



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS Y PECUARIAS

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN RECURSOS FITOGENÉTICOS
POTENCIALES PARA LA AGRICULTURA**

**KUDZU (*Pueraria phaseoloides* Roxb. Benth) COMO FORRAJE EN
ANIMALES Y ABONO VERDE EN LIMA 'PERSA'**

TESIS DE MAESTRIA PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS FITOGENÉTICOS
POTENCIALES PARA LA AGRICULTURA**

PRESENTA

JUAN JOSÉ ROQUE GARCÍA

DIRECTOR DE TESIS

DR. MARCOS PÉREZ SATO

San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México, diciembre 2024.



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS Y PECUARIAS

**MAESTRÍA EN RECURSOS FITOGENÉTICOS POTENCIALES
PARA LA AGRICULTURA**

**KUDZU (*Pueraria phaseoloides* Roxb. Benth) COMO FORRAJE EN
ANIMALAES Y ABONO VERDE EN LIMA 'PERSA'**

TESIS DE MAESTRIA PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS FITOGENÉTICOS
POTENCIALES PARA LA AGRICULTURA**

PRESENTA

JUAN JOSÉ ROQUE GARCÍA

DIRECTOR DE TESIS

DR. MARCOS PÉREZ SATO

ASESORES DE TESIS

DR. RAÚL BERDEJA ARBEU

M.C. RAMIRO ESCOBAR HERNÁNDEZ

M.C. FABIEL VAZQUEZ CRÚZ

San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México, diciembre 2024.

San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México, septiembre 2024.

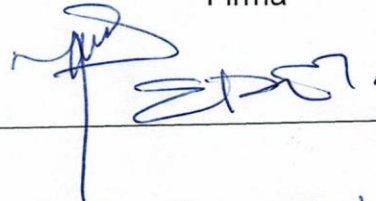
La presente tesis titulada: KUDZU (*Pueraria phaseoloides* Roxb. Benth) COMO FORRAJE EN ANIMALAES Y ABONO VERDE EN LIMA 'PERSA' ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS FITOGENÉTICOS POTENCIALES
PARA LA AGRICULTURA FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

Consejo particular integrado por:

Firma

Director: Dr. Marcos Pérez Sato



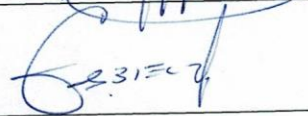
Asesor: Dr. Raul Berdeja Arbeu



Asesor: MC. Ramiro Escobar Hernández



Asesor: MC. Fabiel Vázquez Cruz



San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México, diciembre de 2024.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo quiero dedicar a:

Mis padres Sra. Gabriela de Jesús García Hernández y Sr. Juan Román Roque Méndez. Por estar en esta y todas las etapas de mi vida, cada logro, cada paso más en mi vida es reflejo de su trabajo sin descanso como padres que se ve reflejado en mi educación profesional. Les dedico todos mis logros y victorias que forman parte de su esfuerzo, tenacidad y trabajo.

A toda mi familia por estar presente con sus enseñanzas, con sus palabras de aliento, con el carácter necesario para guiarme, por esos consejos y enseñanzas para poderme superar profesionalmente, sin detenerme y caminando un día a la vez.

Al director de tesis el Doctor Marcos Pérez Sato, por compartir sus conocimientos, por orientarme en este camino, que el día de hoy se ve reflejado en el trabajo y persistencia.

Así como a todo el comité de tesis por su arduo trabajo y dedicación hacía un servidor.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por cuidar de mi en toda esta trayectoria. Quiero agradecer especialmente a mis padres por guiarme, apoyarme, confiar en mí ya que nada sería posible sin su apoyo, ayuda que el día de hoy da fruto en todos mis éxitos hasta el momento y venideros.

Le quiero agradecer a mi familia por estar en los momentos difíciles y en los momentos de felicidad que este camino ha conllevado, que si bien no ha sido fácil hoy me encuentro muy agradecido por todo.

Le agradezco al director de tesis y amigo el Dr. Marcos por su apoyo, su ayuda durante esta investigación, así como la dedicación y atención.

También quiero agradecer a mi mentor y amigo al Dr. Raul Berdeja Arbeu que además de formar parte del comité de esta investigación, me ha guiado y formado con valores, actitudes y responsabilidades dentro del ámbito académico y laboral.

Le agradezco a mis asesores de tesis por la atención prestada, por su tiempo, que además de pertenecer al comité me han guiado a lo largo de mi licenciatura y maestría con sus cátedras de suma importancia.

Finalmente agradezco a mis compañeros por apoyarme y formar parte de este que, si bien no es el mismo camino, pero coincidimos en una pequeña parte de este, gracias por su amistad.

ÍNDICE

Contenido	pagina
ÍNDICE DE CUADROS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo general.....	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
III. HIPÓTESIS.....	15
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	16
4.1 Leguminosas.....	16
4.2 Leguminosa como forraje.....	16
4.3 Leguminosa como cobertera.....	17
4.4 Leguminosas como abono verde.....	18
4.5 Leguminosas como alimento para ganado.....	19
4.6 Kudzu (<i>Pueraria Phaseoloides</i>).....	19
4.7 Propagación y establecimiento de kudzu.....	21
4.8 Plagas y enfermedades del kudzu.....	21
4.9 Trabajos de investigación en kudzu como abono verde.....	21
4.10 Estadística nacional de lima Persa.....	22
4.11 Portainjertos.....	23
4.11 Nutrición mineral.....	24
4.12 Abonos orgánicos.....	24
4.13 Abonos verdes.....	25
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
5.1 Localización del sitio experimental.....	27
5.2 Experimento 1. Propagación, establecimiento y crecimiento de kudzu (<i>Pueraria phaseoloides</i>).....	28
5.3 Manejo del experimento.....	28
5.4 Variables evaluadas.....	28
5.4.1 Porcentaje de planta de kudzu viva en vivero.....	28

5.4.2 Porcentaje de planta de kudzu viva en terreno	28
5.4.3 Porcentaje de cobertura	28
5.4.4 Altura de planta.....	29
5.4.5 Tamaño de estolón	29
5.5 Diseño de tratamientos.....	29
5.6 Diseño experimental	29
5.7 Experimento 2. Características y estudio bromatológico de kudzu (<i>Pueraria phaseoloides</i>).....	30
5.8 Variables evaluadas	30
5.8.1 Peso fresco de biomasa.....	30
5.8.2 Peso seco de biomasa	30
5.9 Análisis bromatológico.....	30
5.9.1 Porcentaje de materia seca.....	30
5.9.2 Cenizas	30
5.9.3 Porcentaje de Nitrógeno	30
5.9.4 Proteína cruda.....	31
5.9.5 Fibra detergente neutro (FDN):.....	31
5.9.6 Fibra detergente ácido (FDA).....	31
5.10 Diseño de tratamientos.....	32
5.11 Diseño experimental	32
5.12 Experimento 3. Kudzu como abono verde en Lima Persa	33
5.13 Manejo agronómico	33
5.14 Variables evaluadas	33
5.15 Variables en lima persa	33
5.15.1 Número de fruto por metro cuadrado	33
5.15.2 Calidad de fruta.....	33
5.15.3 Peso fresco de fruto	33
5.15.4 Diámetro polar de fruto	33
5.15.5 Diámetro ecuatorial de fruto	34
5.15.6 Relación diámetro polar/diámetro ecuatorial.....	34
5.15.7 Grosor de cáscara	34
5.15.8 Sólidos solubles totales.....	34
5.15.9 Porcentaje de acidez.	34

5.15.10 Área foliar	34
5.15.11 Peso fresco	34
5.15.12 Peso seco	34
5.15.13 Peso específico de hoja	35
5.15.14 Porcentaje de nitrógeno en hoja.....	35
5.16 Diseño de tratamientos	35
5.17 Diseño experimental	36
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
VII. CONCLUSIONES.....	55
VIII. REVISIÓN DE LITERATURA.....	56

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	página
Cuadro 1. Valor nutricional de algunas leguminosas.....	18
Cuadro 2. Características del kudzu (<i>Pueraria phaseoloides</i>).....	20
Cuadro 3. Principales estados productores de lima Persa en México.....	22
Cuadro 4. Estadísticas de producción de lima Persa en el Distrito de Desarrollo de Martínez de la Torre Veracruz.....	23
Cuadro 5. Adaptación de los portainjertos al ambiente y enfermedades.....	24
Cuadro 6. Diseño de tratamientos.....	29
Cuadro 7. Diseño de tratamientos.....	32
Cuadro 8. Manejo agronómico en huerta de lima Persa.....	33
Cuadro 9. Diseño de tratamientos.....	35
Cuadro 10. Porcentaje de planta viva en vivero 30 días después y 30 días después de siembra.....	37
Cuadro 11. Porcentaje de cobertera de kudzu a tres diferentes distancias de plantación primavera-verano.....	38
Cuadro 12. Porcentaje de cobertera de kudzu a tres diferentes distancias de plantación otoño-invierno.....	38
Cuadro 13. Altura de planta (cm) de kudzu a tres diferentes distancias de plantación primavera-verano	39
Cuadro 14. Altura de planta (cm) de kudzu a tres diferentes distancias de plantación otoño-invierno.....	39
Cuadro 15. Largo de estolón (cm) de kudzu a tres diferentes distancias de plantación primavera-verano	40
Cuadro 16. Largo de estolón (cm) de kudzu a tres diferentes distancias de plantación otoño-invierno	40
Cuadro 17. Porcentaje de nitrógeno en hojas y tallo de kudzu a diferentes tiempos de corte.....	41
Cuadro 18. Porcentaje de proteína en hojas y tallo de kudzu a diferentes tiempos de corte.....	42

Cuadro 19. Porcentaje de cenizas en hojas y tallo de kudzu a diferentes tiempos de corte.....	43
Cuadro 20. Contenido de Fibra Detergente Neutra en hojas y tallo de kudzu a diferentes tiempos de corte.....	44
Cuadro 21. Contenido de Fibra Detergente Acida en hojas y tallo de kudzu a diferentes tiempos de corte.....	45
Cuadro 22. Promedio de número de frutos por m² en lima Persa injertada en cuatro portainjertos.....	46
Cuadro 23. Promedio de peso de fruto de lima Persa injertada en cuatro portainjertos.....	47
Cuadro 24. Promedio de diámetro polar en frutos de lima Persa injertada en cuatro portainjertos.....	48
Cuadro 25. Promedio de diámetro ecuatorial en frutos de lima Persa injertada en cuatro portainjertos.....	48
Cuadro 26. Promedio relación de d.p/d.e en frutos de lima Persa injertada en cuatro portainjertos.....	49
Cuadro 27. Promedio de grosor de cáscara en frutos de lima Persa injertada en cuatro portainjertos.....	50
Cuadro 28. Promedio de solidos solubles totales (°Brix) en frutos de lima Persa injertada en cuatro porta injertos.....	51
Cuadro 29. Promedio de porcentaje de acidez en frutos de lima Persa injertada en cuatro portainjertos.....	51
Cuadro 30. Promedio de peso específico en hojas (peh)(g.cm⁻²) de lima Persa injertada en cuatro portainjertos.....	52
Cuadro 31. Promedio de porcentaje de nitrógeno (%N) en hojas de lima Persa injertada en cuatro portainjertos.....	53
Cuadro 32. Promedio de porcentaje de fruto de exportación de lima Persa injertada en cuatro portainjertos.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	página
Figura 1. Ubicación de los experimentos 1, 2 y 3 en el rancho San Antonio, Martínez de la Torre, Veracruz.....	27

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como primer objetivo evaluar el establecimiento y crecimiento de kudzu en diferentes densidades de plantación. El diseño experimental fue en serie de experimentos con cuatro tratamientos y 10 repeticiones por tratamiento utilizando una planta como unidad experimental. El mayor porcentaje de cobertura se logró con distancia de plantación de dos metros entre planta en el periodo (otoño-invierno) alcanzando el 100 % a los 90 días la mayor altura de planta fue la de 1 m x 1 m (otoño-invierno) con 24.5 cm y el mayor crecimiento horizontal de planta fue en el tratamiento de 2 m entre planta (otoño-invierno) con 1.67 m. Se concluye que la propagación asexual de kudzu establecida en el periodo otoño-invierno logró el mayor contenido de biomasa. En el segundo experimento el objetivo fue evaluar algunas características bromatológicas de kudzu a distintos tiempos de crecimiento. El diseño experimental fue completamente al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones utilizando una planta como unidad experimental. El mayor porcentaje de proteína fue a los 30 d después del establecimiento con 14.70 % en tallo y 26.306 % en hoja y el mayor contenido de FDN fue a los 150 d con 65.588 % en tallo, 65.624 % en hoja, así mismo el mayor porcentaje de FDA fue a los 150 d con 54.500 % en tallo y 40.692 % en hoja, se concluye que la mejor época para cosechar el kudzu es a los 30 d después de la siembra. En el experimento tres se evaluó el rendimiento y calidad de fruta de lima Persa las cuales estaban injertadas con cuatro diferentes porta-injertos asociadas con kudzu como abono verde. La variedad C-35 presentó mayor rendimiento (2.19 kg/árbol) y mayor calidad.

Palabra claves: calidad de exportación, porta-injerto, establecimiento, orgánico, leguminosa, rumiantes.

ABSTRACT

The first objective of this research was to evaluate the establishment and growth of kudzu at different planting densities. The experimental design was a series of experiments with four treatments and 10 replications per treatment using one plant as the experimental unit. The highest percentage of coverage was achieved with a planting distance of two meters between plants in the period (autumn-winter) reaching 100% after 90 days, the greatest plant height was 1 m x 1 m (autumn-winter) with 24.5 cm and the greatest horizontal plant growth was in the treatment of 2 m between plants (autumn-winter) with 1.67 m. It is concluded that the asexual propagation of kudzu established in the autumn-winter period achieved the highest biomass content. In the second experiment, the objective was to evaluate some bromatological characteristics of kudzu at different growth times. The experimental design was completely randomized with five treatments and five replications using one plant as experimental unit. The highest protein percentage was at 30 d after establishment with 14.70 % in stem and 26.306 % in leaf and the highest NDF content was at 150 d with 65.588 % in stem, 65.624 % in leaf, likewise the highest percentage of FDA was at 150 d with 54.500 % in stem and 40.692 % in leaf, it is concluded that the best time to harvest kudzu is at 30 d after planting. In experiment three, the yield and quality of Persian lime fruit were evaluated, which were grafted with four different rootstocks associated with kudzu as green manure. Variety C-35 showed higher yield (2.19 kg/tree) and higher quality.

