C; Eastwood, R. 2006. Island radiation on a continental scale: exceptional rates of species diversification after uplift of the Andes (en línea). Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), 103 (27): 10334 -10339. Consultado. 22 nov. 2016. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1502458/pdf/zpq10334.pdf>
- IIAP, INIA, PRATEC, CCTA (2002). Parientes silvestres de los principales cultivos nativos del Perú. Proyecto de “Conservación In situ de los cultivos Nativos y sus parientes silvestres”. Taller en la Universidad Nacional Agraria La Molina. 127 pp.
- INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). 2001- Poscosecha y mercado de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en Ecuador. Fundación para la Ciencia y la Tecnología - FUNDACYT. Publicación Miscelánea. N° 105, Programa Nacional de Leguminosas. Ecuador.
- Jacobsen, S; Mujica, A. 2006. “El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres” En: Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 458-482.
- Juárez S, M; Sánchez A, J. 1996. Fósforo en Agricultura. Universidad de Alicante. España. 1° Edic. 183 p.
- Julca-Otiniano, Alberto; Meneses-Florián, Liliana; Blas-Sevillano, Raúl y Bello-Amez, Segundo. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia* [en línea]. 24 (1):49-61. issn 0718-3429. <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-34292006000100009>.

- Lambers, H; Shane, M; Cramer, M; Pearse, S; Veneklaas, E. 2006. Root structure and functioning for efficient acquisition of phosphorus: matching morphological and physiological traits. (en línea). *Annals of Botany* 98(4):693–713. Consultado 14 set de 2015. Disponible en <http://doi.org/10.1093/aob/mcl114>
- La Vía Campesina. 2013. De Maputo a Yakarta. 5 años de Agroecología en la Vía Campesina. Edición especial IV Congreso Latinoamericano de Agroecología, de la Sociedad Latinoamericana de Agroecología (SOCLA). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. 79p.
- León C, F. 1987. Evaluación agronómica y descripción morfológica de 79 entradas de chocho. Tes. Ing. Agr. Cuenca. Ecuador, Universidad de Cuenca. 119 p.
- Li, M; Shinano, T; Tadano, T. 1997. Distribution of Exudates of Lupin Roots in the Rhizosphere under Phosphorus Deficient Conditions. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 43 (I), 237-245, Disponible en <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00380768.1997.10414731>
- López, M. 1984. Estudios comparativos de catorce cultivares de chocho en tres localidades de Cajamarca. Tes. Ing. Agron. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Malavolta, E; Vitti, G; Oliveira, S. (1997) Avaliação do estado nutricional das plantas : aplicação e perspectivas. Piracicaba: POTAFOS. 319p.
- Malpica, M. 1981. El cultivo de chocho. Proyecto. Desarrollo Rural en el área de Sánchez Carrión (PDRISC). Huamachuco. 35 p.
- Mamani, P; Calisaya, J; Vallejos, J. y Gandarillas, A. (2015). Revalorizando el tarwi. Una alternativa para promover la resiliencia de los sistemas productivos andinos y la mejora de la seguridad alimentaria y la economía local. Cochabamba, Bolivia, Fundación PROINPA, p. 12-19. Informe Compendio 2011-2014.
- Marschner, H. 1997. *Mineral Nutrition of Crops* Academic Press 2da Ed 889 p.
- Martín, V. 2012. La relación raíz-raíz en pasturas consociadas. Adaptando la planta al suelo en la competencia por el fósforo. Disponible <http://www.pasturasdeamerica.com/articulos-interes/notas-tecnicas/relacion-raiz-pasturas-consociadas/>
- Melendez R, O. 1991. Ensayo de fertilización fosfórica en tres líneas de caupi blanco (*Vigna unguiculata* (L) Walp) en el sector Juan Guerra, Bajo Mayo”. Tes. Ing. Agr. San Martín. Perú. , Universidad Nacional de San Martín. 94 p.

- Mera, M; Espinoza, N; Galdames R; Aguilera, A; García, J; Montenegro, A; Alcalde, J. 2016. Lupino dulce y amargo producción en Chile. Mera, M (editor). INIA (Instituto de investigaciones Agrarias). Boletín INIA N° 326. Carillanca. Chile. 120 p.
- Meza, G. 1977. Algunas observaciones realizadas con tarwi (*Lupinus mutabilis* var. Sweet). Proyecto Lupinus 7.GTZ. Lima. Perú.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura). 2016. Producción de cultivos. Perú. Consultado 27 dic. 2016. Disponible en http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/?mod=consulta_cult
- Moreira, F; Huising, E; Bignell, E. 2012. Manual de Biología de Suelos Tropicales: Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo el suelo. 1° Edic. Instituto Nacional de Ecología. México, México. 337 p.
- Nápoles, M; González-Anta, G; Cabrera, J; Varela, M; Guevara, E; Meira, S; Nogueras, F y Cricco, J. 2009. Influencia de inoculantes y factores edáficos en el rendimiento de la soya. Cultivos Tropicales, 30 (3):18-22. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/262460582_Influencia_de_inoculantes_y_factores_edaficos_en_el_rendimiento_de_la_soya [accessed Jul 4, 2017].
- Olórtegui, R; Paredes, D; Villafán, M; De la Cruz, C. 2010. El Tarwi (*Lupinus mutabilis*) en Huaraz: aspectos socioeconómicos, nutricionales y culturales (en línea): Consultado 24 jul. 2016. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/as/v3n1/a17v3n1>.
- Ortega-David, E; Rodríguez, A; David, A; Zamora-Burbano, Á. 2010. Caracterización de semillas de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los andes de Colombia (en línea). Acta Agronómica, 59 (1):111-118. Consultado 24 jul. 2016. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122010000100014&lng=en&tlng=es.
- Osman, A. 1999. Soil fertility management in Cajamarca, Perú. Final. Reporte de investigación, Centro Internacional de la Papa –CONDESAN. 30p
- PADER- COSUDE .2003?. Estudio de las cadenas productivas del tarwi en el municipio de Acasio (en línea). Bolivia. Informe técnico. Consultado 20 jul. 2016. Disponible <https://es.scribd.com/document/159244471/Cadena-Tarwi>
- Pahuara, D; Zúñiga, D. 2001. Efecto del fosforo sobre la población microbiana en suelos con pasturas en la zona altoandina de Junín Ecología Aplicada, 1(1) 57- 64. UNALM. Lima. Perú.

- Pamboza –Tamaquiza, P; Aldas, J; Buenaño, M. 2016. Biomasa de *Lupinus mutabilis* Sweet y su efecto en el suelo. Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuarias 2016:1 (1) 19-24.
- Peix, A; Ramirez-Bahena, M; David Flores, J; Alonso de la Vega, P; Rivas, R; Mateos, P; Igual, J; Martinez-Molina, E; Trujillo, M; Velazquez, E. 2015. Revision of the taxonomic status of the species *Rhizobium lupini* and reclassification as *Bradyrhizobium lupini* comb. nov. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology (2015), 65, 1213–1219. DOI 10.1099/ijms.0.000082. Disponible en http://www.microbiologyresearch.org/docserver/fulltext/ijsem/65/4/1213_ijms000082.pdf?expires=1516103072&id=id&accname=guest&checksum=4938B3156899E6C59638081F38D8359E
- Peralta, E; Mazón, N; Murillo, A; Rivera, R; Rodríguez, D; Lomas, L; Monar, C. 2012. Manual Agrícola de Granos Andinos: Chocho, Quinoa, Amaranto y Ataco. Cultivos, variedades y costos de producción. Tercera edición. Publicación Miscelánea No. 69. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador. 68 p.
- Pérez, L 1994. Estudio de ecotipos de *Lupinus mutabilis* en tres zonas de Cajamarca. Tes. Mg. Sc. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú. 120 p.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Bolivia). 2010. Semillas del futuro (en línea, video). Carabuco, Bolivia. 14min. 3 seg., son., color. Consultado 15 set. 2016. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=GkRWyKWaNmo>
- Poma, W. 1996. Estudios de suelos del distrito de La Encañada. ASPADERUC. -----; Alcántara, G. 2011. Estudio de suelos y capacidad de uso mayor del departamento de Cajamarca. Gobierno regional de Cajamarca. 83 p. Disponible en <http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/INFSUELOSZEE091.pdf>
- Posner, J; Bussink, C; Hijmans, R; Delgado, R; Willet, H; Zorogastua, P; De la Cruz, J. 2002. Priorizando Áreas para la Conservación de Suelos en la Microcuenca La Encañada. CIP- CONDESAN.
- PROINPA 2015 Informe Compendio 2011-2014. Gandarillas, A; Oros, R (ed) Cochabamba. Bolivia. Consultado 24 nov. 2016. Disponible en: http://s1.fontagro.org/sites/default/files/PROINPA_compendio_2011-2014.pdf

- Rincón, J; Gallardo, Y; Leal, M; Rojas, Y. 2003. Efecto de la relación calcio: fósforo en el suelo sobre el crecimiento y nodulación de plantas jóvenes de *Acacia mangium* (willd) (en línea). *Bioagro*, 15(2), 97-105. Consultado 29 de julio de 2016. Disponible en http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612003000200004&lng=es&tlng=es
- Rivadeneira, J. 1999. Determinación de los niveles óptimos de fertilización química en el cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis* sweet), en tres localidades de la sierra ecuatoriana. Tes. Ing. Agr. Universidad Central del Ecuador. 152 p.
- Córdova, J; Peralta, E. 2001. Fito nutrición del cultivo de chocho. Caicedo, C; Peralta, E (comps) Boletín técnico. 103: 9- 18. Estación Experimental Santa Catalina. Programa Nacional de Leguminosas. Quito. Ecuador.
- Rodas C, A; Núñez E, R; Espinosa H, V; Alcántara G, G. 2001. Asociación lupino-maíz en la nutrición fosfatada en un Andosol. *TERRA* volumen 19 (2), 141- 154.
- Rodríguez M. R. 2008. Análisis de la población bacteriana endófito presente en nódulos de *Lupinus*. Interacción y localización in situ. Tes. Doctoral. Universidad de Salamanca. 236 pp.
- Sandsawka, A. 1989. El pH de la rizósfera del trigo y Lupino. *Agricultura Técnica de Chile*. 49 (1): 71 – 73.
- Schulze, J; Temple, G; Temple S; Beschow, H; Vance, C. 2006. Nitrogen Fixation by White Lupin under phosphorus deficiency (en línea). *Annals of Botany* 98: 731–740. Consultado 18 dic. 2016. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2806177/>
- SENAMHI (Servicio Nacional de meteorología e Hidrología). 2012?. Manual de observaciones fenológicas. Yzarra, J; López, F; col: Dedios, N; Medina, E; Gómez, H; Rosa, R; Montañez, L; Mathews, C; Dirección General de Agrometeorología, Dirección de Información Agraria Unidad de Análisis Económicos. Lima. Peru. 99 pp.
- Shane, M; Feil, R; Lunn, J; Plaxton, W. 2016. Activación dependiente de la luz de fosfo *enol* piruvato carboxilasa por fosforilación reversible en raíces de racimo de plantas de lupino blanco: control diurno en respuesta al suministro de fotosintato. *Annals of Botany*, Volumen 118, (4) 637-643. Disponible en <https://doi.org/10.1093/aob/mcw040>

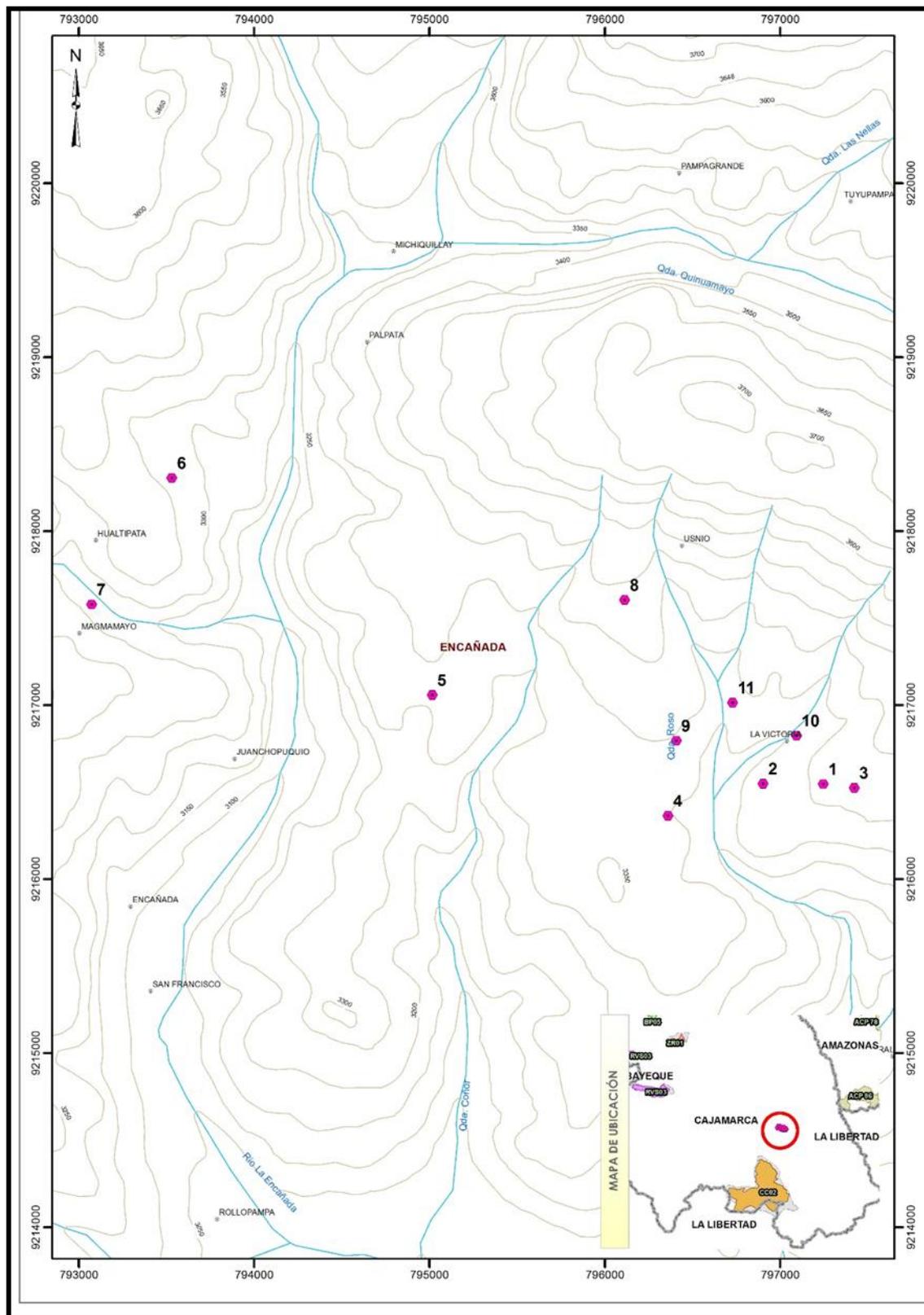
- Lambers, H; Cawthray, G; Kuhn, A, Schurr, U. 2008. Impact of phosphorus mineral source (Al-P or Fe-P) and pH on cluster-root formation and carboxylate exudation in *Lupinus albus* L. Plant Soil 304:169–178. DOI 10.1007/s11104-007-9535-7
- Silva A, S.; Correa R, F. 2010. Valoración económica del suelo y gestión ambiental: aplicación en empresas floricultoras colombianas. Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión [en línea] 2010, XVIII (Junio-Sin mes): [Fecha de consulta: 14 de diciembre de 2017] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90920479014>> ISSN 0121-6805.
- Silvera, C; Zúñiga, D; Loli, O. 2010. Capacidad solubilizadora del fosforo por cepas de *Rhizobium*, aisladas de los nódulos del frijol caraota (*Phaseolus vulgaris* L.). En: Anales Científicos. UNALM.
- Skorupska, A; Janczarek, M; Marczak, M; Mazur, A; Król; J . 2006. Rhizobial exopolysaccharides: genetic control and symbiotic functions. Microb Cell Fact. 16 de febrero, 5: 7. Consultado 20 oct. 2017. Disponible <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1403797/pdf/1475-2859-5-7.pdf>
- Solaris, A. 2016. Actualidad: El tarwi puede ganarle a la soya (en línea). Los Tiempos. Ciudad, Bolivia; 24/10/2016. Consultado 15 nov.2016. Disponible en <http://www.lostiempos.com/oh/actualidad/20161024/tarwi-puede-ganarle-soya>
- Suca, G; Suca, C. 2015. Potencial del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustrial. Revista Peruana de Química e Ingeniería Química 18(2): 55-71.
- Tapia, M. 1997. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. 2° edic. FAO. ONU. Santiago de Chile. 274 p.
- Sánchez, P; Cáceres, M; Muñoz, G; Rosas, A.1997. Experiencias en el manejo de la microcuenca de La Encañada; considerada como sitio piloto (Bench mark site) Cajamarca. Curso taller Manejo Integral de Cuencas: I teoría y experiencias (CONDESAN, CIP Y ADEFOR), p.171- 184.
- 2001. Ferias de Biodiversidad. In I Seminario Nacional Perspectivas tecnológicas en el uso del germoplasma de papas nativas (1999, Lima, Perú). Documento de trabajo. Lima, PE. Eds. Centro Internacional de la Papa (CIP), Ministerio de Agricultura, Instituto Investigación Agraria (INIA), p.16-26.