Keyword: export quality, rootstock, establishment, organic, legume, ruminants.

I. INTRODUCCIÓN

El kudzu (*Pueraria phaseoloides* Roxb. Benth) es una enredadera de crecimiento veloz y vigoroso que tiene la capacidad de dañar otras plantas mediante una densa capa de hojas y su capacidad para asfixiar los tallos leñosos y los troncos de los árboles. Su peso puede romper ramas o incluso arrancar árboles y arbustos enteros (CABI, 2014). Esta planta ha sido ampliamente introducida en las regiones tropicales y subtropicales para su uso como forraje para el ganado, control de la erosión del suelo y mejora del suelo (Skerman *et al.*, 1991; Cook *et al.*, 2005). Además, se usa como cultivo de cobertura en plantaciones de palma aceitera, caucho y coco. Cuando se cultiva junto a otras leguminosas, el kudzu ayuda a suprimir las malezas, controla la erosión en colinas y enriquece el suelo al fijar nitrógeno atmosférico (CABI, 2014).

Pueraria phaseoloides es una leguminosa forrajera que, se puede combinar con gramíneas y así mejorar la calidad de esta, aumenta digestibilidad y porcentaje de proteína (Carvalho da Paz *et al.*, 2016). Aunado a lo anterior junto con bacterias simbióticas enriquecen al suelo con nitrógeno y beneficia al desarrollo fisiológico de los cultivos subsecuentes (Sarr *et al.*, 2016).

El entendimiento de la simbiosis entre bacterias diazotróficas, como los rizobios, y las plantas leguminosas ha facilitado el desarrollo y uso de biofertilizantes basados en estos microorganismos. Esta práctica ayuda a reducir la necesidad de aplicar fertilizantes minerales (Saldaña, 2017).

El kudzu (*Pueraria phaseoloides*) en México sus funciones son las siguientes: como forraje de corte, abono verde, bancos de proteína, ensilaje, heno, cobertura y control de malezas (Villanueva-Avalos *et al.*, 2010).

En Martínez de la Torre Veracruz hay grandes superficies de potreros y cítricos, ambas prácticas requieren de leguminosas como suministro alimenticio de ganado y como abono verde en Lima Persa. Algunas de las características que deben de tener las leguminosas son: que sean perenes, tolerancia a la sombra, generación de mucha biomasa y que toleren el pastoreo.

Actualmente Martínez de la Torre, Veracruz cuenta con una grande superficie de plantación de Lima Persa 15,579 ha (SIAP, 2022) así como extensiones de potreros para ganadería las cuales son fertilizadas con fertilizantes químicos. Hoy en día el mercado y los consumidores buscan adquirir alimentos inocuos y una alternativa en la nutrición animal para sustituir el uso de fertilizantes y al mismo tiempo crear un banco de proteína para alimentación es el empleo de leguminosas.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Conocer rendimiento, calidad nutrimental y densidad de siembra de kudzu para alimentación en rumiantes y sirva para aumentar la producción de lima Persa en frutos de exportación.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar la densidad de siembra del kudzu para utilizarla como cobertera
- Analizar biomasa y calidad nutrimental del kudzu para rumiantes en diferentes etapas de crecimiento
- Evaluar el rendimiento y crecimiento vegetativo de fruto para exportación en lima 'Persa' con cobertera orgánica de kudzu incorporada al suelo

III. HIPÓTESIS

- El contenido nutricional de kudzu presentara las mejores características a un menor tiempo de corte y crecimiento de biomasa.
- El desarrollo y cubierta vegetal de kudzu tendrá un mejor resultado al establecerse a un mayor espaciamiento entre distancia de planta.
- El crecimiento vegetativo, el rendimiento y calidad de fruto en lima Persa injertada en diferentes portainjertos con nutrición orgánica con kudzu, se afecta por el portainjerto utilizado.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Leguminosas

Las Leguminosas o Fabáceas, una familia que engloba diversas formas de vida vegetal como árboles, arbustos, hierbas y trepadoras, se encuentran distribuidas por todo el mundo (Cantero, 2019). Excepto las regiones árticas y antárticas. Este grupo de plantas es fundamental en una amplia variedad de biomas, desde climas templados y mediterráneos hasta ecosistemas tropicales, sabanas y selvas, aunque no suelen habitar en regiones polares ni desérticas (Schrire *et al.*, 2005). La familia presenta características morfológicas y mucha diversidad de forma de vida, que va desde árboles gigantes, leñosas, arbustos del, hierbas, plantas acuáticas y algunas plantas adaptadas al fuego (Lewis *et al.*, 2005).

4.2 Leguminosa como forraje

La mayoría de los árboles forrajeros utilizados como alimento para el ganado en zonas tropicales proporcionan los minerales necesarios, tanto macro como micro, para satisfacer las necesidades nutricionales de la ganadería en estas áreas. Esto los convierte en valiosos recursos alimenticios para la producción de carne y leche en entornos tropicales, así mismo como fuente de proteína de bajo costo, y cuyo uso como fuentes forrajeras ayuda a incrementar la calidad de la dieta de los animales (McDowell *et al.*, 1989). En el Cuadro 1 se presentan algunos valores nutricionales de algunas leguminosas.

Los rumiantes por sus características específicas se benefician con el consumo de leguminosas ya que mejoran la concentración de microorganismos ruminales en especial la de bacterias celulíticas (Chanthakhoun *et al.*, 2011).

Cuadro 1. Valor nutricional de algunas leguminosas.

Especie	Fracción	Pc	Fda	Fdn	L	Divms	País
<i>Morus alba</i>	Total	24.8	28.5	46.4	-	81	Costa Rica
<i>Leucaena leucocephala</i>	Total	30.4	27.7	45.7	6.4	68.2	México
<i>Gliricidia sepium</i>	Total	24.3	20.7	35.2	7.5	77.8	Venezuela
<i>Crayla argentea</i>	Hojas	19.5	34.1	60.2	-	61.9	Colombia
<i>Moringa Oleifera</i>	Total	26.7	35.2	47.7	-	60	Nicaragua
<i>Trichanthera gigantea</i>	Total	19.9	40.7	33.9	-	67.4	costa Rica
<i>Albizia lebbbeck</i>	Total	20.7	35.4	46.2	8.5	78.8	Cuba

Pc: proteína cruda; Fda: fibra detergente ácido; Fdn: fibra detergente neutro; L: lignina, Divms: digestibilidad in vitro de la materia seca; morera (*Morus alba*); leucaena (*Leucaena leucocephala*); mataradón (*Gliricidia sepium*); cratalia (*Craylia argentea*); guaireña (*Moringa oleífera*); nacedero (*Trichanthera gigantea*); siris (*Albizia lebbbeck*). Fuente, (Clavero, 2011).

4.3 Leguminosa como cobertera

Las leguminosas, debido a su evolución y sus aportes tanto a los agroecosistemas como al ecosistema global, se han vuelto esenciales en la agrobiodiversidad y son una característica clave de los sistemas productivos agroecológicos. Entre sus múltiples beneficios, destacan su capacidad multifuncional desde su establecimiento, su papel en los ciclos de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, y su participación en dos tipos de simbiosis que les permiten ser autosuficientes. Además, contribuyen directa e indirectamente a la nutrición y salud de las plantas, ya sea mediante su uso como abonos verdes o acolchados (SEAE, 2016).

Incorporar leguminosas de cobertura en los sistemas de producción puede ser una estrategia efectiva para mejorar la fertilidad del suelo. Estas plantas tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico y mejorar tanto las propiedades físicas como químicas del suelo. Además, pueden ayudar a reducir la erosión, incrementar la actividad biológica en el suelo y controlar las malezas y plagas del suelo, además de ser utilizadas como alimento o forraje (Binder, 1997).

El empleo de leguminosas permite la fijación y activación biológica de nitrógeno, lo que lo hace una alternativa de fertilización (Frioni, 1990), incrementa el contenido

de materia orgánica (Lok, 2010), por consecuencia se incrementa la producción de biomasa (Skerman *et al.*, 1991) y, según Vargas y Valdivia (2005), el pH y la estructura del suelo mejora significativamente, así como favorece a la actividad microbiana edáfica y el recubrimiento del suelo.

Actúan para prevenir y contrarrestar la erosión del suelo, estas plantas aportan nutrientes al suelo (Coultas *et al.*, 1996), ya sea incorporadas como abonos verdes (Steinmaier y Ngoliya, 2001) o en rotación de cultivos (Carsky *et al.*, 1996) o intercalados (Kirchhof y Salako, 2000), con la capacidad de satisfacer total o parcialmente las demandas nutricionales del cultivo comercial. (Griffin *et al.*, 2000; Muraoka *et al.*, 2002).

4.4 Leguminosas como abono verde

En México los suelos presentan deficiencias en materia orgánica la cual muchas veces se le suelen cubrir con abonos orgánicos como estiércoles de diferentes especies de animales, algunos residuos de cosecha entre otros (Trinidad y Velasco, 2016)

Los abonos verdes se emplean en la agricultura para restaurar los suelos cultivables, utilizando una variedad de plantas como gramíneas, leguminosas y crucíferas, entre otras. Ejemplos de géneros utilizados incluyen *Avena*, *Canavalia*, *Crotalaria*, *Lens*, *Sesbania*, *Mucuna* y *Vicia*. Su propósito es mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (FAO, 2000).

El abono verde de leguminosas se utiliza para mantener o mejorar la fertilidad del suelo al incorporar materia vegetal sin descomponer. En la agricultura convencional, este abono se cultiva durante un tiempo específico y luego se mezcla con el suelo mediante labranza para su descomposición. Esto conlleva a un aumento en la actividad microbiana y una liberación repentina de nutrientes en gran cantidad, los cuales no pueden ser absorbidos por las plantas del siguiente cultivo y se pierden en el sistema. Las especies de leguminosas más usadas como abono verde son las vicias, alfalfa, meliloto, trébol, mucuna y otros (Benites y Bot, 2014).

4.5 Leguminosas como alimento para ganado

Dentro de las leguminosas en la nutrición animal se encuentra la alfalfa las cuales son utilizadas para la alimentación de rumiantes. Además de las anteriores existen especies como: que son principalmente utilizadas en la alimentación de no rumiantes (aves y cerdos). Del punto de vista de la nutrición de rumiantes las leguminosas se pueden dividir en dos categorías: las forrajeras y las leguminosas-grano. Entre las primeras se encuentran especies como alfalfa (*Medicago sativa*), trébol blanco (*Trifolium repens*), trébol rojo (*Trifolium pratense*) y otras, utilizadas tradicionalmente en la alimentación de los animales rumiantes como forraje. El segundo grupo incluye principalmente haba (*Vicia faba*), guisante (*Pisum sativum*) y diversas especies de altramuz (*Lupinus spp*), que se usan sobre todo en alimentación de aves y cerdos principalmente, aunque también, en menor medida, en alimentos para rumiantes. El uso de las leguminosas ha cobrado importancia debido a la prohibición de fuentes de proteína de origen animal las cuales traen como consecuencia problemas en la salud animal, aunado a lo anterior el uso de las leguminosas permite transitar hacia sistemas agroalimentarios sostenibles. (Voisin *et al.*, 2014).

La alfalfa y los tréboles se utilizan comúnmente como forraje en la alimentación de rumiantes (Wilkins y Jones, 2000). Soto-Navarro *et al.*, 2004 Mencionan que al utilizar *Pisum sativum* como forraje en terneros no se afectó la digestibilidad de los nutrientes, pero si se vio afectado el consumo de materia seca esto debido muy probablemente a la presencia de metabolitos secundarios.

De igual manera Gelvin *et al.* 2004 mencionan que *Pisum sativum* no afecta la fermentación ruminal ni la digestibilidad de nutrientes en dietas de corderos observaron que la planta de guisante, utilizada como forraje, no afectaba la fermentación ruminal ni a la digestibilidad de nutrientes en terneros.

4.6 Kudzu (*Pueraria Phaseoloides*)

El kudzu tropical es una leguminosa que se utiliza como cobertura en diversos tipos de asociaciones con otros cultivos así como, para pastoreo, como banco de proteínas y abono verde. El kudzu es una planta tropical con tallos herbáceos, que reverdece durante todo el año (perenne), con un crecimiento veloz y de tipo rastrero,

es una planta con la capacidad de treparse y enredarse en otros cultivos y es una especie voluble. El Cuadro 2 detalla las características del kudzu (*Pueraria phaseoloides*), que incluye hojas trifoliadas de forma triangular ovalada con pubescencia en la superficie inferior, flores de color púrpura, y vainas ligeramente curvadas y pubescentes. Además, tiene un sistema radicular fuerte y profundo que produce nódulos nitrificantes en abundancia de manera natural (Peters *et al.*, 2010).

Cuadro 2. Características del Kudzu (*Pueraria phaseoloides*).

<i>Pueraria phaseoloides</i>	Características
Familia	Leguminosa
Ciclo vegetativo	Perenne
Adaptación pH	3.5 - 5.5
Fertilidad al suelo	Mediana - alta
Drenaje	Buen drenaje, aguanta encharcamiento
Altitud (m.s.n.m.)	0 - 1600 m
Precipitación	> 1500 mm
Densidad de siembra	4 kg ha ⁻¹ escarificada
Profundidad de Siembra	1 - 2 cm
Valor nutritivo	Proteína 18 - 20 %, digestibilidad 60 - 70 %
Utilización	Cobertera en plantaciones, pastoreo, abono verde, y banco de proteína

Fuente. (Peters *et.al.*, 2010.)

Se ha extendido considerablemente en las regiones tropicales y subtropicales del planeta, donde se utiliza principalmente como forraje para el ganado, para controlar la erosión y para mejorar las características del suelo (Cook *et al.*, 2005). Se emplea como cultivo de cobertura en palma aceitera, caucho y coco. Cuando se cultiva con otras especies de leguminosas suprime la infestación de malezas, controla la erosión en las laderas de las colinas, enriquece el suelo por la fijación del nitrógeno atmosférico (CABI, 2014).

4.7 Propagación y establecimiento de kudzu

Cosecha de planta. En el lugar donde se encuentra establecido se localizan plantas de kudzu, después se sacan las plantas completas con raíz y se cortan entre los nudos que tengan un mejor y vigoroso sistema radicular (longitud de 30 cm).

Sustrato en bolsas. Son empleadas bolsas de polietileno negras de 15 x 20 cm, las cuales son agujeradas en la base en la base y llenadas con humus (tierra de monte).

Establecimiento en bolsas de vivero. Las plantas con las raíces más grandes y fuertes se siembran formando una U hacia la bolsa y se cubre con humus. Plantas que permanecerán tres meses en el vivero para poder ser trasplantadas a campo.

Trasplante en campo. Se establecen a campo de dos cuatro plantas de kudzu por árbol de acuerdo con el recubrimiento que se desee obtener, si son colocadas cuatro plantas por árbol estas serán ubicadas en cada uno de los puntos cardinales colocándolas en la zona de goteo del árbol.

Planta establecida en campo. Un año después de la siembra dependiendo del ambiente, la leguminosa cubre el terreno al 100 % y cuando alcanza una altura de 50 cm se chapea para que se utilice como abono verde, esta actividad se realiza cada cuatro meses (Berdeja *et al.* 2022).

4.8 Plagas y enfermedades del kudzu

Las plagas asociadas a esta especie incluyen la mancha foliar (*Pseudocercospora puerariae*), que es frecuente en toda América tropical, y *Colletotrichum gloeosporioides*, la cual ha sido reportada en el kudzu en Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela y varias islas del Caribe (FAO, 2013). *Pueraria phaseoloides* puede ser portador de la roya de la soya (*Phakopsora pachyrhizi*), esta plaga no es considerada como plaga de importancia económica en México (SENASICA, 2013).

4.9 Trabajos de investigación en kudzu como abono verde

En el estudio de Berdeja *et al.* (2018) sobre la nutrición orgánica contra nutrición química en árboles de lima Persa, no se observaron diferencias estadísticas significativas en el número de frutos por árbol, el peso de los frutos, el diámetro, el grosor de la cáscara ni el número de frutos por rama. Además, el porcentaje de frutos destinados a la exportación superó el 89 %.

4.10 Estadística nacional de lima Persa

Veracruz, Oaxaca y Tabasco, son los principales estados productores de toda la república mexicana que en conjunto representan más del 60 % de la superficie nacional (SIAP, 2022).

En el Cuadro 3 se presentan los principales estados productores de lima Persa a nivel nacional.

Cuadro 3. Principales estados productores de lima Persa en México.

Estado	Ha	t ha ⁻¹	%
Veracruz	57,857.46	16.53	48.808
Oaxaca	16,819.20	13.34	15.491
Tabasco	7,236.82	12.51	7.554
Jalisco	6,031.80	18.04	5.839
Yucatán	5,788.50	22.02	3.404
Quintana Roo	4,701.50	11.06	3.292
Michoacán	3,236.50	11.06	2.773
Puebla	3,065.79	15.12	2.765
Nayarit	3,001.00	12.28	2.544
Chiapas	2,832.30	6.84	2.39
Campeche	1,872.50	9.4	2.139
Sinaloa	1,339.85	16.45	0.918
Colima	904.73	14.05	0.692
Zacatecas	496	22.53	0.404
Morelos	408.5	12.08	0.313

Fuente: SIAP, 2022.

El distrito de desarrollo de Martínez de la Torre, Veracruz, es el distrito con más relevancia en México en cuanto a plantación de lima Persa que cuenta con 35,434 ha (SIAP, 2022). En el Cuadro 4 se presentan los municipios productores de esta variedad.

Cuadro 4. Estadísticas de producción de lima 'Persa' en el Distrito de Desarrollo de Martínez de la Torre Veracruz.

Municipio	ha	tha⁻¹	%
Martínez de la Torre	15,579	17.75	43.797
Atzalan	5,768	18.2	16.433
San Rafael	4,556	15.6	12.965
Tlapacoyan	3,757	19.89	10.712
Papantla	1,878	15.1	5.336
Nautla	1,279	15.2	3.407
Misantla	1,124	18.72	3.17
Tecolutla	637	15.2	1.82
Espinal	526.5	17.52	1.481
Gutiérrez Zamora	142	16	0.399
Vega de Alatorre	98	15.6	0.251
Coxquihui	90	19.09	0.222
Total	35,434.00	13.8	100

Fuente: SIAP, 2022.

4.11 Portainjertos

Los portainjertos en los cítricos ayudan a la adaptación al entorno, así como a la resistencia a plagas y enfermedades, y también influyen en el rendimiento de los frutos. Entre los portainjertos más utilizados en la citricultura se encuentran: naranjo Agrio, limón Volkameriana, lima Rangpur, Alemow, mandarina Cleopatra, naranjo Trifoliado, citrange Carrizo, citrange Troyer y citrumelo Swingle (Spiegel y godschmidt, 1996). En el Cuadro 5 se presentan las características de portainjertos en adaptación al ambiente y enfermedades.

Cuadro 5. Adaptación de los portainjertos al ambiente y enfermedades.

Portainjerto	Salinida	Sequía	Phytophthora	Nemátodos	VTC
Swingle	Bajo	Medio	Tolera	Tolera	Tolera
Carrizo	Bajo	Tolera	Medio	Susceptible	Tolera
C35	Bajo	?	Tolera	Tolera	Tolera
Volkameriana	Medio	Tolera	Tolera	Susceptible	Tolera

VTC: Virus tristeza de los cítricos., ?: Desconocido

Fuente: Castle *et al.*, 2016

4.11 Nutrición mineral

La nutrición vegetal es el campo que examina los requerimientos alimenticios de las plantas y el proceso mediante el cual absorben los nutrientes. La nutrición de las plantas puede ser orgánica o inorgánica, esta última se refiere a los fertilizantes químicos (Alcántar y Trejo, 2008).

El manejo nutrimental a través de la fertilización es un control cultural importante en las enfermedades de las plantas y un componente integral de la producción agrícola (Huber, 1989; Fageria *et al.*, 1997). Las plantas con una nutrición mineral equilibrada son más resistentes a las enfermedades, ya que tienen una mejor capacidad para prevenir nuevas infecciones y controlar las existentes, en comparación con aquellas que reciben nutrientes en exceso o en deficiencia. La severidad de muchas enfermedades de las plantas puede reducirse mediante control químico, biológico y genético, e incrementarse con la propia nutrición (Huber, 1989).

4.12 Abonos orgánicos

El abono orgánico es el producto de la descomposición natural de materia orgánica a través de los microorganismos presentes en el ambiente. Estos microorganismos descomponen los materiales, convirtiéndolos en sustancias beneficiosas que enriquecen el suelo y, por ende, las plantas que crecen en él. Este proceso de descomposición, que puede ser aeróbico o anaeróbico, se controla y acelera para obtener un producto estable y de gran valor como mejorador del suelo (Medina *et al.*, 2010).

Una alternativa a los fertilizantes es el uso de abonos orgánicos (como compost y biosólidos) o órgano-minerales, que contienen nitrógeno en formas orgánicas relativamente estables, las cuales se mineralizan gradualmente y se vuelven disponibles para las plantas (Lamsfus, 2003). En este mismo sentido, se indica que la fertilización orgánica sustituye en gran medida el uso de fertilizantes minerales (Soto, 2006).

Los abonos orgánicos contienen altos niveles de nitrógeno mineral y cantidades importantes de otros nutrientes para las plantas (Cegarra *et al.*, 1993). Según el nivel aplicado, estos abonos pueden incrementar la materia orgánica del suelo, su capacidad para retener humedad y su pH (Ouédraogo *et al.*, 2001; Courtney y Mullen, 2008), así como elevar los niveles disponibles de potasio (Erhart y Hartl, 2003) y los niveles de magnesio y calcio (Miyasaka *et al.*, 2001). De acuerdo con las características físicas, mejoran la infiltración de agua, la estructura del suelo y la conductividad hidráulica; reducen la densidad aparente y la tasa de evaporación, además de favorecer a un estado adecuado de fitosanidad de las plantas (Andrea, 2004).

4.13 Abonos verdes

Los abonos verdes comprenden plantas, partes de plantas, residuos de cosechas anteriores o residuos vegetales creados específicamente para este propósito. Estos materiales, que suelen ser incorporados al suelo, también pueden usarse como cultivos de cobertura. Su principal objetivo es aumentar el contenido de nutrientes del suelo y mejorar su estructura. Estos cultivos pueden formar parte de un programa de rotación, sistemas de asociación de cultivos, o servir como una medida de protección contra la erosión. La utilización de abonos verdes se está estableciendo como una tecnología efectiva para conservar y mejorar la fertilidad del suelo (Singh *et al.*, 2010).

Los abonos verdes se utilizan en la agricultura para restaurar los suelos agrícolas, y se emplean diversas plantas como gramíneas, leguminosas y crucíferas, entre otras. Algunos géneros comunes incluyen Avena, Anavalia, Crotalaria, Lens, Sesbania, Mucuna y Vicia. Los abonos verdes desempeñan funciones clave en la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (FAO, 2000).

La transición de la producción convencional a la orgánica conlleva cambios en las propiedades químicas del suelo y en los procesos que afectan su fertilidad (Herencia *et al.*, 2008). Estos cambios impactan la disponibilidad de nutrientes para los cultivos, ya sea de manera directa, alterando el contenido de nutrientes en el suelo, o indirectamente, a través de modificaciones químicas y físicas en el suelo (Wienhold, 2005). El aumento de materia orgánica durante el periodo de transición, que incluye la aplicación de abonos verdes, ocurre de manera gradual, a menudo durante varios años y puede tener un impacto significativo en la productividad a largo plazo (Johnston *et al.*, 2009). La cantidad de materia orgánica acumulada y el contenido de nutrientes en el suelo dependen principalmente de la tasa de descomposición, el tipo de material utilizado y las prácticas de manejo agronómico (Beltrán-Morales *et al.*, 2006).

Investigaciones sobre el uso de leguminosas como abonos verdes en suelos de sabanas tropicales destacan su potencial para ser empleadas en la fertilización verde, ofreciendo una alternativa económica a los fertilizantes en la agricultura agroecológica. Uno de los principales desafíos para los agricultores en estas áreas es que a menudo trabajan en suelos desgastados por años de cultivo o por la falta de nutrientes. Además, estas plantas contribuyen positivamente al medio ambiente al proteger los suelos y reducir pérdidas causadas por procesos como la lixiviación y la erosión, que afectan la calidad del suelo, especialmente en regiones tropicales (Teodoro *et al.*, 2011).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización del sitio experimental

El presente experimento fue realizado en el Mnpio. de Martínez de la Torre, Veracruz, en el Rancho 'San Antonio' (Figura 1) el lugar está a 120 msnm, entre los paralelos 19° 58' y 20° 17' de latitud norte y, los meridianos 96° 56' y 97° 10' de longitud oeste. El sitio experimental cuenta con un clima cálido húmedo, que presenta lluvias durante todo el año, una temperatura promedio anual superior a 26 °C y una precipitación anual promedio de 1626 mm. (García, 1987).

El presente trabajo de investigación se realizó en tres experimentos ubicados dentro del Rancho San Antonio como se muestra en la Figura 1.

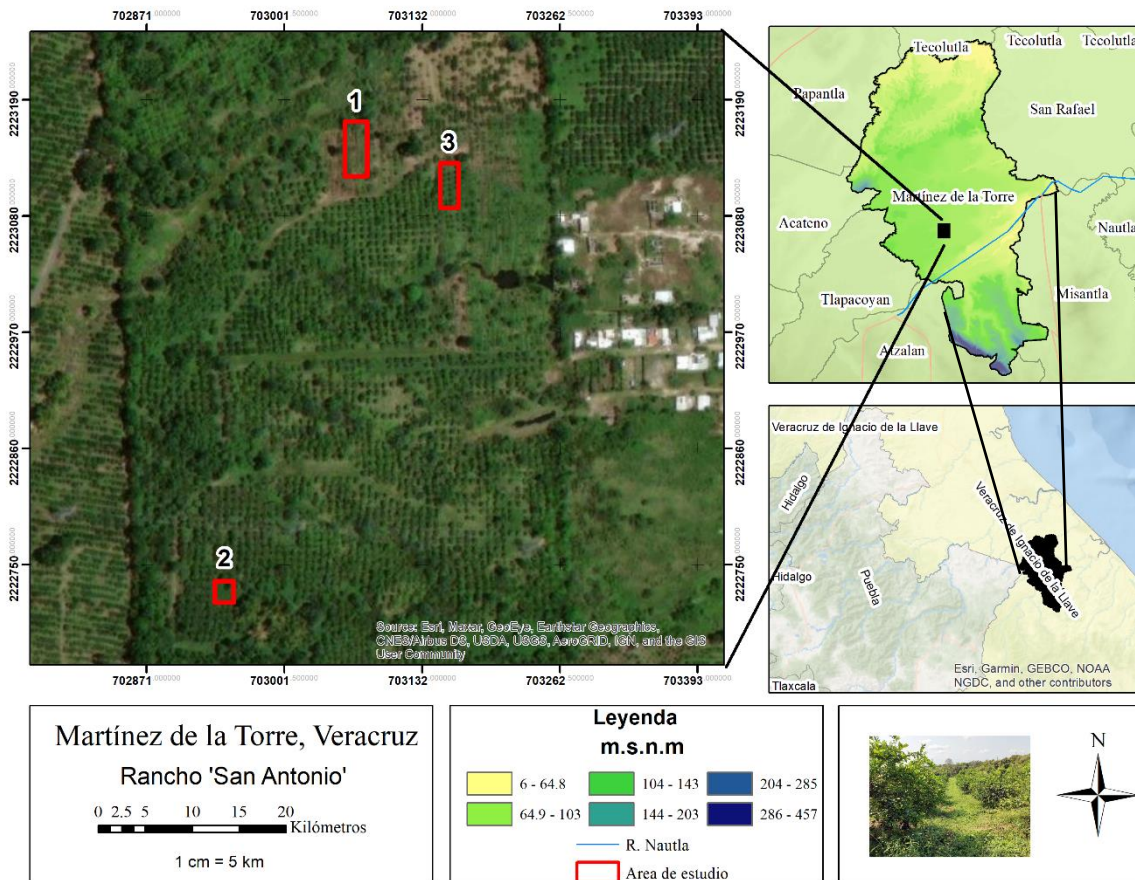


Figura 1. Ubicación de los experimentos 1, 2 y 3 en el rancho San Antonio, Martínez de la Torre, Veracruz. Elaboración propia.