- 2005. Agrobiodiversidad: Feria de las semillas, La Encañada, Cajamarca (diapositiva). Lima. Perú. 1 diapositiva, color. (Curso Posgrado Agroecología/Universidad Nacional Agraria, La Molina). Consultado 24 de nov. 2016. Disponible en ftp://ftp.fao.org/sd/SDA/GIAHS/Agrobiodiversidad_UNALM.pdf
- 2013. Diagnóstico de los ecosistemas de montañas (2013, Lima, Perú). Documento de trabajo. Lima, PE. FAO- MINAM. Versión digital disponible en: http://www.mountainpartnership.org/fileadmin/templates/mountain_partnership/doc/TCP_Andes/DiagnosticoPeruVersion_2_de_sept-_1-55.pdf
- 2015. El tarwi, lupino andino tarwi, tauri o chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). 1ª edic. Proyecto “Mujeres Andinas en Camino: Promoción del producto tarwi de la Provincia de Huaylas hacia el mercado nacional e internacional en el marco rural del desarrollo sostenible”. Fondo Ítalo Peruano. Lima. 108 p.
- Tisdale, S. 1991. Fertilidad de los suelos y Fertilizantes. México. UTEHA.
- UNSAC (Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco), Conseil Interuniversitaire de la communauté française de Bélgica. 2015. Informe de actividades de refrescamiento de semillas de tarwi del Convenio CIUF UNSAAC, (en línea, video). Cusco, Perú. 6 min. 30 seg., son., color. Consultado 20 set. 2016. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=W3Rm1NeEnBc>
- Uribe, L. 1993. Evaluación de medios para la selección de cepas de *Rhizobium leguminosarum* bv *Phaseoli* tolerantes a baja concentración de fosfato en medio de cultivo. (en línea). Nota Técnica. Agronomía Costarricense 17(1):103-109. Consultado 15 set. 2016. Disponible en http://www.mag.go.cr/rev_agr/v17n01_103.pdf
- Villacress, E, Cuadrado, L, Falconi, F. 2013. Los granos andinos: lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet), quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y sangorade (*Amaranthus hybridus* L.) fuente de metabolitos secundarios y fibra dietética. Boletín técnico. 165. Estación Experimental Santa Catalina. SENESCYT. Quito. Ecuador. 48p.
- Villarroel, A.; Augstburger, F. 1986. El cultivo del tarwi (*Lupinus mutabilis* var. Sweet) fijación y aporte de nitrógeno al suelo y su efecto residual en cebada (*Hordeum vulgare*). V Congreso Internacional de Sistemas Agropecuarios Andinos. Puno. UNA. p. 174 – 185.

- Von Baer, E. 1980. Production of Lupines in Chile. Gross, R & Bunting, E. Agricultural and Nutritional Aspects of Lupines. Proceedings of the first International Lupine Workshop. Cuzco. Perú. p. 281-285.
- 1989. Lupino, complemento económico en la rotación de cultivos. V Seminario de leguminosas de grano. Temuco. Chile. Series Carillanca. INIA 10, p. 55-70.
- Watt, M; Evans, J. 2003. Phosphorus acquisition from soil by white lupin (*Lupinus albus* L.) and soybean (*Glycine max* L.), species with contrasting root development. Plant and Soil. Volume 248 (1): 271–283.
- Whalen, J; Sanpedro, L. 2010. Soil Ecology & Management. 296 p. CAB International.UK. (en línea). Consultado 20 feb. 2017. Disponible en <https://books.google.ca/books?id=uAoZHWHn9qQC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Wilson, M. 2008. Uso de la tierra en el área de bosques nativos de Entre Ríos, Argentina. Tes. Doc. Universidad de Coruña. España. 277 p. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=45220>.
- Yauyos L, M. 2015 “Efecto de la inoculación con microorganismos solubilizadores de fósforo sobre el crecimiento y nutrición de frijol castilla, maíz, trigo y haba” Tesis para obtener el grado de Ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 200 pp.
- Zalewski, K; Lahuta, LB; Horbowicz, M. 2001. The effect of soil drought on the composition of carbohydrates in yellow lupin seeds and triticale kernels Acta Physiol Plant 23:73. Consultado 29 de set de 2017. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s11738-001-0025-x>

X. ANEXOS

ANEXO 1: Mapa de ubicación de los campos experimentales en el distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca.



ANEXO 2: Datos de los parámetros biológicos y rendimientos evaluados en las parcelas experimentales de terrazas.

N° CAMPO	C1			C3			C6			C8		
AGRICULTOR	LAZARO GONZALES			SEGUNDO TACILLA			JULIO GOYCOCHEA			Francisco Novoa		
LOCALIDAD	LA VICTORIA			LA VICTORIA			MAGMAMAYO			USNIO		
TRATAMIENTOS (P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	0	40	80	0	40	80	0	40	80	0	40	80
Densidad (plantas .m ⁻²)	6.67	7.00	8.33	12.70	13.67	16.33	7.00	8.25	9.00	10.83	10.00	9.00
Altura planta (m)	1.45	1.43	1.48	1.26	1.25	1.09	1.13	1.24	1.30	1.32	1.20	1.36
Numero de vainas / planta	54.00	52.60	90.90	22.00	27.20	14.45	30.21	29.24	43.95	31.94	28.81	40.14
Longitudo vaina (cm)	7.98	8.06	8.15	7.50	8.35	8.06	7.91	8.06	8.61	8.09	8.25	8.13
Numero de granos / vaina	4.29	4.55	4.72	4.24	5.47	4.58	3.94	4.16	5.06	4.00	4.72	4.79
Peso de granos / planta (g)	48.40	31.60	82.90	13.50	17.89	9.97	25.90	25.08	37.53	22.24	16.31	23.33
Peso de 250 granos	64.30	70.60	67.80	53.03	51.75	63.75	61.65	61.23	63.75	74.16	52.55	58.22
INDICE DE COSECHA	24.30	20.17	34.60	24.08	29.40	25.17	27.11	31.80	38.00	35.20	18.31	21.27
RENDIMIENTO												
kg / 64 m ²	11.42	14.76	18.58	4.82	10.86	6.85	5.12	3.95	6.24	12.62	8.89	12.54
t. ha ⁻¹	1.78	2.31	2.90	0.75	1.70	1.07	0.79	0.62	0.97	1.97	1.39	1.96

ANEXO 3: Datos de los parámetros biológicos y rendimientos evaluados en las parcelas experimentales de laderas.