5.2 Experimento 1. Propagación, establecimiento y crecimiento de kudzu (*Pueraria phaseoloides*)

Se utilizó la metodología de propagación y establecimiento de kudzu de acuerdo con (Berdeja *et al.*, 2022).

5.3 Manejo del experimento

La propagación de kudzu se hizo de forma asexual por medio de estolones y se realizara en base a la metodología mencionada por (Berdeja *et al.*, 2022).

1. **Estolón.** En la ubicación con planta de kudzu establecida, se localizan plantas, se sacan los tallos completos y se cortan los nudos que presenten raíces vigorosas (longitud de 30 cm).
2. **Bolsas para el vivero.** Se emplearon bolsas de polietileno negras de 15×20 cm, perforadas en la base y se llenaron con humus (tierra de monte).
3. **Establecimiento en bolsas.** Las plantas y tallos con mejor sistema radicular se sembraron en bolsa las cuales permanecen un mes en vivero para después ser trasplantadas a campo.
4. **Establecimiento a campo.** Se sembraron en campo de acuerdo con el diseño de tratamientos.

Las características del suelo fueron los siguientes

5.4 Variables evaluadas

5.4.1 Porcentaje de planta de kudzu viva en vivero: treinta días después de la siembra en vivero se contaron el número de plantas vivas.

5.4.2 Porcentaje de planta de kudzu viva en terreno: dos meses después de la siembra en campo se contó el porcentaje de plantas vivas.

Para evaluar el crecimiento cada 60, 90, 120 y 150 días después del establecimiento de las plantas se evaluaron:

5.4.3 Porcentaje de cobertura: utilizando un cuadrado de metal de 1 m x 1 m se estimó de manera visual el porcentaje de recubrimiento que abarco el kudzu (Orduz *et al.*, 2011)

5.4.4 Altura de planta: esta se midió desde la base del suelo hasta el ápice de la panta y se midieron 10 plantas por cada tratamiento (Barrios *et al.* 2011).

5.4.5 Tamaño de estolón: se midió el crecimiento lateral del kudzu (estolón) con flexómetro.

5.5 Diseño de tratamientos

En el Cuadro 6 se presenta el diseño de tratamientos del experimento uno.

Cuadro 6. Diseño de tratamientos

Tratamiento	Descripción
Tratamiento 1	Trasplante a campo 1 m
Tratamiento 2	Trasplante a campo a doble hilera 1 x 0.30 m
Tratamiento 3	Trasplante a campo 2 m

5.6 Diseño experimental

El diseño que se empleo fue bloques completamente al azar con tres tratamientos y 10 repeticiones, utilizando una planta de kudzu como unidad experimental. Se realizaron análisis de varianza y pruebas por el método de Tukey ($P \leq 0.05$), se utilizó el paquete estadístico SAS.

Para el BCA se utilizó el siguiente estadístico de prueba:

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

Y_{ij} = Respuesta observada con el tratamiento i en el bloque j

μ = Media general

T_i = Efecto del tratamiento i ; $i = 1, 2, 3, \dots, t$

β_j = Efecto del bloque j ; $j = 1, 2, 3, \dots, i$

ϵ_{ij} = Termino de error asociado al tratamiento i en el bloque j

5.7 Experimento 2. Características y estudio bromatológico de kudzu

(*Pueraria phaseoloides*)

El área de estudio fue de 27 m x 5.40 m, sembrado con kudzu, el día 01 de febrero del 2023 con una desbrozadora de motor se podó el kudzu a una altura de 30 centímetros. Posteriormente el terreno se dividió en cinco secciones, cada una de 5.40 m x 2.6 m de ancho.

5.8 Variables evaluadas

Se evaluaron las siguientes variables:

5.8.1 Peso fresco de biomasa: de cada tratamiento se cosechó el kudzu y se pesó en fresco, con los datos obtenidos se calculó el rendimiento de kudzu por ha.

5.8.2 Peso seco de biomasa: se llevó a una estufa de secado por cuatro días a 60 °C y se tomaron el peso seco de la biomasa, con los datos obtenidos se calculó el rendimiento de kudzu por ha.

5.9 Análisis bromatológico: Se realizó un Análisis Químico Proximal (AQP) de la biomasa obtenida de cada corte y se determinó en el laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, ubicada en las instalaciones de Ingeniera Agronómica y Zootecnia, Tlatlauquitepec, Puebla.

Se evaluaron las siguientes variables:

5.9.1 Porcentaje de materia seca: Se determinó materia para la cual se tomó el peso fresco y seco aplicando una fórmula por el método de microkjeldahl (AOAC, 1990).

$$\%MS = \frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso seco})}{\text{Peso inicial}}$$

5.9.2 Cenizas: Se determinó por el método de microkjeldahl (AOAC, 1990).

5.9.3 Porcentaje de Nitrógeno: La determinación del N se realizó por el método Kjeldahl número 2.062 de AOAC (AOAC 1990): digestión con ácido sulfúrico y posterior destilación y titulación.

$$\%N = \frac{(ml)(N)(1.4)}{pm}$$

ml= gasto del ácido

N= normalidad del ácido

pm= peso de la muestra

5.9.4 Proteína cruda: Se realizó empleando el método universal de microkjeldahl (AOAC, 1990). Empleando la siguiente fórmula:

$$P = (\%N)(6.25)$$

%N= porcentaje de nitrógeno

5.9.5 Fibra detergente neutro (FDN): Se determinó por el método que indica (Van Soest *et al.*, 1991).

5.9.6 Fibra detergente ácido (FDA): Se determinó por el método que indica (Van Soest *et al.*, 1991).

5.10 Diseño de tratamientos

En el Cuadro 7 se presenta el diseño de tratamientos del segundo experimento.

Cuadro 7. Diseño de tratamientos

Tratamiento	Descripción
30 días	30 días después de podado el kudzu, se cortó a una altura de 30 cm del suelo.
60	60 días después de podado el kudzu, se cortó a una altura de 30 cm del suelo.
90	90 días después de podado el kudzu, se cortó a una altura de 30 cm del suelo.
120	120 días después de podado el kudzu, se cortó a una altura de 30 cm del suelo.
150	150 días después de podado el kudzu, se cortó a una altura de 30 cm del suelo.

5.11 Diseño experimental

El diseño que se utilizó fue completamente al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones, utilizando una planta de kudzu como unidad experimental. Se realizó análisis de varianza y pruebas por el método de Tukey ($P \leq 0.05$), se utilizó el paquete estadístico SAS.

Para el CA se utilizó el siguiente estadístico de prueba:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Respuesta observada con el tratamiento i

μ = El efecto medio

T_i = Es el efecto de i -ésimo tratamiento

ϵ_{ij} = Error experimental

5.12 Experimento 3. Kudzu como abono verde en Lima Persa

Se evaluó el efecto del Kudzu como abono verde en lima Persa injertada en limón Volkameriana, Citrange Carrizo, C-35 y Citrumelo Swingle. Los árboles con edad de 5 años, con distancias de plantación de 6 x 5 m. El kudzu está establecido en el terreno del Rancho San Antonio desde el año 2019.

5.13 Manejo agronómico

A partir del mes de enero de 2023 se realizaron las siguientes actividades mencionadas en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Manejo agronómico en huerta de lima Persa

Actividad	Época
Poda	Enero y Junio
Control de plagas y enfermedades	Dependiendo la incidencia
Chapeo de kudzu	Cada 2 meses

5.14 Variables evaluadas

5.15 Variables en lima persa

Al inicio del experimento los árboles se podaron para eliminar chupones, levantar y descentrar copa.

Cada mes fueron evaluados:

5.15.1 Número de fruto por metro cuadrado: se colocó un cuadrado de 1 m x 1 m en la parte media de la copa y se contabilizó de forma visual el número de frutos de cosecha por metro cuadrado.

5.15.2 Calidad de fruta: Porcentaje de frutos de exportación por árbol. De cada tratamiento se cosecharon 100 frutos y se obtuvo el porcentaje de frutos de exportación, el cual se basa en la marca oficial México Calidad Selecta en limón Persa (SAGARPA, 2004).

De cada tratamiento se tomaron 20 frutos y se midieron:

5.15.3 Peso fresco de fruto: se pesó el fruto en fresco con báscula digital

5.15.4 Diámetro polar de fruto: se midió la altura de la fruta con vernier digital.

5.15.5 Diámetro ecuatorial de fruto: se midió el ancho de la fruta con vernier digital.

5.15.6 Relación diámetro polar/diámetro ecuatorial: se obtuvo en una diferencia de DP/DE

5.15.7 Grosor de cáscara: se midió con vernier digital el grosor de cáscara, el fruto se cortó por la mitad en la zona ecuatorial y se tomó el grosor.

5.15.8 Sólidos solubles totales. De cada fruto se tomaron tres gotas de jugo y se analizó el contenido de azúcares en el refractómetro marca Hanna modelo HI 96801.

5.15.9 Porcentaje de acidez. De cada fruto se midió la acidez por el método de titulación ácido-base para determinar la acidez titulable (AOAC Official Method 942.15). Titulación con hidróxido de sodio (NaOH) con la siguiente fórmula:

$$\%acidez = \frac{(VNaOH)(N)(E)(100)}{Valor\ de\ la\ muestra\ (Vm)}$$

VNaOH: volumen de NaOH gastado en la titulación (en mL)

N: normalidad de la solución de NaOH (usualmente 0.1 N)

E: equivalente gramo del ácido cítrico = **0.064 g/meq**

Vm: volumen del jugo analizado (en mL), normalmente **10 mL**

De cada árbol se tomaron 4 hojas al azar de la parte media de la copa y se evaluaron:

5.15.10 Área foliar: se midió el área de cada hoja utilizando la herramienta de cómputo Imagen j Versión. 1.8.0.

5.15.11 Peso fresco: se pesaron cada hoja en fresco en balanza analítica

5.15.12 Peso seco: las hojas se metieron a estufa de secado a 60°C por cuatro días y se midió el peso seco utilizando balanza analítica

5.15.13 Peso específico de hoja: se emplearon los datos de peso seco y área foliar, los valores se expresan en gramos entre centímetros cuadrados (Reyes, 2000). Se emplea la siguiente formula:

$$PEH = \frac{\text{Peso seco (g)}}{\text{Área foliar (cm}^2\text{)}}$$

5.15.14 Porcentaje de nitrógeno en hoja: se cosecharon hojas maduras de la parte media de la copa de cada tratamiento las cuales fueron introducidas a estufa de secado a 60°C por cuatro días, posteriormente se molieron con una criba de 2 mm y se obtuvieron 3 repeticiones por tratamiento y se determinó N por el método Kjeldahl (AOAC 1990), digestión con ácido sulfúrico y posterior destilación y titulación.

$$\%N = \frac{(ml)(N)(1.4)}{\text{peso de la muestra (pm)}}$$

ml= gasto del ácido

N= normalidad del ácido

Pm= peso de la muestra

5.16 Diseño de tratamientos

En el Cuadro 9 se muestra el diseño de tratamientos empleado en el tercer experimento.

Cuadro 9. Diseño de tratamientos

Tratamiento	Portainjerto	Injerto
Tratamiento 1	Volkamerianxa	Lima Persa
Tratamiento 2	Carrizo	Lima Persa
Tratamiento 3	C-35	Lima Persa
Tratamiento 4	Swingle	Lima Persa

5.17 Diseño experimental

El diseño que se utilizó fue bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y seis repeticiones, utilizando un árbol como unidad experimental. Se realizaron análisis de varianza y pruebas por el método de Tukey ($P \leq 0.05$), se utilizó el paquete estadístico SAS.

Para el BCA se utilizó el siguiente estadístico de prueba:

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

Y_{ij} = Respuesta observada con el tratamiento i en el bloque j

μ = Media general

T_i = Efecto del tratamiento i ; $i = 1, 2, 3, \dots, t$

β_j = Efecto del bloque j ; $j = 1, 2, 3, \dots, i$

ϵ_{ij} = Terminio de error asociado al tratamiento i en el bloque j

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1. Propagación, establecimiento y crecimiento de kudzu

(Pueraria phaseoloides)

La propagación de plantas consiste en aplicar principios y conceptos biológicos destinados a multiplicar plantas útiles de un genotipo particular. Esta multiplicación se lleva a cabo mediante propágulos, que se definen como cualquier parte de la planta utilizada para generar una nueva planta o una población (Hartmann *et al.*, 1997).

El municipio de Martínez de la Torre, Veracruz, presenta lluvias todo el año siendo los meses de junio a noviembre los que presentan la mayor cantidad de precipitación de todo el año que va de los 181 mm a 314 mm mensuales (INEGI, 2010).

El crecimiento y desarrollo de una planta están determinados no solo por su genética y la influencia hormonal, sino que también dependen en gran medida del entorno en el que se encuentra. Este entorno incluye todo lo que rodea a la planta, como el agua, el suelo y el aire, así como fuentes de energía como el calor, la radiación y la gravedad (Salisbury, 1994).

Cuadro 10. Porcentaje de planta viva en vivero 30 días después y 30 días después de siembra.

Supervivencia de planta Primavera-Verano	
Planta viva en vivero 30 días después	88 %
Planta viva en terreno 30 días después de establecimiento	93 %

Supervivencia de planta Otoño-Invierno	
Planta viva en vivero 30 días después	90 %
Planta viva en terreno 30 días después de establecimiento	86 %

El porcentaje de cobertera se vio afectado por la época del año, así como la incidencia de lluvia en la región, obteniendo un mayor recubrimiento de suelo en las épocas de otoño - invierno con porcentajes cercanos al 100 %, a diferencia de la época de primavera – verano, consiguiendo valores cercanos al 90 % en el cuarto mes de crecimiento, lo que indica que el crecimiento fue más rápido en el periodo que comprende de otoño – invierno como se muestra en los Cuadros (11 y 12)

Cuadro 11. Porcentaje de cobertera de kudzu a tres diferentes distancias de plantación primavera-verano.

Tratamientos	Primavera		Verano	
	25/04/2023	25/05/2023	25/06/2023	25/07/2023
1 1m X 1m	11.20 a	20.80 a	60.60 a	94.00 a
2 Doble hilera	10.00 a	20.20 a	51.50 a	83.00 ab
3 2m X 2m	13.20 a	21.70 a	47.00 a	75.50 b
C.V	34.13	28.72	23.57	16.92
DMS	4.46	6.85	14.27	16.25

^{abc} Medías con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$). **C.V**: coeficiente de variación; **DSM**: diferencia mínima significativa.

Cuadro 12. Porcentaje de cobertera de kudzu a tres diferentes distancias de plantación otoño-invierno.

Tratamientos	Otoño		Invierno	
	25/04/2023	25/05/2023	25/06/2023	25/07/2023
1 1m X 1m	20.50 b	31.50 b	65.90 a	89.30 a
2 Doble hilera	16.20 ab	34.30 b	67.00 a	91.00 a
3 2m X 2m	20.50 a	42.20 a	78.80 a	95.00 a
C.V	24.43	16.73	31.42	13.21
DMS	4.84	6.87	25.3	13.84

^{abc} Medías con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$). **C.V**: coeficiente de variación; **DSM**: diferencia mínima significativa.

La altura de planta del kudzu se vio afectado por la época del año así como la incidencia de lluvia en la región, obteniendo una altura mayor en las épocas de otoño - invierno obteniendo alturas promedio que oscilan 10 a 32 cm , a diferencia de la época de primavera – verano, con alturas de plantas que van de los 8 cm a

los 24 cm en su cuarto mes de crecimiento, destacando la segunda época de evaluación siendo la más rápida de acuerdo al crecimiento vegetal, como se muestra en los cuadros (13 y 14).

Cuadro 13. Altura de planta (cm) de kudzu a tres diferentes distancias de plantación primavera-verano.

Tratamientos	Primavera		Verano	
	25/04/2023	25/05/2023	25/06/2023	25/07/2023
1 1m X 1m	8.60 a	15.47 a	18.45 a	21.60 a
2 Doble hilera	8.60 a	15.90 a	19.00 a	21.70 a
3 2m X 2m	10.00 a	17.80 a	20.90 a	24.00 a
C.V	18.43	21.84	14.22	12.42
DMS	1.9	4.08	3.15	3.18

^{abc} Medías con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$). **C.V**: coeficiente de variación; **DSM**: diferencia mínima significativa.

Cuadro 14. Altura de planta (cm) de kudzu a tres diferentes distancias de plantación otoño-invierno.

Tratamientos	Otoño		Invierno	
	25/04/2023	25/05/2023	25/06/2023	25/07/2023
1 1m X 1m	9.50 a	15.70 b	22.30 a	23.80 a
2 Doble hilera	10.00 a	15.90 b	21.21 a	24.20 a
3 2m X 2m	10.30 a	19.30 a	24.30 a	27.90 a
C.V	19.67	16.77	13.34	12.32
DMS	2.23	3.24	3.44	3.56

^{abc} Medías con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$). **C.V**: coeficiente de variación; **DSM**: diferencia mínima significativa.

Los estolones son tallos producidos por el alargamiento y desarrollo de las yemas laterales subterráneas de la base del tallo principal de la planta (Xu *et al.*, 1998).

El crecimiento de estolón de planta de kudzu se vio afectado por la época del año, así como la incidencia de lluvia en la región, en los Cuadros (15 y 16) se observa un mayor crecimiento en longitud de estolón en la época de otoño – invierno esto

se debe a la mayor presencia de lluvia obteniendo longitudes promedio que oscilan de entre 30 cm a 200 cm, en su cuarto mes de desarrollo. A diferencia de la época de primavera – verano, con longitudes promedio de estolón que van de 25 cm a los 160 cm en su cuarto mes de crecimiento.

Cuadro 15. Largo de estolón (cm) de kudzu a tres diferentes distancias de plantación primavera-verano.

Tratamientos		Primavera		Verano	
		25/04/2023	25/05/2023	25/06/2023	25/07/2023
1	1m X 1m	31.20 a	53.85 a	122.00 a	167.90 a
2	Doble hilera	23.20 ab	54.70 a	102.60 a	144.40 a
3	2m X 2m	19.40 b	49.35 a	104.00 a	143.60 a
	C.V	36.64	39.91	48.07	34.42
	DMS	10.29	23.97	60.1	59.7

^{abc} Medías con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$). **C.V**: coeficiente de variación; **DSM**: diferencia mínima significativa.

Cuadro 16. Largo de estolón (cm) de kudzu a tres diferentes distancias de plantación otoño-invierno.

Tratamientos		Otoño		Invierno	
		25/04/2023	25/05/2023	25/06/2023	25/07/2023
1	1m X 1m	31.30 ab	55.20 a	123.88 a	192.10 a
2	Doble hilera	26.00 b	57.00 a	121.45 a	168.40 a
3	2m X 2m	37.30 a	65.85 a	149.75 a	208.00 a
	C.V	28.06	24.98	31.49	25.49
	DMS	10.1	16.92	47.34	55.13

^{abc} Medías con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$). **C.V**: coeficiente de variación; **DSM**: diferencia mínima significativa.

Experimento 2. Características y estudio bromatológico de kudzu.

El análisis químico proximal (AQP), es un método analítico indispensable, llevado a cabo para determinar la calidad de un producto alimenticio. (Greenfield & Southgate, 2003). Una herramienta importante uno de los

componentes del AQP es la determinación de nitrógeno el cual será un indicador de porcentaje de proteína.

El mayor contenido de nitrógeno en plantas de kudzu se encontró en las hojas con 4.208 % mostrando un mayor porcentaje cuando la planta se encuentra a una edad menor, así mismo la mayor cantidad de nitrógeno en tallo de kudzu fue a los 30 días de su establecimiento con 2.354 %, y teniendo porcentajes menores a una edad más longeva en la planta como se muestra en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Porcentaje de Nitrógeno en hojas y tallo de kudzu a diferentes tiempos de corte.

	Tratamiento	% Nitrógeno en tallo	% Nitrógeno en hoja
1	30 días	2.354 a	4.208 a
2	60 días	2.034 ab	3.966 ab
3	90 días	1.566 cd	3.576 bc
4	120 días	1.428 d	3.398 c
5	150 días	1.868 bc	3.546 c
	C.V	9.77	5.51
	DSM	0.342	0.39

^{abc} Medias con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$). **C.V**: coeficiente de variación; **DSM**: diferencia mínima significativa.

Las leguminosas forrajeras ofrecen forraje de alta calidad, abundante en nutrientes como proteínas, vitaminas y minerales, lo que las hace adecuadas como suplemento en las dietas de rumiantes (Urbano et al., 2006; Rodríguez, 2002). Sin embargo, esta calidad puede verse afectada por diversos factores, incluyendo la edad de la planta y el momento de cosecha (Faria-Mármol y Sánchez, 2007; Razz et al., 2004). Muestra de ello es el Cuadro 18.

En el Cuadro 18 se puede observar que el porcentaje de proteína está directamente relacionado con el contenido de nitrógeno en la planta, así mismo se muestra el efecto de la longevidad de la planta de kudzu, mostrando porcentajes de 14.70 % y 26.306 % de proteína en tallo y hoja respectivamente a una edad de 30 días desde su establecimiento, mientras que la planta pasa más tiempo de vida esta disminuye

el porcentaje de proteína, 8.66 % en tallo y 21.234 %. Así ves encontrando el mayor porcentaje en hojas de kudzu.

Portillo *et al.*, 2019 reporta porcentajes de proteína en leguminosas, como trébol blanco con 27.7 % y *vicia sativa* con 26.45 % siendo estas las más destacadas, lo cual supera la proteína reportada por *Pueraria phaseoloides*. En otro estudio realizado por Flores *et al.*, (1988) evaluando distintas leguminosas establecidas en la península de Yucatán, reporta porcentajes en proteínas que van desde 10.07 % en *Pachyrrhizus erosus* hasta valores de 44.74 % en *Sesbania grandiflora*.

Cuadro 18. Porcentaje de proteína en hojas y tallo de kudzu a diferentes tiempos de corte.

	Tratamiento	% Proteína en tallo	% Proteína en hoja
1	30 días	14.70 a	26.306 a
2	60 días	12.716 ab	24.792 a
3	90 días	9.80 cd	22.342 b
4	120 días	8.926 d	21.234 b
5	150 días	8.666 bc	22.170 b
	C.V	9.82	5.51
	DSM	2.15	2.43

^{abc} Medías con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$). **C.V**: coeficiente de variación; **DSM**: diferencia mínima significativa.

En rumiantes que pastorean, la baja productividad y fertilidad a menudo se deben a desequilibrios en los minerales. En diversas regiones del mundo, estas deficiencias minerales pueden manifestarse a través de enfermedades graves, anomalías óseas, pica y otros síntomas clínicos. El fósforo, sodio y calcio son los macrominerales que con mayor probabilidad presentan deficiencias en las áreas tropicales (McDowell *et al.*, 1993).

El contenido de ceniza arroja datos cercanos en los distintos tiempos de corte, tanto en tallo como en hoja como lo menciona la literatura, dando como resultado en tallo porcentajes de ceniza que oscilan desde 4.386 % a 7.098 % y en hoja de 6.716 % a 7.228 % como se muestra en el Cuadro 19.

Distintos autores como Sosa *et al.*, (2021) en evaluación de leguminosas tropicales mexicanas presenta porcentajes de cenizas superiores en leguminosas como *Arachis pintoii* con 9.0 % y *Stylosanthes guianensis* con 8.1 % en contenido de ceniza, sin embargo, el mismo estudio presenta leguminosas con porcentajes similares a kudzu con porcentajes de 6.4 % en *Macroptilium atropurpureum* y 6.8 % en *Clitoria ternatea*. Otros autores como lo es Díaz *et al.*, (2002) estudiando las leguminosas *Canavalia ensiformis* y *Mucuna pruriens* reporta porcentajes de ceniza de 9.45 % para *Canavalia* y 5.91 % para *Mucuna*, teniendo datos superiores e incluso intermedios entre en la evaluación de *Puerari phaseoloides* como se muestra en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Porcentaje de cenizas en hojas y tallo de kudzu a diferentes tiempos de corte.

	Tratamiento	% Ceniza tallo	% Ceniza hoja
1	30 días	7.020 a	6.984 b
2	60 días	7.098 a	6.526 d
3	90 días	6.186 b	6.716 cd
4	120 días	5.248 c	7.228 a
5	150 días	4.386 d	6.824 cb
	C.V	2.39	1.54
	DSM	0.289	0.199

^{abc} Medías con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$). **C.V**: coeficiente de variación; **DSM**: diferencia mínima significativa.

La fibra es importante porque representa la porción orgánica de los alimentos que es más difícil de digerir; las fracciones de alimentos que no son fibras son fáciles y casi completamente digeridas por la mayoría de las especies animales (Sveinbjornsson *et al.*, 2006).

El contenido de fibra detergente neutra de kudzu como se muestra en el Cuadro 20 tiene los datos más altos cuando la planta presenta una mayor edad tanto en tallo y en hoja con datos de 65.588 y 65.624 respectivamente y presenta un menor contenido de fdn cuando el forraje presenta una menor edad con datos de 33.676

para tallo y 49.492 para hoja esto se debe a que a la edad de 30 días el tallo y la hoja son menos lignificadas y presentan menor cantidad de fibras.

Flores *et al.*, (1998) reporta contenido de fibra detergente neutra en leguminosas tropicales, siendo *Cratilya argéntea* con 60.1 y *Guazama ulmifolia* con 52.0 las que tienen mayor contenido de Fdn en el estudio, lo que corresponde favorablemente a los datos obtenidos en *Pueraria phaseoloides*. En una evaluación de distintos grupos de leguminosas presentado por Diaz *et al.*, (2003) reporta contenido de fdn en un grupo formado de *Canavalia*, *Dolico* y *Mucuna*, de 35.3 y un segundo grupo formado por variedades de Gandul con 19.36 en contenido de fibra detergente neutro, siendo datos menores a los presentados en el Cuadro 20, esto podría deberse a la edad de la planta o a la evaluación grupal que presenta el estudio.

Cuadro 20. Contenido de fibra detergente neutra en hojas y tallo de kudzu a diferentes tiempos de corte.

	Tratamiento	FDN tallo	FDN hoja
1	30 días	33.676 d	49.492 b
2	60 días	43.244 c	55.332 b
3	90 días	48.272 c	69.068 a
4	120 días	58.620 b	63.988 a
5	150 días	65.588 a	65.624 a
	C.V	7.18	6.44
	DSM	6.786	7.406

^{abc} Medías con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$). **C.V**: coeficiente de variación; **DSM**: diferencia mínima significativa.

La fibra está constituida por celulosa, lignina, hemicelulosa, pectina, inulina, agar, quitina, gomas y silicatos; inclusive algunos autores incluyen como parte de la fibra algunos compuestos fenólicos, el ácido fítico y otros compuestos antinutricionales presentes en muy pequeñas cantidades en los alimentos (Machado, 1997).

El contenido de fibra detergente acida como lo muestra el Cuadro 21 al igual que ocurre en el Cuadro 20 el contenido de fibra se ve afectada por la longevidad de la planta ya que a menor edad la planta de kudzu presenta una menor lignificación de

tejidos por lo consecuente la cantidad de fibra detergente acida a una edad de 30 días es de 35.696 en tallo y en hoja de 19.808 y a una edad de 150 días después de establecimiento la planta presenta contenidos de fda en tallo de 54.500 y 40.692 en hoja.

Autores como Diaz *et al.*, (2002) analizando distintas leguminosas reportan datos similares en contenido de fda en tallo y en hojas de *Mucuna pruriens* con contenido de 35.42 en hojas y 55.73 en tallo y 27.15 en hojas, 56.71 en tallo en la planta *Canavalia ensiformis*. Siendo datos muy similares al contenido de fda en kudzu e incluso superándolo en el contenido de fda en hojas de kudzu a los 150 días después del establecimiento de la leguminosa como se muestra en el Cuadro 21. En un estudio realizado por Almaraz *et al.*, (2019) en forrajes destinados a la alimentación animal muestra contenido de fibra detergente acida bastante cercanos a los de kudzu que va desde 40.63 en forraje Mulato como menor contenido de fda y 52.63 en forraje Insurgente, siendo este último el de mayor contenido y superado por kudzu a una edad de 150 días.