N° CAMPO	C4			C5			C11		
AGRICULTOR	ASUNCION FERNANDEZ			JULIO HUAMAN			ANTONIO ALAYA		
LOCALIDAD	CHAGMAPAMPA			USNIO			LA TORRE		
TRATAMIENTOS (P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	0	40	80	0	40	80	0	40	80
Densidad (plantas .m ⁻²)	21.66	15.66	14.50	9.50	11.66	10.33	10.00	13.50	9.30
Altura planta (m)	0.88	1.11	1.16	1.46	1.63	1.48	0.81	0.70	0.92
Numero de vainas / planta	7.35	13.47	20.10	28.64	31.55	37.50	6.41	3.32	19.42
Longitude vaina (cm)	7.40	8.34	8.29	7.80	8.42	8.36	6.69	6.60	7.41
Numero de granos / vaina	3.66	4.12	4.80	3.90	4.88	4.95	3.00	3.21	4.00
Peso de granos / planta (g)	4.59	8.34	15.29	26.53	27.23	33.84	5.82	9.22	14.35
Peso de 250 granos	61.71	57.83	63.30	61.67	62.18	68.66	62.90	65.09	75.18
INDICE DE COSECHA	21.27	20.50	23.18	20.30	26.23	20.20	21.60	18.00	38.00
RENDIMIENTO									
kg / 64 m ²	6.13	12.24	14.37	3.79	4.90	8.92	0.23	0.38	1.23
t. ha ⁻¹	0.96	1.91	2.25	0.59	0.79	1.39	0.04	0.06	0.19

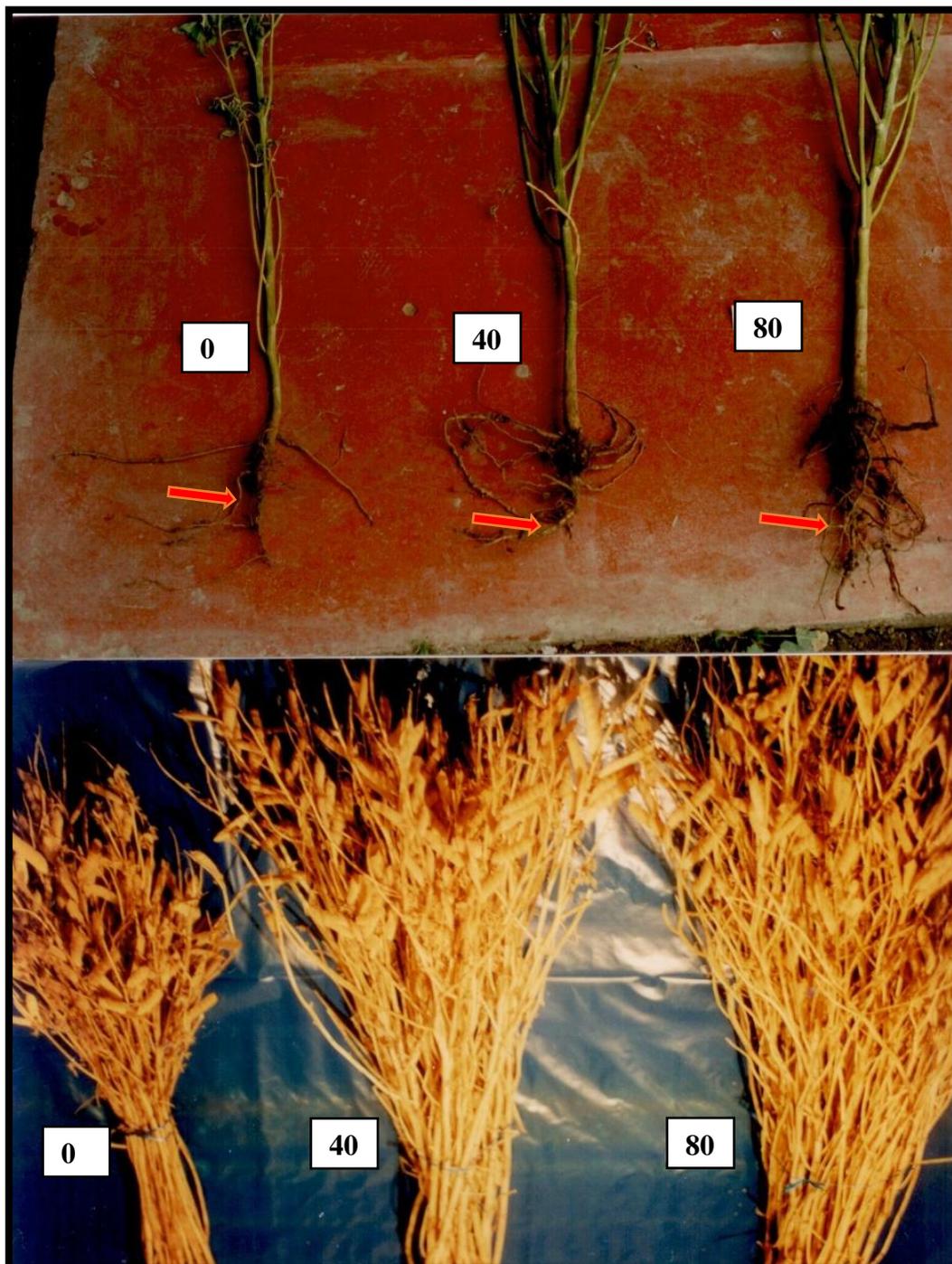
ANEXO 4. Campos experimentales de *L. mutabilis* “chocho” en Laderas y Terrazas, ubicadas en los caseríos del distrito de La Encañada, Cajamarca.



4.1 Comparación de parcelas de chocho en laderas y su respuesta a la fertilización con fosforo.



4.2 Parcelas de chocho con niveles de 0 y 80 P_2O_5 . Arriba: laderas, abajo: terrazas. Mejor crecimiento del chocho en terrazas respecto a laderas.



4.3 Efecto de los niveles de fertilización con fósforo (0 – 40 – 80 P₂O₅). Foto arriba: mayor desarrollo radicular y número de nódulos (→). Foto abajo: mayor número de vainas y biomasa aérea seca.



4.4 Cosecha. Foto arriba: corte al ras del suelo, separación de las vainas del tallo, para ser usado como leña. Foto abajo. Venteo de las semillas.



4.5 Algunos daños en el cultivo. Foto izquierda: presencia de gusanos en la raíz. Foto derecha: marchitez de la planta.

ANEXO 5: Encuesta sobre el sistema de producción al productor en terrazas.