Cuadro 21. Contenido de fibra detergente acida en hojas y tallo de kudzu a diferentes tiempos de corte.

	Tratamiento	FDA tallo	FDA hoja
1	30 días	35.696 b	19.808 c
2	60 días	36.488 b	22.604 c
3	90 días	50.432 a	38.508 ab
4	120 días	53.140 a	33.528 b
5	150 días	54.500 a	40.692 a
	C.V	7.23	8.69
	DSM	6.302	5.106

^{abc} Medías con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$). **C.V**: coeficiente de variación; **DSM**: diferencia mínima significativa.

Experimento 3. Kudzu como abono verde en Lima Persa

Promedio de número de frutos por m²

El promedio de fruta de cosecha por metro cuadrado presento valores de 25.58 en el tratamiento de C- 35 y con un menor número de fruta el tratamiento Carrizo con 18.20 frutos presentando diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) como lo menciona el Cuadro 22.

De Gante *et al.* (2022) reportan valores de fruto por metro cuadrado de copa en árboles de lima Persa de 2.52 a 20.57 por efecto del portainjerto utilizado y la época de cosecha. Otra forma de evaluar esta variable es por número de frutos por árbol (García *et al.*, 2023). Por otra parte, Khan *et al.* (2022) mencionan que las aplicaciones de aminoácidos más extractos de algas en cítricos en diferentes épocas del año modifican contenido nutrimental en hoja, altura de planta, volumen de copa y características físicas de hojas y frutos. Ambriz *et al.* (2021) mencionan que las prácticas agronómicas y fechas de cosechas de fruto modifican rendimiento y calidad de fruto, el número de frutos por árbol osciló de 309 a 572.

Cuadro 22. Promedio número de frutos por m² en Lima Persa injertada en cuatro portainjertos.

Tratamiento	14/04/23	13/05/23	15/06/23	15/07/23	Promedio
Volkameriana	27.00 a	15.33 a	20.33 ab	20.00 ab	20.66 ab
C - 35	29.33 a	19.33 a	27.16 a	26.5 a	25.58 a
Carrizo	25.33 a	16.00 a	14.50 a	17.00 b	18.20 b
Swingle	28.33 a	14.00 a	14.00 a	18.83 b	18.91 b
CV	25.72	28.27	24.02	21.76	15.91
DMS	11.82	7.60	7.59	7.45	5.51

^{abc} Medías con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$). **C.V:** coeficiente de variación; **DSM:** diferencia mínima significativa.

Peso de fruto

El peso fresco de fruta fue modificado por el portainjerto utilizado y la fecha de corte la cual presento diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$), el promedio de cuatro fechas de

peso de fruto mayor se logró en lima Persa injertada en 'C35' con 85.80 g y menor en 'Carrizo' con 75.35 g (Cuadro 23).

Diferentes autores indican que el peso de fruto de lima Persa se modifica por el portainjerto utilizado (Cantuarias *et al.* 2012 y Figueiredo *et al.*, 2002). Berdeja *et al.* (2022) mencionan que el peso de fruto en lima Persa osciló de 126 g a 142 g por efecto de la fecha de cosecha de fruto y el tratamiento aplicado de productos químicos al follaje.

Cuadro 23. Promedio de peso de fruto de lima Persa injertada en cuatro portainjertos.

Tratamiento	14/04/23	13/05/23	15/06/23	15/07/23	Promedio
Volkameriana	73.83 a	69.09 b	78.05 b	85.65 b	77.59 b
C - 35	70.52 ab	83.43 a	93.55 a	95.70 a	85.80 a
Carrizo	66.68 b	67.62 b	80.90 b	86.20 b	75.35 b
Swingle	76.40 a	65.98 b	86.20 ab	87.60 ab	78.40 b
C.V	11	16.53	14.5	12.39	7.5
DMS	6.57	9.83	10.2	9.15	4.94

^{abc} Medías con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$). CV: Coeficiente de variación; DMS: diferencia mínima significativa.

Diámetro polar de fruto

El diámetro polar de fruto fue modificado por la fecha de corte de fruto y por el portainjerto utilizado. En cuatro fechas de corte el promedio mayor en diámetro polar fue de 6.16 cm en el portainjerto Swingle y menor de 5.94 cm en el portainjerto Carrizo con diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) (Cuadro 24).

Machado *et al.* (2017) mencionan que el diámetro polar de fruto en lima Persa se modifica por el portainjerto y el año de evaluación, lima Persa injertada en limón Volkameriana obtuvo 5.817 cm.

Cuadro 24. Promedio de diámetro polar en frutos de lima Persa injertada en cuatro portainjertos.

Tratamiento	14/04/23	13/05/23	15/06/23	15/07/23	Promedio
Volkameriana	5.96 ab	5.95 a	5.83 b	6.06 a	5.95 bc
C – 35	5.86 ab	5.99 a	6.24 a	6.29 a	6.10 ab
Carrizo	5.76 b	5.88 a	5.98 ab	6.11 a	5.94 c
Swingle	6.18 a	5.88 a	6.28 a	6.28 a	6.16 a
C.V	6.56	6.17	7.67	5.91	2.95
DMS	0.32	0.30	0.38	0.30	0.14

^{abc} Medías con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$). CV: Coeficiente de variación; DMS: diferencia mínima significativa.

Diámetro ecuatorial

La variable de diámetro ecuatorial de fruto dependió de la fecha de corte de lima Persa y del portainjerto empleado. El tratamiento que presentó un mayor promedio de diámetro ecuatorial fue Volkameriana y C – 35 de 5.20 cm en ambos y menor Carrizo de 4.98 cm, con diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) (Cuadro 25). Machado *et al.* (2017) mencionan que el diámetro ecuatorial de fruto de lima Persa se modifica por el portainjerto y el año de evaluación, lima Persa injertada en limón Volkameriana obtuvo 5.513 cm.

El diámetro ecuatorial depende del tamaño o calibre de fruto que solicitan los empaques de lima Persa.

Cuadro 25. Promedio de diámetro ecuatorial en frutos de lima Persa injertada en cuatro portainjertos.

Tratamiento	14/04/23	13/05/23	15/06/23	15/07/23	Promedio
Volkameriana	5.13 a	5.28 a	5.14 b	5.24 b	5.20 a
C - 35	4.92 b	4.96 b	5.45 a	5.49 a	5.20 a
Carrizo	4.78 b	4.76 bc	5.15 b	5.21 b	4.98 b
Swingle	4.91 b	4.74 c	5.18 b	5.26 b	5.02 b
C.V	4.18	5.12	5.21	4.54	2.68
DMS	0.17	0.21	0.22	0.20	0.11

^{abc} Medías con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$). CV: Coeficiente de variación; DMS: diferencia mínima significativa.

Relación diámetro polar/diámetro ecuatorial

En las fechas de evaluación la relación diámetro polar/diámetro ecuatorial de fruto mostró diferencias estadísticas entre tratamientos ($P \leq 0.05$) (Cuadro 26). Dando como mejor tratamiento a volkameriana con 0.86 y con la menor Swingle con 0.81. Esta variable indica la redondez de la fruta, valores más alejados de uno los frutos son más ovalados. Berdeja *et al.*, (2018) mencionan valores de 1.04 a 1.10, estas diferencias por la fertilización orgánica, química al suelo y época de evaluación.

Cuadro 26. Promedio relación d.p/d.e en frutos de Lima Persa injertada en cuatro portainjertos.

Tratamiento	14/04/23	13/05/23	15/06/23	15/07/23	Promedio
Volkameriana	0.86 a	0.89 a	0.83 a	0.86 a	0.86 a
C - 35	0.84 ab	0.82 b	0.87 a	0.87 a	0.85 a
Carrizo	0.83 ab	0.81 b	0.86 a	0.85 a	0.84 ab
Swingle	0.79 b	0.80 b	0.83 a	0.83 a	0.81 b
C.V	6.61	6.40	13.6	5.96	4.6
DMS	0.04	0.04	0.09	0.04	0.03

^{abc} Medías con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$). **C.V**: coeficiente de variación; **DSM**: diferencia mínima significativa.

Grosor de cáscara

El grosor de cáscara fue afectó por el portainjerto utilizado y la fecha de cosecha de fruto. El mayor promedio en grosor de cáscara fue volkameriana con 0.22 cm en y menor en limón Carrizo con 0.19 cm y presento diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) (Cuadro 27). García *et al.* (2023) encontraron grosor de cáscara en lima Persa de 0.27 cm a 0.33 cm, estas diferencias por las dosis de fertilización foliar a base de extractos de algas y época de aplicación.

Cuadro 27. Promedio de grosor de cáscara en frutos de lima Persa injertada en cuatro portainjertos.

Tratamiento	14/04/23	13/05/23	15/06/23	15/07/23	Promedio
Volkameriana	0.26 a	0.23 a	0.22 a	0.16 ab	0.22 a
C - 35	0.23 ab	0.20 ab	0.21 a	0.20 a	0.21 ab
Carrizo	0.20 b	0.21 ab	0.19 a	0.15 b	0.19 c
Swingle	0.23 ab	0.18 b	0.20 a	0.18 ab	0.20 bc
C.V	22.49	21.14	26.04	28.11	11.03
DMS	0.04	0.03	0.04	0.04	0.019

^{abc} Medías con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$). CV: Coeficiente de variación; DMS: diferencia mínima significativa.

Promedio de sólidos solubles totales (°Brix)

El promedio de sólidos totales durante las cuatro evaluaciones presentó °Brix en el contenido de jugo de lima Persa que oscila 7.01 °Brix a 9.23 °Brix, destacando como el fruto más dulce a Swingle y el que presenta menor contenido de azúcares Volkameriana (Cuadro 28). Un estudio realizado por Chávez Campos (2015), se evaluó el contenido de sólidos solubles totales en frutos de diferentes especies de cítricos. Los resultados mostraron que el limón ácido presentó un contenido de sólidos solubles totales de 6.81 a 6.89 °Brix, mientras que la mandarina Dancy mostró valores más altos, con un rango de 18.6 a 21.1 °Brix. Estos valores indican una mayor concentración de azúcares y otros sólidos solubles en la mandarina en comparación con el limón ácido, lo que puede influir en las características organolépticas y la calidad del fruto.

Cuadro 28. Promedio de sólidos solubles totales (°Brix) en frutos de lima Persa injertada en cuatro portainjertos.

Tratamiento	14/04/23	13/05/23	15/06/23	15/07/23	Promedio
Volkameriana	7.11 c	7.00 c	6.96 c	6.96 c	7.01 c
C - 35	8.30 b	8.24 b	8.135 b	8.29 b	8.24 b
Carrizo	9.25 a	9.23 a	9.25 a	9.19 a	9.23 a
Swingle	6.65 d	6.52 d	8.130 b	6.92 c	7.05 c
C.V	2.38	2.11	1.6	3.43	1.26
DMS	0.15	0.13	0.10	0.22	0.08

^{abc} Medías con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$). CV: Coeficiente de variación; DMS: diferencia mínima significativa.

Promedio de porcentaje acidez en jugo

En un estudio realizado por Troya et al. (2022), se determinó la acidez titulable de diferentes variedades de cítricos amazónicos. Los resultados mostraron que el Limón criollo presentó una acidez titulable del 6.87 %, mientras que el Limón Tahití mostró un 6.03 %. Estos valores son representativos de la acidez natural de los limones en su estado maduro, con un rango que oscila entre el 6 % y el 8 % de ácido cítrico. En la evaluación realizada se obtuvieron porcentajes de acidez titulable en el jugo de lima Persa que van desde el más bajo que fue el tratamiento Volkameriana con 7.13 y resaltando con la mayor cantidad de acidez el portainjerto Carrizo con 8.71 %, presentando diferencias estadísticas (Cuadro 29).

Cuadro 29. Promedio de porcentaje de acidez en frutos de lima Persa injertada en cuatro portainjertos.

Tratamiento	14/04/23	13/05/23	15/06/23	15/07/23	Promedio
Volkameriana	7.02 c	7.00 c	7.30 c	7.36 c	7.13 c
C - 35	8.15 b	8.15 b	8.27 b	8.27 b	8.21 b
Carrizo	8.62 a	8.73 a	8.74 a	8.73 a	8.71 a
Swingle	6.62 d	8.74 a	8.55 a	8.55 ab	8.11 b
C.V	2.09	1.45	3.68	5.12	1.8
DSM	0.13	0.09	0.25	0.35	0.12

^{abc} Medías con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$). CV: Coeficiente de variación; DMS: diferencia mínima significativa.

Promedio de peso específico de hoja

El peso específico de hoja (peh) evaluado en cuatro fechas diferentes presenta un promedio máximo que fue en Swingle $0.041 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}$ y menor en el tratamiento C – 35 con $0.020 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}$ con diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) (Cuadro 30). El peso específico de hoja es una forma de estimar fotosíntesis según Reyes *et al.*, (2000) mediante el peso de materia seca entre el área foliar. Mencionan que el peso específico de hoja se modifica por la especie de cítrico evaluada y la época del año, los valores fueron de $0.073 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ a $0.014 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$

Cuadro 30. Promedio de peso específico en hojas (peh)($\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$) de lima Persa injertada en cuatro portainjertos.

Tratamiento	14/04/23	13/05/23	15/06/23	15/07/23	Promedio
Volkameriana	0.032 c	0.032 c	0.036 a	0.032 c	0.033 c
C - 35	0.020 d	0.020 d	0.021 d	0.019 d	0.020 d
Carrizo	0.036 b	0.036 b	0.035 a	0.036 b	0.036 b
Swingle	0.042 a	0.042 a	0.036 a	0.042 a	0.041 a
C.V	2.86	2.71	21.35	2.54	5.06
DSM	0.008	0.007	0.01	0.007	0.001

^{abc} Medías con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$). CV: Coeficiente de variación; DMS: diferencia mínima significativa.

Promedio de porcentaje de nitrógeno (%N) en hojas

La evaluación en cuatro meses hojas de lima Persa consiguió porcentajes promedio en proteína de 1.88 mg g^{-1} para el tratamiento de Swingle y teniendo el más alto contenido de nitrógeno Carrizo con 3.78 mg g^{-1} que se pudieron ver afectados por los efectos del manejo agrícola, así como de la interacción portainjerto – variedad (Cuadro 31). En un estudio realizado por Ambriz Cervantes *et al.*, (2018), se evaluaron diversas prácticas culturales y la aplicación de bioestimulantes en huertos de lima 'Persa' en Tlaltizapán, Morelos, México. Los resultados mostraron que el

tratamiento de poda + urea + anillado en septiembre incrementó significativamente el contenido de nitrógeno en las hojas, alcanzando una concentración de 3.3 mg g⁻¹ de peso fresco, en comparación con los 1.8 mg g⁻¹ observados en los árboles testigo. Este aumento en el contenido de nitrógeno en las hojas implica una mayor tasa de fotosíntesis, lo que favorece un crecimiento moderado y alta fructificación en lima mexicana.

Cuadro 31. Promedio de porcentaje de nitrógeno (%N) en hojas de lima Persa injertada en cuatro portainjertos.

Tratamiento	14/04/23	13/05/23	15/06/23	15/07/23	Promedio
Volkameriana	2.81 b	2.60 c	4.0 a	2.60 c	3.00 b
C - 35	2.82 b	3.16 b	2.60 c	3.16 b	2.93 c
Carrizo	3.94 a	3.94 a	3.30 b	3.96 a	3.78 a
Swingle	1.31 c	2.19 d	1.88 d	2.15 d	1.88 d
C.V	3.39	3.39	2.65	3.3	1.52
DSM	0.07	0.08	0.06	0.08	0.03

^{abc} Medías con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba Tukey (P≤0.05). CV: Coeficiente de variación; DMS: diferencia mínima significativa.

Promedio de fruto de exportación

El porcentaje de fruto de primera de exportación osciló de 83.75 % en Swingle y 92 % en C - 35 (Cuadro 32). García *et al.* (2023) encontraron valores de frutos de exportación de 72 a 81 por efecto de dosis de extractos de algas y época de aplicación. Caamal *et al.* (2014) mencionan valores de fruta de exportación en lima Persa en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz de 17 % de primera de exportación, empaque de exportación 50 % y mercado nacional de 33 %.

Cuadro 32. Promedio de porcentaje de fruto exportación de lima Persa injertada en cuatro portainjertos.

Tratamiento	14/04/23	13/05/23	15/06/23	15/07/23	Promedio
Volkameriana	85	88	80	82	83.75
C - 35	92	91	90	95	92
Carrizo	90	91	91	92	91
Swingle	91	90	94	90	91.25

VII. CONCLUSIONES

Primer Experimento: Establecimiento y Crecimiento de Kudzu

El estudio sobre el establecimiento y crecimiento del kudzu en diferentes densidades de plantación demostró que la propagación asexual de esta leguminosa es más efectiva cuando se planta a una distancia de dos metros entre plantas, especialmente durante los períodos de otoño e invierno, logrando un mayor porcentaje de cobertura, altura de planta y peso seco de la biomasa. Esto sugiere que una menor densidad de siembra puede optimizar el desarrollo del kudzu como cobertera vegetal, lo que beneficia no solo la producción de forraje para rumiantes, sino también la mejora de la calidad del suelo a través de la fijación de nitrógeno.

Segundo Experimento: Análisis Bromatológico de Kudzu

El análisis de las características bromatológicas del kudzu a diferentes tiempos de crecimiento evidenció que la cosecha a los 30 días post-siembra es la más ventajosa, ya que en esta etapa se obtuvieron los mayores contenidos de proteína y nitrógeno, fundamentales para la alimentación de rumiantes. A medida que el kudzu se desarrolló, los niveles de fibra aumentaron, lo que indica que su calidad nutritiva disminuye con el tiempo. Por tanto, para maximizar el valor nutricional del kudzu como forraje, es recomendable cosecharlo en etapas tempranas comprendidas de los 30 a 60 días de crecimiento.

Tercer Experimento: Kudzu como abono verde en lima Persa

La nutrición orgánica con Kudzu en lima Persa injertada en diferentes portainjertos no afectó el crecimiento. El número de flores, frutos amarrados y frutos cosechados por m² no se modificó por el portainjerto y la fertilización orgánica. Las características físicas y químicas de fruto dependieron del portainjerto utilizado; y el porcentaje de fruto de exportación fue superior al 90 %.

VIII. REVISIÓN DE LITERATURA

- Alcántar-Gonzalez G. y Trejo-Téllez L. I. 2008. Diagnóstico nutrimental en plantas. *In: Nutrición de cultivos*. MUNDI-PRENSA MÉXICO. Pag: 201-245.
- Allen, O. N., & E. K. Allen. 1981. *The Leguminosae, A Source Book of Characteristics, Uses, and Nodulation*. The University of Wisconsin Press, Madison, Estados Unidos.
- Almaraz, Isaac., García, A.M., Sánchez-Santillán, Paulino., Torres-Salado. Nicolas., Herrera-Pérez. Jerónimo., Bottini-Luzardo, María., y Rojas García, Adelaido. (2019). Análisis bromatológico y producción de gas in vitro de forrajes utilizados en el trópico seco mexicano. *Archivos de Zootecnia*. 68. 260-266. 10.21071/az.v68i262.4145.
- Ambriz C. R., Alía T. I., Ariza F. R., Lugo A. A., Andrade R. M., López M. V., Villegas T, O. G., Guillén S. D. 2012. Ensayo de inducción de la floración de limón 'Persa' (*Citrus latifolia* Tan) en Morelos México. *Ciencias Agrícolas Informa*, 22 (1): 4-14.
- Ambriz Cervantes, R., Ariza Flores, R., Alía Tejacal, I., Aceves, A. C., Barrios Ayala, A., & Otero Sánchez, M. A. (2018). Efecto del anillado y bioestimulantes en la floración, producción y calidad de lima Persa (*Citrus Latifolia* Tan.) en invierno. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(4), 1127-1139. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i4.1057>.
- Andrea, B. Manejo ecológico del suelo. Dominicana. Editorial RAP-AL. 2004, no 1, 27 pp.
- AOAC. 1990. Fat (crude) or ether extract in animal feed (920.29). *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists. 15th Edition. Obtenido de http://www.foragetesting.org/lab_procedure/sectionC/part8.0.htm.
- Barrios M.R., J. Fariñas, R. Silva A., D Sanabria. 2011. Comportamiento de cinco especies de leguminosas como cobertura viva en palma aceitera en el estado de Monagas, Venezuela. *IDESIA* 29 (2): 29-37.
- Beltrán-Morales, F. A., J. L. García-Hernández, R. D. Valdez-Cepeda, B. Murillo-Amador, E. Troyo-Diéguez, J. Larrinaga y L. F. Beltrán-Morales. 2006. Efecto de sistemas de

labranza e incorporación de abono verde (*Lablab purpureus* L.) sobre la respiración edáfica en un yermosol háplico. *Interciencia* 31: 226-230.

Benites, J. R., y Bot, A. (2014). *Agricultura de conservación: una práctica innovadora con beneficios económicos y medioambientales*. Perú: Agrobanco.

Berdeja A. R., C. Moreno L., J. Méndez G., G. J. Pérez M., C. Hernández D. 2022. Las aplicaciones de etefón aumentan rendimiento de fruto de lima Persa de exportación. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan* 10 (1): 128-140.

Berdeja A. R., G. Martínez P., M. Medel S., J. Méndez G., A. Ibáñez M. 2018. La fertilización química y orgánica al suelo en lima 'Persa' (*Citrus latifolia* Tan.) mantiene el rendimiento y calidad del fruto. *Acta agrícola y pecuaria*, 4 (1): 10-17.

Berdeja A. R., G. Martínez P., M. Medel S., J. Méndez G., A. Ibáñez M. 2018. La fertilización química y orgánica al suelo en lima 'Persa' (*Citrus latifolia* Tan.) mantiene el rendimiento y calidad del fruto. *Acta Agrícola y Pecuaria* 4 (1):10-17.

Binder, U. 1997. *Manual de Leguminosas de Nicaragua*. Tomo I. PASOLAC Y E.A.G.E. Estelí, Nicaragua. p. 528.

Burkart, A. Leguminosas. *En: Dimitri, M. 1987. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Tomo I. Descripción de plantas cultivadas. Editorial ACME S.A.C.I., Buenos Aires. Pp. 467-538.

Caamal C. I., V. G. Pat F., F. Jerónimo A., L. E. Santoyo R., J. G. Ramos G. 2014. Análisis de costos de producción de limón Persa en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan* 2 (1): 10-18.

CABI. 2014. Pueraria phaseoloides. In: *Invasive Species Compendium*. Wallingford, UK: CAB International. Consultado en abril 2014 en <http://www.cabi.org/isc/datasheet/45906>

Cantero, J.J., Núñez, C.O., Bernardello, G., Amuchastegui, A., Mulko, J., Brandolin, P., Palchetti, M.V., Iparraguirre, J., Virginil, N. & Ariza Espinar, L. (2019). *Las plantas de importancia económica en Argentina*. 1a ed. Río Cuarto: UniRío Editora, 2019.

Disponible en <http://www.unirioeditora.com.ar/producto/las-plantas-importancia-economica-argentina/>

Cantuarias A, T., F de A, Filho A. M., Stuchi S. E., S. R. Da Silva, E. Espinoza N., H. B. Neto. 2012, Rootstocks for high fruit yield and quality ofnTahiti lime under raind- Fed conditions. *Scientia Horticulturae* 142: 105 - 111.

Carsky, R. J., B. Oyewole, and G. Tian. 1996. Integrated soil

Castle W. S., K. D. Bowman, J. W. Grosser, S. H. Futch, J. H. Graham. 2016. Florida citrus rootstocks selection guide. University of Florida.

Cegarra, J. A.; Roig, A. F.; Navarro, M. P.; Bernal, M.; Abad, M.; Climent, D. y Aragón, P. Características, compostaje y uso agrícola de residuos sólidos urbanos. En: *Memorias Jornadas de Recogidas Selectivas en Origen y Reciclaje*. Córdoba, España: Ed Mundi - Prensa 1993. pp. 46-55

Chanthakhoun V, Wanapat M, Wachirapakorn C, Affiliations Wanapat S. 2011. Effect of legume (*Phaseolus calcaratus*) hay supplementation on rumen microorganisms, fermentation and nutrient digestibility in swamp buffalo. *Livestock Sci* 140: 17-23.

Chávez Campos, O. G. (2015). Determinación de la relación sólidos solubles/acidez total en muestras de frutos de cuatro especies de cítricos. *Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería*. Recuperado de <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/3034>

Clavero T. 2011. Agroforesteria en la alimentación de rumiantes en América Tropical. *Revista de la Universidad del Zulia. Ciencias del Agro, Ingeniería y Tecnología* 2: 11-35.

Cook B, Pengelly B, Brown S, Donnelly J, Eagle D, Franco A, Hanson J, Mullen B, Partridge I, Peters M, Schultze-Kraft R, 2005. Forrajes tropicales: una herramienta de selección interactiva. Brisbane, Australia: CSIRO, DPI&F (Queensland), CIAT e ILRI. <http://www.tropicalforages.info/>

- Coultas, C. L., T. J. Post, J. B. Jones Jr, and Y. P. Hsieh. 1996. Use of velvet bean to improve soil fertility and weed control in corn production in Northern Belize. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 27: 2171-2196.
- Courtney, R. G. y Mullen, G. J. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. *Bioresour. Technol.*, 2008, vol. 99, pp. 2913-2918. ISSN 1873-2976.
- da Paz, C.C., do Rêgo, A.C., Faturi, C., de Souza Rodrigues, L.F., Rodrigues Filho, J.A., de Souza, P.H. & Conceição, D.M. 2016. "Tropical kudzu as a protein source in sheep diets". *Semina: Ciências Agrárias*, 37(2): 933-945, ISSN: 1676-546X.
- De Gante G. M. J., R. Berdeja A., J. Méndez G., R. Escobar H., G. J. Pérez M. 2022. Uso de etefón en lima Persa. *Agro-Divulgación* 2 (2): 9-12.
- Díaz, MF, González, A., Padilla, C. y Curbelo, F. (2002). Caracterización bromatológica de granos y forrajes de las leguminosas temporales *Canavalia ensiformis*, *Lablab purpureus* y *Stizolobium niveum* sembradas a finales de la estación lluviosa. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* , 36 (4), 409-416.
- Díaz, MF, Padilla, C., Torres, V., González, A. y Noda, A. (2003). Caracterización bromatológica de especies y variedades de leguminosas temporales con posibilidades en la alimentación animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* , 37 (4), 453-457.
- Erhart, E. y Hartl, W. Mulching with compost improves growth of blue spruce in Christmas tree plantations. *Eur. J. Soil Biol.*, 2003, vol. 39, no. 3, pp. 149-156. ISSN 1164-5563.
- Fageria, N.K., V.C. Baligar y Ch.A. Jones. 1997. Growth and mineral nutrition of fields crops. 2nd edition. Marcel Dekker, Inc. New York.
- FAO (2000). manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Roma, Italia. 234 p.
- FAO. 2013. *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth. Consultado en abril 2013 en <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/data/pf000058.htm>.

- Faria Mármol J. y A. Sánchez. 2007b. Efecto del aplazamiento del uso sobre la producción de forraje, contenido de proteína bruta y digestibilidad de la asociación Buffel – Leucaena. XII Jornadas sobre producción animal. Información técnica económica agraria. Volumen extra. Tomo I. pp. 363-365.
- Figueiredo J. O., E. S. Stuchi., L. C. Donadio., J. T. Sobrinho., F. F. Laranjeira., R. M. Pio., O. R. Sempionato. 2002. Porta-enxertos para a Lima-acida-'Tahiti' na região de Bebedouro, Sp. Revista Brasileira de Fruticultura., Jaboticabal-SP. 24 (1): 155-159.
- Flores O I, Bolivar D Ma, Botero J A and Ibrahim M A 1998: Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajera para la suplementación de ruminantes en el trópico. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 10, Article #2. Retrieved December 3, 2024, from <http://www.lrrd.org/lrrd10/1/cati101.htm>.
- Flores, J.S; Martínez, C.A; Olvera, M.A; Galván, R; Chávez, C. (1988) potencial de algunas leguminosas de la flora yucatenense como alimento humano o animal. Instituto Nacional de Investigaciones en Recursos Bióticos, Mérida, Yucatán. [México; Instituto Politécnico Nacional](#), Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Mérida, Yucatán. [México \[Turrialba](#), Costa Rica, 1988 Vol. 38 Núm. 2 Abr-Jun, Pág. 159-162].
- Frioni, L. (1990). Ecología microbiana del suelo. Universidad de la República. Departamento de publicaciones y ediciones. Montevideo, Uruguay. Pp. 328.
- García E. 1987. Modificación al sistema de la clasificación de Koppen. México
- García O. J. F., R. Berdeja A., R. Escobar H., G. J. Pérez M., P. Zaldívar M., 2023. Las aplicaciones de extractos de algas en lima Persa aumentan rendimiento y calidad de fruto de exportación. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* 7 (4): 10092-10105.
- Gelvin, A. A., Lardy, G. P., Soto-Navarro, S. A., Landblom, D. G. y Caton, J. S. (2004). Effect of field pea-based creep feed on intake, digestibility, ruminal fermentation, and performance by nursing calves grazing native range in western North Dakota. *Journal of Animal Science*, 82, pp. 3589-3599.