SISTEMA DE PRODUCCION		TERRAZAS			
CAMPO N°		C1	C3	C6	
AGRICULTOR		LAZARO GONZALES	SEGUNDO TACILLA	JULIO GOYCOCHEA	
LOCALIDAD		LA VICTORIA	LA VICTORIA	MAGMAYO	
¿PORQUÉ CULTIVA CHOCHO?		Autoconsumo y venta (minoría)	Autoconsumo y probar rendimiento para venta	Autoconsumo y probar rendimiento para venta	
¿CÓMO CONSIDERA SU TERRENO?		Bueno, hay rendimiento de cultivos anteriores	Bueno	Casi pobre, presenta piedras, no es profundo	
FERTILIZACIÓN ANTERIOR		Si, en papa (12- 12 12) 50 kg.	Nunca fertiliza	Si para papa. Guano de Islas- Urea: 50-50	
SEMILLA	VARIEDAD	Blanco local con mezclas de semillas de color	Blanco local con mezclas de semillas de color	Blanco local con semillas de color	
	ORIGEN	Propio de cosecha anterior (Nov. 98)	Propio de cosecha anterior (Nov. 98)	De un pariente	
	EDAD DE SEMILLA A LA SIEMBRA	3 meses	4 meses	3 meses	
	REALIZA SELECCIÓN ¿SI/NO?	Si, en las semillas blancas, separa buenas y malas. No en las semillas de colores	No	No	
	¿PORQUÉ?	Costumbre	Costumbre	Costumbre y por falta de tiempo	
	PRETRATAMIENTOS	Ninguno	No	No	
	Cantidad de semilla en siembra (@)	1	1.5	2	
LABORES CULTURALES	PREPARACIÓN DEL TERRENO	BARBECHO	No	Si	Si
		MAJADEO	No	No	No
		DESCANSO	Si	No	No
		YUNTA	No	No	No
	ACTIVIDADES DE SIEMBRA	FECHA DE SIEMBRA	ene-98	ene-98	ene-98
		USO DE MAQUINARIAS	No	No	No
		YUNTA	Si	Si	Si
		FORMA DE SIEMBRA	Voleo	Voleo	Voleo
	FERTILIZACIÓN	No	No	No	
	APORQUE	No	No	No	
	DESHIERBO	No (sólo en experimentos)	No (sólo en experimentos)	No (sólo en experimentos)	
	PLAGA Y ENFERMED	CONTROLA SI/ NO	No acostumbra por economía	No acostumbra por economía	No acostumbra por economía
	ROTACION	CULTIVO ANTERIOR	papa/olluco- centeno - descanso	eriazos - centeno-papa	papa-trigo- cebada
		CULTIVO POSTERIOR	oca o papa	eriazos no le alcanzo semilla de papa	eriazos o cuaremas para papa
	COSECHA	FECHA DE COSECHA	18 / 8 / 98 y 23/10 /98	02/09/1998	5/09/98
		HERRAMIENTAS	hoz	hoz	hoz
		MODO DE COSECHA	Vainas y plantas con raíz	Sólo vainas	Vinas y plantas. Cortadas dejando raíz
		TRILLA	Uso de palo.No usa animal porque se daña	Uso de palo sobre mantas amarradas conteniendo vainas	Uso de palo directo sobre las vainas
		VAREO	Si, al aire	Si, al aire	Si, al aire
		SELECCIÓN	Si	No	No
		LIMPIEZA	Si de los rezagos de vaina	Si de los rezagos de vaina	Si de los rezagos de vaina
		GUARDADO DE GRANOS	En costales y almacenados en terraza del segundo piso	En sacos , enterrado en el suelo para evitar que se lo coman los animales	En sacos , dentro de casa
	RENDIMIENTO	AREA CULTIVADA	4898 m ²	2876 m ²	5747 m ²
OTROS	CANTIDAD VENDIDA (@)	1	8		
	LUGAR DE VENTA	Feria dominical	Feria dominical		
	CONSUMO	En ensalada (mote) y elaboración de pan.	En ensalada (mote)	En ensalada (mote)	
	USO DEL RESTO DE LA PLANTA	Caldo del hervido de los granos para el despioje de animales. Tallo como leña.	Caldo del hervido de los granos para el bañar a los animales. Tallo como leña.	Tallo como leña.	
	CULTIVO PROPIO/ COMPARTIDO	Tereno y semillas propio	Tereno y semillas propio	Tereno y semillas propio	

//.. sigue

SISTEMA DE PRODUCCION		TERRAZAS			
CAMPO N°		C7	C8	C9	
AGRICULTOR		SERGIO ESTRADA	FRANCISCO NOVOA	OSWALDO CHACEZ	
LOCALIDAD		MAGMA YO	USNIO	USNIO	
¿PORQUÉ CULTIVA CHOCHO?		Autoconsumo, venta y costumbre	Autoconsumo, venta y costumbre	Autoconsumo y probar rendimiento para venta	
¿CÓMO CONSIDERA SU TERRENO?		Algunas partes es bueno, en otras es mala	De ladera plana, suelo delgado y polvoso, no endurece. Da(buenos rendimientos	Delgado polvosos , mmuy pobre para cebada, trigo, arveja,, solo da chocho.	
FERTILIZACIÓN ANTERIOR		No	Nunca fertiliza	Nunca fertiliza	
SEMILLA	VARIEDAD	Blanco local con semillas de color	Blanco local	Blanco local	
	ORIGEN	De un pariente, cosecha anterior	Familiar	Socio	
	EDAD DE SEMILLA A LA SIEMBRA	3 meses	3 meses	2 meses	
	REALIZA SELECCIÓN ¿SI/NO?	No, muy poco de las malas	No	El socio selecciona semillas blancas y de buenas condiciones	
	¿PORQUÉ?	Costumbre	Costumbre	El socio es semillerista	
	PRETRATAMIENTOS	No cree necesario y no sabe	No cree necesario y no sabe	No	
	Cantidad de semilla en siembra (@)	1.5	1	2	
LABORES CULTURALES	PREPARACIÓN DEL TERRENO	BARBECHO	Si	No	Si
		MAJADEO	No	No	No
		DESCANSO	Si	No	Si
		YUNTA	No	No	No
	ACTIVIDADES DE SIEMBRA	FECHA DE SIEMBRA	feb-98	ene-98	nov-97
		USO DE MAQUINARIAS	No	No	No
		YUNTA	Si	Si	Si
		FORMA DE SIEMBRA	Voleo	Voleo	Voleo
		FERTILIZACIÓN	No	No	No
	A PORQUE	No	No	No	
	DESHIERBO	No (sólo en experimentos)	No (sólo en experimentos)	No (sólo en experimentos)	
	PLAGA Y ENFERMEDADES	CONTROLA SI/ NO	No acostumbra por economia	No acostumbra por economia	No acostumbra por economia
	ROTACION	CULTIVO ANTERIOR	chocho-eriaz - centeno	eriaz - trigo- centeno	oca
		CULTIVO POSTERIOR	No sabe tal vez descanso	descanso por dos años	descanso
	COSECHA	FECHA DE COSECHA	04/11/1998	29/09/98	ago-98
		HERRAMIENTAS	hoz	hoz	hoz
		MODO DE COSECHA	PLANTAS entera CON RAIZ	hoz	planta entera con raiz
		TRILLA	Tiran las plantas contra la piedra para que se abra las vainas y luego usan palo	Uso de palo sobre mantas amarradas conteniendo vainas	Uso de palo directo sobre las vainas
		VAREO	Si, al aire	Si, al aire	Si, al aire
		SELECCIÓN	Granos buenos y malos	No	No
		LIMPIEZA	Lo que queda del vareo	Si de los rezagos de vaina	Si de los rezagos de vaina
GUARDADO DE GRANOS		En sacos , dentro de casa	En sacos , dentro de casa	En sacos , dentro de casa	
RENDIMI	AREA CULTIVADA	5640 m2	3500 m2	2000 m2	
OTROS	CANTIDAD VENDIDA (@)	no vende	1	No vendieron recuperaron su semilla	
	LUGAR DE VENTA		Feria dominical		
	CONSUMO	En ensalada (mote)	En ensalada (mote)	En ensalada (mote)	
	USO DEL RESTO DE LA PLANTA	Caldo del hervido de los granos para parasitos. Tallo como leña.	Caldo del hervido de los granos para el alicuya de animales. Tallo como leña.	Tallo como leña.	
	CULTIVO PROPIO/ COMPARTIDO	Tereno y semillasde familiar, el lo trabajo	Terreno compartido y semillas propio	Terreno propio y semillas socio	