- Greenfield, H. y Southgate, DAT (2003) Datos de composición de alimentos, segunda edición: producción, gestión y uso. Elsevier Science Publishers, FAO, Roma.
- Griffin, T., M. Liebman, and J. Jemison Jr. 2000. Cover crops for sweet corn production in a short-season environment. *Agron. J.* 92: 144-151.
- Hartmann, H., 1997, *Plant propagation: principles and practices*, 6th ed., Prentice Hall, EUA.
- Herencia, J. F., J. C. Ruiz, S. Melero, P. A. García Galavís, and C. Maqueda. 2008. A short-term comparison of organic vs. conventional agriculture in a silty loam soil using two organic amendments. *J. Agric. Sci.* 146: 677-687.
- Huber, D.M. 1989. Introduction. pp. 1-8. In: A.W. Engelhard (ed.). *Soilborne plant pathogen: management of disease with macro and microelements*. APS Press. St. Paul, Minnesota.
- INEGI. Compendio de información geográfica municipal 2010. Martínez de la Torre, Veracruz de Ignacio de la Llave. 2010. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/30/30102.pdf
- Johnston, A. E., P. R. Poulton, and K. Coleman. 2009. Soil organic matter: its importance in sustainable agriculture and carbon dioxide fluxes. *Adv. Agron.* 101: 1-57.
- Judd, W. S., Campbell, C. S. Kellogg, E. A. Stevens, P.F. Donoghue, M. J. (2002), *Plant systematics: a phylogenetic approach*, Sinauer Assoc, 287-292. ISBN 0-87893-403-0.
- Khan A.S., M. Munir, T. Shaheen, T. Tassarar, M.A. Rafiq, S. Ali, R. Anwar, R.N.Y. Rehman, M.Y. Hasan, A.Y. Malik. 2022. Supplemental foliar applied mixture of amino acids and seaweed extract improved vegetative growth, yield and quality of citrus fruit. *Scientia Horticulturae* 296:1-11.
- Kirchhof, G. and F. K. Salako. 2000. Residual tillage and bush-fallow effects on soil properties and maize intercropped with legumes on a tropical Alfisol. *Soil Use Manage.* 16: 183-188.

- Lamsfus, C.; Lasa, B.; Aparicio, T. P. M. e Irigoyen, I. Implicaciones ecofisiológicas y agronómicas de la nutrición nitrogenada: La ecofisiología vegetal: una ciencia de síntesis. 1a ed. España: Paraninfo: 2003. pp. 361-386. ISBN 84-9732-267-3.
- Lewis, G.P., Schrire, B.D., Mackinder, B. & Lock, M. (2005). *Royal Botanic Gardens*. Kew, UK.
- Lok, S. (2010). Sustainability indicators to study grasslands. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 44 (4): 327-338.
- Machado D. L. M., D. L. De Siqueira, L. C. C. Salomao, P. R. Cecon and D. F. P. Da Silva. 2017. Evaluation of rotstocks for Tahiti acid lime in northern state of minas gerais - *Rev. Bras. Frutic.* 39(1):1-12.
- Machado O. Valor nutricional de los alimentos - Elementos de Evaluación y Factores de Calidad. 1ª ed. Medellín: Universidad de Antioquia; 1997
- management for the savanna zone of W. Africa: legume rotation
- McDowell LR, Conrad JH, Ellis GL, Loosli JK. 1989. Minerals for Grazing Ruminants in Tropical Regions. Academic Press, Inc. New York. USA. pp. 92.
- McDowell, LR, JH Conrad y FG Hembry. 1993. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Univ. de Florida, Gainesville.
- Medina, L. A.; Monsalve, Ó. I. y Forero, A. F. Aspectos prácticos para utilizar materia orgánica en cultivos hortícolas. *Ciencias Hortícolas*, 2010, vol. 4, no. 1, pp. 109-125. ISSN 2011-2173.
- Miyasaka, S. C.; Hollyer, J. R. y Kodani, L. S. Mulch and compost effects on yield and corm rots of taro. *Field Crops Res.*, 2001, vol. 71, pp. 101-112. ISSN 0378-4290.
- Moreira, F. M. S., Bigell, E. D., Housing, E. J., (2001) 'Azorhizobium doebereineriae sp. nov. microsymbiont of *Sesbania virgata* (Caz.) Pers.', *Systematic and Applied Microbiology*, vol 29, pp197–206.
- Moulin, L., Munive, A., Dreyfus, B., y Bolvin-Masson, C. (2001) 'Nodulation of legumes by members of the b sub-class of Proteobacteri', *Nature*, vol 411, pp948–950.

- Muraoka, T., E. J. Ambrosano, F. Zapata, N. Bortoletto, A. L. M. Martins, P. C. O. Trivelin, A. E. Boaretto y W. B. Scivittaro. 2002. Eficiencia de abonos verdes (*Crotalaria* y *mucuna*) y urea, aplicados solos o juntamente, como fuentes de N para el cultivo de arroz. *Terra* 20: 17-23.
- Ordúz R.J.O., Calderón M., Bueno C.L., Baquero P., Eurides J. 2011. Evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras como coberturas y su influencia en el control de malezas en el establecimiento de cítricos en el piedemonte del Meta. *Revista Corpoica ciencia y tecnología Agropecuaria*. 12 (2) 121-128
- Ouédraogo, E.; Mando, A. y Zombré, N. P. Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. *Agric. Ecosys. Environ.*, 2001, vol. 84, no. 3, pp. 259-266. ISSN 0167-8809.
- Paredes, M, C. (2013) Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina, pp 14-15.
- Peters M., H. Franco L., A. Schimidt y B. Hincapié. 2010. Pueraria phaseoloides. *In: Especies forrajeras multipropósito opciones para productores del trópico americano*. CIAT. Pag: 86-87.
- Portillo-López, PA, Meneses-Buitrago, DH, Morales-Montero, SP, Cadena-Guerrero, MM y Castro-Rincón, E. (2019). Evaluación y selección de especies forrajeras de gramíneas y leguminosas en Nariño, Colombia. *Pastos y Forrajes* , 42 (2), 93-103.
- Razz R., T. Clavero y J. Vergara. 2004. Cinética de degradación in situ de la *Leucaena leucocephala* y *Panicum maximum*. *Rev. Cien. Fac. Cien. Vet. LUZ*, 14(5): 424-430.
- Reyes S. E.M., A. Villegas M., M. T. Colinas L., G. Calderón Z. 2000. Peso específico, contenido de proteína y clorofila en naranja y tangerina. *Agrociencia* 34 (1): 49-55.
- Rodríguez I. 2002. *Leucaena leucocephala*. Usos y bondades. Editorial Valero. Valera, Venezuela.
- Saldaña, J.M. 2017. "Aislamiento e Identificación de Cepas nativas de *Rhizobium phaseoli* de Suelo de la Presa de la Juventud de Marín, Nuevo León.". *Revista*

Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa, 4(7), ISSN: 2007-8412.

Salisbury, F. y C.W. Ross (1994). Fisiología vegetal, cuarta edición, Grupo Editorial Iberoamérica, México.

Sarr, P.S., Araki, S., Begoude, D.A., Yemefack, M., Manga, G.A., Yamakawa, T. & Htwe, A.Z. 2016. "Phylogeny and nitrogen fixation potential of Bradyrhizobium species isolated from the legume cover crop *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth. in Eastern Cameroon". *Soil Science and Plant Nutrition*, 62(1): 13-19, ISSN: 0718-9516, DOI: <https://doi.org/10.1080/00380768.2015.1086279>.

Schrire, B.D., Lavin, M.A.T.T. & Lewis, G.P. (2005). Global distribution patterns of the Leguminosae: insights from recent phylogenies. *Biologiske skrifter*, 55: 375-422.

SEAE (Sociedad Española de Agricultura Ecológica). Congreso "Las leguminosas clave para la gestión de los agrosistemas y en la alimentación ecológica". Actas No. 42. Consultado en: <https://core.ac.uk/download/158273708.pdf>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2004. PC-012-2004. Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México calidad selecta en limón Persa. Consultado en: www.méxicocalidadsuprema.org/assets/galeria/PC_012_2004_Limon_persa.pdf

SENASICA. 2013. Roya asiática de la soya (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow). Dirección General de Sanidad Vegetal-Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D.F. Ficha técnica No. 23. 24 p.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. Cierre de la producción agrícola. Siap.gob.mx. <https://nube.siap.gob.mx/cierreaagricola/>

Singh, M., A. Singh, S. Singh, R. S. Tripathi, A. K. Singh, and D. D. Patra. 2010. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) as a green manure to improve the productivity of a menthol mint (*Mentha arvensis* L.) intercropping system. *Indust. Crops Prod.* 31: 289-293.

- Skerman, D.G.; Camereon, D.G. y Riveros, F. (1991). Las leguminosas en los prados temporales de corto plazo. La función de las leguminosas tropicales en la agricultura. En: Leguminosas forrajeras tropicales. FAO. Roma, Italia. Pp. 28-30.
- Skerman, P. J., Cameron, D. G. & Riveros, F. 1991. Tropical forage legumes (Leguminosas forrajeras tropicales). Rome, Italy: FAO, 707 pp.
- Sosa-Montes, Eliseo, Alejos-de la Fuente, José Isidro, Pro-Martínez, Arturo, González-Cerón, Fernando, Enríquez-Quiroz, Javier Francisco, & Torres-Cardona, María Guadalupe. (2020). Composición química y digestibilidad de cuatro leguminosas tropicales mexicanas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(spe24), 211-220. Epub 07 de mayo de 2021. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2371>
- Soto, M. Renovación de plantaciones bananeras, un negocio sostenible, mediante el uso de umbrales de productividad, fijados por agricultura de precisión. Joinville-Santa Catarina: En: 17a Reunión internacional de la asociación para la cooperación en las investigaciones sobre banano en el Caribe y en la América Tropical. 2006. pp. 178-189.
- Soto-Navarro, S. A., Williams, G. H., Bauer, M. L., Lardy, G. P., Landblom, D. G. y Caton, J. S. (2004). Effect of field pea replacement level on intake and digestion in beef steers fed by-product-based medium-concentrate diets. *Journal of Animal Science*, 82, pp. 1855-1862.
- Spiegel-Roy P. y Goldschmidt E. E. 1996. Rootstocks. *In: Biology of Citrus*. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS. Pag: 127- 128.
- Steinmaier, N. and A. Ngoliya. 2001. Potential of pasture legumes in low-external-input and sustainable agriculture (LEISA). 1. Results from green manure research in Luapula Province, Zambia. *Exp. Agric.* 37: 297-307.
- Sveinbjornsson J, Murphy M, Udén P. Efecto de las proporciones de fibra detergente neutra y almidón, y sus tasas de degradación, en la fermentación ruminal *in vitro*. *Animal Feed Sciences and Technology*. 2006;130(3,4):172-190

- Teodoro, R. B., Oliveira, F. L., Silva, D. M. N., Favero, C., Quaresma, M. A. 2011. Aspectos Agronômicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado do Alto Vale do Jequitinhonha. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 635-643.
- Trinidad S.A, J. Velasco V. 2016. importancia de la materia orgánica en el suelo. *Agroproductividad* 9(8):52-58.
- Troya, J., Flores Dávila, M., & García, L. (2022). Determinación de la acidez titulable en cítricos amazónicos: Correlación con la madurez y la susceptibilidad a la pudrición. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 39(3), 2445-2452. <https://doi.org/10.1234/rca.2022.03903>
- Urbano D., C. Dávila y P. Moreno. 2006. Efecto de las leguminosas arbóreas y la suplementación con concentrado sobre la producción de leche y cambio de peso en vacas doble propósito. *Zootecnia Trop.* 24(1): 69-83.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Liwis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Dairy Sci.* 74:3583.
- Vargas, Y. y Valdivia, L.A. (2005). Recuperación, mediante leguminosas rastreras, desuelos degradados (ex cocales) en la Selva Alta del Perú. *Mosaico Cient.*, 2 (2): 78-83.
- Villanueva-Avalos, J, F., Herrera-Cedano, F. & Plascencia-Jiménez, R. 2010. Leguminosas forrajeras: Un recurso sustentable para el Trópico Mexicano. Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. 42 pp.
- Voisin, A. S., Guéguen, J., Huyghe, C., Jeuffroy, M. H., Magrini, M. B., Meynard, J. M., Mougél, C., Pellerin, S. y Pelzer, E. (2014). Legumes for feed, food, biomaterials and bioenergy in Europe: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34, pp. 361-380. <http://dx.doi.org/10.1007/s13593-013-0189-y>.
- Watson, L.; Dallwitz, M. J. «Leguminosae». *The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. Versión: 1 de junio de 2007.*

- Wienhold, B. J. 2005. Changes in soil attributes following low phosphorus swine slurry application to no-tillage sorghum. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69: 206-214.
- Wilkins, R. J. y Jones, R. (2000). Alternative home-grown protein sources for ruminants in the United Kingdom. Review article. *Animal Feed Science and Technology*, 85, pp. 23-32. [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401\(00\)00140-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401(00)00140-1).
- Xu, X., D. Vreugdenhil and L. A. Van. 1998. Cell division and cell enlargement during potato tuber formation. *J. Bot.* 49: 573-582.