ANEXO 6: Encuesta sobre el sistema de producción al productor en laderas.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN		LADERAS			
CAMPO N°		C2	C4	C5	
AGRICULTOR		LAZARO GONZALES	ASUNCION FERNANDEZ	JULIO HUAMAN	
LOCALIDAD		LA VICTORIA	CHAGMAPAMPA	USNIO	
¿PORQUÉ CULTIVA CHOCHO?		Autoconsumo y venta	Autoconsumo y venta	Autoconsumo y venta	
¿CÓMO CONSIDERA SU TERRENO?		No es bueno, tiene bajo rendimiento	De ladera plana, suelo delgado y polvoso, no endurece. Da buenos rendimientos	Da buena cebada, suelo poco profundo y bueno	
FERTILIZACIÓN ANTERIOR		Si, en papa (12- 12 12) 50 kg.	Nunca fertiliza	nunca fertilizo	
SEMILLA	VARIEDAD	Blanco local con mezclas	Blanco local	Blanco local con mezcla	
	ORIGEN	Propio de cosecha anterior (Nov. 98)	Del socio (cultivo a partir)	Propio	
	EDAD DE SEMILLA A LA SIEMBRA	3 meses	4 meses	2 meses	
	REALIZA SELECCIÓN ¿SI/NO?	No	No	No	
	¿PORQUÉ?	Costumbre	-	Csotumbre	
	PRETRATAMIENTOS	Ninguno	No cree necesario y no sabe	No	
	Cantidad de semilla en siembra (@)	1.5	1	1	
LABORES CULTURALES	PREPARACIÓN DEL TERRENO	BARBECHO	No	No	No
		MAJADEO	No	No	No
		DESCANSO	No	No	Si
		YUNTA	No	No	No
	ACTIVIDADES DE SIEMBRA	FECHA DE SIEMBRA	ene-98	ene-98	dic. 97
		USO DE MAQUINARIAS	No	No	No
		YUNTA	Si	Si	Si
		FORMA DE SIEMBRA	Voleo	Voleo	Voleo
	FERTILIZACIÓN	No	No	No	
	APORQUE	No	No	NO	
	DESHIERBO	No (sólo en experimentos)	No (sólo en experimentos)	No (sólo en experimentos)	
	PLAGA Y ENFERMEDADES	CONTROLA SI/ NO	No acostumbra por economía	No acostumbra por economía	No sabe, falta de tiempo y costumbre
	ROTACION	CULTIVO ANTERIOR	papa- centeno - descanso	eriaz - papa- cebada	descanso
		CULTIVO POSTERIOR	avena con chocho	eriaz o descanso	papa
	COSECHA	FECHA DE COSECHA	18 / 8 / 98 y 23/10 /98	23/09/98	03/09/1998
		HERRAMIENTAS	hoz	hoz	hoz
		MODO DE COSECHA	vainas y plantas con raiz	vainas y plantas con raiz	vainas
		TRILLA	Uso de palo.	Uso de palo.	Uso de palo, sobre mantas amarradas que contienen vainas
		VAREO	Si, al aire	Si, al aire	Si, aventando al aire
		SELECCIÓN	Algunos granos buenos de los malos	Granos buenos y malos	No
LIMPIEZA		Si de los rezagos de vaina	Si de los rezagos de vaina	Si de rezagos de vainas	
GUARDAO DE GRANOS	En costales y almacenados en terraza del segundo piso	En sacos , guardados en los altos de la casa	En costales dentro de casa		
RENDIMI	AREA CULTIVADA	2250 m ²	1250 m ²	1692 m ²	
	CANTIDAD VENDIDA (@)	0	1	1	
	LUGAR DE VENTA		Feria dominical	Feria dominical	
	CONSUMO	En ensalada (mote) y pan.	En ensalada (mote)	En ensalada (mote)	
	USO DEL RESTO DE LA PLANTA	Caldo del hervido de granos para el despioje de animales. Tallo como leña.	Tallo como leña.	Tallo como leña.	
	CULTIVO PROPIO/ COMPARTIDO	Tereno y semillas propio	Terreno y semilla de socio. Trabajo a partir.	Terreno y semilla propio.	

//.. sigue

SISTEMA DE PRODUCCIÓN		LADERAS		
CAMPO N°		C10	C11	
AGRICULTOR		MARCIAL MANTILLA	ANTONIO AYALA	
LOCALIDAD		USNIO	LA TORRE	
¿PORQUÉ CULTIVA CHOCHO?		Autoconsumo y venta	Costumbre , autoconsumo y terrenos libres	
¿CÓMO CONSIDERA SU TERRENO?		Suelo profundo, per pobre en fósforo y alto en nitrógeno	Polviso , no bueno , solo para chcho, hace 4 años sembró chocho	
FERTILIZACIÓN ANTERIOR		Si para papa Urea (50 kg), super triple (100 kg) y ClK (50 kg)	No	
SEMILLA	VARIEDAD	Blanco local	Blanco local	
	ORIGEN	Propio de cosecha anterior	Propio de cosecha anterior	
	EDAD DE SEMILLA A LA SIEMBRA	6 meses	4 meses	
	REALIZA SELECCIÓN ¿SI/NO?	No	No	
	¿PORQUÉ?	Costumbre	Costumbre	
	PRETRATAMIENTOS	No	No	
	Cantidad de semilla en siembra (@)	1	0.5	
LABORES CULTURALES	PREPARACIÓN DEL TERRENO	BARBECHO	No	No
		MAJADEO	No	Si
		DESCANSO	No	No
		YUNTA	No	No
	ACTIVIDADES DE SIEMBRA	FECHA DE SIEMBRA	ene-98	ene-98
		USO DE MAQUINARIAS	No	No
		YUNTA	Si	Si
		FORMA DE SIEMBRA	Voleo	Voleo
		FERTILIZACIÓN	No	No
	APORQUE	No	No	
	DESHIERBO	No (sólo en experimentos)	No (sólo en experimentos)	
	PLAGA Y ENFERMEDADES	CONTROLA SI/ NO	No	No
	ROTACION	CULTIVO ANTERIOR	papa- eriazo	eriazo - centeno
		CULTIVO POSTERIOR	No sabe , posible papa	eriazo o descanso
	COSECHA	FECHA DE COSECHA	set y octubre '98	set '98
		HERRAMIENTAS	Hoz	Hoz
		MODO DE COSECHA	Vainas y plantas con raíz	Vainas
		TRILLA	Uso de palo y ganado	Uso de palo, sobre mantas amarradas que contienen vainas
		VAREO	Si, aventando al aire	Si, aventando al aire
		SELECCIÓN	No	Granos buenos y malos
LIMPIEZA		Si de razagos de vainas	Si de razagos de vainas	
GUARDADO DE GRANOS		En costales dentro de casa	En costales dentro de casa	
RENDIMIENTO	AREA CULTIVADA	1385 m2	600 m2	
	CANTIDAD VENDIDA (@)	4	0	
	LUGAR DE VENTA	Feria dominical		
	CONSUMO	En ensalada (mote)	En ensalada (mote)	
	USO DEL RESTO DE LA PLANTA	Tallo como leña.	Tallo como leña.	
	CULTIVO PROPIO/ COMPARTIDO	Terreno y semilla propio.	Terreno y semilla propio.	

ANEXO 7: Porcentaje de los resultados de las encuestas sobre el manejo del cultivo de chocho en el distrito de la Encañada, Provincia y Departamento de Cajamarca

Preguntas	Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Localidad del agricultor	La Victoria	3	27.3
	Chagmapampa	1	9.1
	Usnio	4	36.4
	Magmayo	1	9.1
	La Torre	2	18.2
¿Porqué cultiva chocho?	Autoconsumo	11	100.0
	Autoconsumo y Venta	7	63.6
¿CÓMO CONSIDERA SU TERRENO?	Buen rendimiento	5	45.5
	Bajo rendimiento	4	36.4
	Pobre, uso solo para chocho	2	18.2
Fertilización en el cultivo anterior	SI	4	36.4
	No	7	63.6
Variedad de la semilla	Blanco local	6	54.5
	Blanco y colores	5	45.5
Origen de la semilla	Propio	6	54.5
	Socio	2	18.2
	Familiar	3	27.3
Selecciona semilla	Si	2	18.2
	No	9	81.8
¿Porqué no seleccionan la semilla?	Costumbre	9	100.0
Labores culturales que realiza			
Majadeo	Si	1	9.1
	No	10	90.9
Descanso	Si	4	36.4
	No	7	63.6
Yunta	Si	11	100.0
Forma de siembra chocho	voleo	11	100.0
Fertiliza el cultivo de chocho	Si		0.0
	No	11	100.0
Controla plagas y enfermedades	No	11	100.0

//.. sigue

Preguntas	Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Cultivo anterior	descanso y eriazo	4	36.4
	papa	1	9.1
	oca	1	9.1
	cebada	2	18.2
	centeno	3	27.3
Cultivo posterior	descanso y eriazo	7	63.6
	papa	3	27.3
	chocho	1	9.1
Tiempo de cosecha	8 meses	6	54.5
	9 meses	5	45.5
Cosecha : Uso de herramientas y modo de cosecha	hoz	11	100.0
	palos	11	100.0
	Trilla	11	100.0
	Vareo	11	100.0
Selección de granos	Si	5	45.5
	No	6	54.5
Limpieza	rastrojos de las vainas	11	100.0
Conservacion de granos	sacos	11	100.0
Cantidad cosechada (@)	<3	3	27.3
	3 a 10	6	54.5
	> 10	2	18.2
Cantidad vendida (@)	No vende	5	45.5
	1 a 5	5	45.5
	> 5	1	9.1
Lugar de venta @	Feria dominical	7	63.6
	Directo a conocidos	3	27.3
	No vende	1	9.1
Uso de grano	Solo mote	9	81.8
	Mote y harina	2	18.2
Caldo del hervido granos para controlar parasitos	Si	5	45.5
	No	6	54.55
Resto de la planta	leña	11	100.0
Terreno propio	Si	9	81.8
	No	2	18.2
Semillas propio	Si	8	72.7
	No	3	27.3

ANEXO 8: Resultados de las variables en estudio por condición de manejo en laderas y terrazas, análisis según programa estadístico INFOSTAT versión 2017.

Se cumple con las pruebas de homogeneidad de varianzas y linealidad de los residuales.

Para la comparación de medias se aplicó el test LSD de Fisher a un $\alpha = 0.05$.

8.1. TERRAZAS

8.1.1 Densidad de plantas

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	836.48	<0.0001
BLOQ	3	20.40	0.0015
P	2	1.39	0.3200

LSD Fisher (Alfa=0.05)

P	Medias	E.E.	
80	10.67	0.59	A
40	9.73	0.59	A
0	9.30	0.59	A

8.1.2 Altura de plantas (m)

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	2578.35	<0.0001
BLOQ	3	5.04	0.0444
P	2	0.10	0.9066

LSD Fisher (Alfa=0.05)

P	Medias	E.E.	
80	1.31	0.04	A
0	1.29	0.04	A
40	1.28	0.04	A

8.1.3 Número de vainas por planta

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	137.37	<0.0001
BLOQ	3	8.26	0.0150
P	2	1.68	0.2638

LSD Fisher (Alfa=0.05)

P	Medias	E.E.	
80	47.36	5.73	A
0	34.54	5.73	A
40	34.46	5.73	A

8.1.4 Longitud de Vaina (cm)

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	13080.04	<0.0001
BLOQ	3	0.50	0.6956
P	2	2.60	0.1538

LSD Fisher (Alfa=0.05)

P	Medias	E.E.	
80	8.24	0.12	A
40	8.18	0.12	A
0	7.87	0.12	A

8.1.5 Número de granos por vaina

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1666.94	<0.0001
BLOQ	3	0.51	0.6927
P	2	3.69	0.0903

LSD Fisher (Alfa=0.05)

P	Medias	E.E.		
80	4.79	0.19	A	
40	4.73	0.19	A	B
0	4.12	0.19		B

8.1.6 Peso de granos por planta

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	62.50	0.0002
BLOQ	3	5.61	0.0356
P	2	1.55	0.2872

LSD Fisher (Alfa=0.05)

P	Medias	E.E.	
80	38.43	6.48	A
0	27.51	6.48	A
40	22.72	6.48	A

8.1.7 Peso de 250 granos

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	883.70	<0.0001
BLOQ	3	1.25	0.3720
P	2	0.47	0.6440

LSD Fisher (Alfa=0.05)

P	Medias	E.E.	
80	63.38	3.61	A
0	63.29	3.61	A
40	59.03	3.61	A

8.1.8 Índice de Cosecha

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	179.97	<0.0001
BLOQ	3	0.65	0.6115
P	2	0.47	0.6467

LSD Fisher (Alfa=0.05)

P	Medias	E.E.	
80	29.76	3.54	A
0	27.67	3.54	A
40	24.92	3.54	A

8.1.9 Tamaño de nódulos (mm)

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	11914.37	<0.0001
BLOQ	3	7.61	0.0181
P	2	11.13	0.0096

LSD Fisher (Alfa=0.05)

P	Medias	E.E.	
80	13.30	0.20	A
40	12.56	0.20	B
0	11.97	0.20	B

8.1.10 Número de nódulos por planta

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	3627.49	<0.0001
BLOQ	3	12.93	0.0050
P	2	44.37	0.0003

LSD Fisher (Alfa=0.05)

P	Medias	E.E.	
80	91.15	2.18	A
40	74.46	2.18	B
0	62.18	2.18	C

8.1.11 Rendimiento granos t/ha

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	157.63	<0.0001
BLOQ	3	7.81	0.0171
P	2	0.93	0.4459

LSD Fisher (Alfa=0.05)

P	Medias	E.E.	
80	1.73	0.21	A
40	1.51	0.21	A
0	1.32	0.21	A

8.2 LADERAS

8.2.1 Densidad de plantas

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	189.85	0.0002
BLOQ	2	5.47	0.0717
P	2	0.66	0.5637

LSD Fisher (Alfa=0.05)

P	Medias	E.E.	
0	13.72	1.62	A
40	13.61	1.62	A
80	11.38	1.62	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

8.2.2 Altura plantas (m)

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	811.20	<0.0001
BLOQ	2	28.01	0.0044
P	2	1.05	0.4301

LSD Fisher (Alfa=0.05)

P	Medias	E.E.	
80	1.19	0.07	A
40	1.15	0.07	A
0	1.05	0.07	A

8.2.3 Numero de vainas por planta

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	315.58	0.0001
BLOQ	2	45.18	0.0018
P	2	11.53	0.0219

LSD Fisher (Alfa=0.05)

P	Medias	E.E.	
80	25.67	1.82	A
40	16.11	1.82	B
0	14.13	1.82	B

8.2.4 Longitud de vaina (cm)

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	5774.93	<0.0001
BLOQ	2	15.90	0.0125
P	2	4.42	0.0969

LSD Fisher (Alfa=0.05)

P	Medias	E.E.	
80	8.02	0.18	A
40	7.79	0.18	A
0	7.30	0.18	B

8.2.5 Número de granos por vaina

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	2870.35	<0.0001
BLOQ	2	20.80	0.0077
P	2	16.43	0.0118

LSD Fisher (Alfa=0.05)

P	Medias	E.E.	
80	4.58	0.13	A
40	4.07	0.13	A
0	3.52	0.13	B

8.2.6 Peso de granos por planta (g)

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	2107.39	<0.0001
BLOQ	2	345.59	<0.0001
P	2	55.73	0.0012

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	2107.39	<0.0001
BLOQ	2	345.59	<0.0001
P	2	55.73	0.0012

LSD Fisher (Alfa=0.05)

P	Medias	E.E.	
80	21.16	0.61	A
40	14.93	0.61	B
0	12.31	0.61	C

8.2.7 Peso de 250 granos

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	5037.48	<0.0001
BLOQ	2	4.67	0.0899
P	2	6.94	0.0500

LSD Fisher (Alfa=0.05)

P	Medias	E.E.	
80	69.05	1.57	A
0	62.09	1.57	B
40	61.70	1.57	B

8.2.8 Índice de Cosecha

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	104.07	0.0005
BLOQ	2	0.33	0.7341
P	2	0.73	0.5382

LSD Fisher (Alfa=0.05)

P	Medias	E.E.	
80	27.13	3.95	A
40	21.58	3.95	A
0	21.06	3.95	A

8.2.9 Tamaño de nódulos (mm)

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	10048.82	<0.0001
BLOQ	2	26.90	0.0048
P	2	23.78	0.0060

LSD Fisher (Alfa=0.05)

P	Medias	E.E.	
80	11.85	0.19	A
40	11.40	0.19	A
0	10.05	0.19	B

8.2.10 Número de nódulos por planta

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1789.12	<0.0001
BLOQ	2	34.45	0.0030

LSD Fisher (Alfa=0.05)

P	Medias	E.E.	
80	60.43	2.07	A
40	52.02	2.07	B
0	39.47	2.07	C

8.2.11 Rendimiento granos t/ha

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	71.29	0.0011
BLOQ	2	18.64	0.0094
P	2	4.01	0.1107

LSD Fisher (Alfa=0.05)

P	Medias	E.E.	
80	1.28	0.19	A
40	0.92	0.19	A B
0	0.53	0.19	B

ANEXO 9: Efecto de las dosis de fósforo 0,40 y 80 P₂O₅ en el diámetro de nódulos en raíz primaria y secundaria del chocho, evaluados en la floración.

TERRAZAS

N° Campo		1			3			6			7			8			9			Promedios		
		0	40	80	0	40	80	0	40	80	0	40	80	0	40	80	0	40	80	0	40	80
Raíz primaria (promedio 5 plantas)	< 5 mm	4.1	4.38	4.9	3.6	2.05	4.05	3.1	3.2	3.9	3.98	4.28	4.5	4.1	4.8	4.7	3	3.1	2.7	3.6	3.6	4.1
	5 - 10 mm	8.2	7.07	8.77	6.5	7.51	7.51	6.4	7.8	8.3	7.1	6.42	7.01	8.5	6.34	7.9	5.3	5.3	5.2	7.0	6.7	7.4
	10 - 15 mm	11.4	14.6	14	11.1	11.2	11.2	11.9	12.7	13.8	12	11.5	10.31	13.7	11.9	14	10.3	11.3	10.2	11.7	12.2	12.3
	> 15 mm	17.7	18	19.2	16.2	17.1	18.2	15.7	17.3	18.4	16	17.75	18.76	16.9	17.8	20.1	15	15.3	16	16.3	17.2	18.4
Raíz secundaria (promedio 5 plantas)	< 5 mm	3.39	3.24	4.78	4.1	3.61	3.74	3.93	4.1	4.1	3.28	3.67	4.84	4.7	41.57	4.7	3.2	3.7	3.9	3.8	10.0	4.3
	5 - 10 mm	7.64	8	9.5	7.1	6.31	7.2	6.75	8.1	8.3	6.41	6.08	6.42	7.3	6.36	8	5.1	6.1	6.3	6.7	6.8	7.6
	10 - 15 mm	14.1	14.3	15	12.11	12.7	14.78	13.5	13.8	15.1	13.1	12.5	13.4	14.7	13.1	13.8	10.1	11	10.78	12.9	12.9	13.8
	> 15 mm	17.2	18.1	19.2	16.3	17.1	18.7	15.8	17.3	18.9	17	18.2	17.3	17.1	18.3	19.1	15.1	15.3	15.2	16.4	17.4	18.1

LADERAS

No Campo		2			4			5			10			11			Promedios		
		0	40	80	0	40	80	0	40	80	0	40	80	0	40	80	0	40	80
Raíz primaria (promedio 5 plantas)	< 5 mm	2.5	1.98	2.9	2.8	3.92	4.1	2.8	4.4	4.7	3.2	4.5	4.9	2.7	2.7	3	2.8	3.5	3.9
	5 - 10 mm	5.2	5.3	5.4	6	6.52	6.68	5.8	6.1	7.2	5.4	6.7	8.5	4	5	5.2	5.3	5.9	6.6
	10 - 15 mm	10.3	10.1	10.2	11	10.4	10.9	10.6	14	14.8	10.7	13.5	14.1	10.2	11.2	11.6	10.6	11.8	12.3
	> 15 mm	0	15.3	15.4	0	15.1	15.5	0	15.6	16.1	0	16	17.5	0	15	15.1	0.0	15.4	15.9
Raíz secundaria (promedio 5 plantas)	< 5 mm	2	2.3	2.4	2.5	3.76	3.8	2.9	3.7	4.1	2.78	4.3	4.8	1.5	2.8	2.98	2.3	3.4	3.6
	5 - 10 mm	5	5	5.4	5.7	5.52	6.03	6.7	7.45	6.7	7.2	8.5	7	5.1	5.3	5.2	5.9	6.4	6.1
	10 - 15 mm	10.6	11.5	11.8	13.5	13.6	13.7	14.2	14.5	15	14.5	14.5	14.45	10.7	10.8	11	12.7	13.0	13.2
	> 15 mm	15.4	15.4	16.14	16.2	16.8	17.4	16	16.8	18.9	17.5	17.96	18.1	15.1	15.6	16.3	16.0	16.5	17.4

ANEXO 10: Modelo de hoja de cultivo, costos unidades de producción por etapas, expresados en \$/ ha. La Encañada 1998.

COSTO DEL CULTIVO DE CHOCHO						
LA ENCAÑADA. CAMPO 1. LAZARO GONZALES - 0 P₂O₅						
VARIEDAD		: BLANCO LOCAL	<table border="1"> <tr> <td>Rendimiento kg/ha :</td> <td align="center">1780</td> </tr> </table>		Rendimiento kg/ha :	1780
Rendimiento kg/ha :	1780					
SISTEMA DE SIEMBRA		: SECANO TERRAZAS	FECHA	15 de diciembre de 1998		
NIVEL TECNOLÓGICO		BAJO	TIPO CAMBIO \$	S/ 3.47		
ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	Nº DE UNIDAD	VALOR UNITARIO (\$.)	COSTO TOTAL (\$.)		
I.- COSTOS DIRECTOS						
1.1. Insumos						
Semilla	Kg.	45	0.58	25.94		
Fertilizantes						
-Super Fosfato Triple de Calcio	Saco	0	17.29	0.00		
1.2. Mano de obra						
Preparación de terreno						
-Desterroneo	Jornal	2	3.46	6.92		
Siembra						
-Siembra al voleo	Jornal	2	3.46	6.92		
-Abonamiento	Jornal	0	3.46	0.00		
Cosecha						
-Arranque de planta/ corte de vainas	Jornal	3	3.46	10.37		
-Carguio a la era	Jornal	1	3.46	3.46		
-Trilla venteo	Jornal	2	3.46	6.92		
1.3 Mecanización						
Preparación de terreno						
Aradura	día/yunta	2	4.32	8.65		
Otros						
Valor terreno	ha	1	175.00	175.00		
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				244.16		
II.- COSTOS INDIRECTOS						
Gastos Administrativos	%		8.00	19.53		
Gastos Financieros	%		3.00	51.27		
Asistencia Técnica	%		5.00	12.21		
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				83.02		
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				327.18		
PRECIO EN CHACRA \$/KG				(Diciembre) 0.6282		
INGRESO \$				1118.27		
UTILIDAD \$				791.09		

ANEXO 11. Proyección económica para *Lupinus mutabilis* Sweet del 2013 - 2021. Fuente: Alva *et al.*, 2013. Adaptado de D'Alesio. Planeamiento estratégico del Tarwi. Tesis Mg. Administración Estratégica de Empresas. Lima, Perú. PUCP.

	Actual	Futura
OLP1 Consumo anual per cápita de Tarwi (kg).	0.38	1.21
OLP2 Rendimiento promedio por hectárea (t/ha).	1.22	2.50
OLP3 Producción anual de Tarwi (t).	11,472	46,229
OLP4 Exportación de Tarwi (t).	259	5,875
OLP5 Número de jornales anuales dedicados a la producción (S/.)	463,459	887,588
<i>Nota.</i> Adaptado de “El proceso estratégico: un enfoque de gerencia (2ª ed.)”, por F. A. D'Alessio, 2013		